



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

Fondation ZIE

**ANALYSE DU CYCLE DE VIE DANS LE CONTEXTE OUEST-
AFRICAIN : EVALUATION DES METHODES D'ANALYSE ET
ETUDE DU CAS DU BIOCARBURANT A BASE DE JATROPHA
CURCAS**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : ENVIRONNEMENT**

Présenté et soutenu publiquement par :

Woura TIDJANI SERPOS

Travaux dirigés par : **Vincent ROSSI**

Entreprise Quantis Suisse

Maîtres de stage à 2iE : **Yao AZOUMAH/Joel BLIN**

UTER GEI: LBEB&LESEE

01 BP 594 Ouagadougou Burkina Faso

Promotion 2011/2012

REMERCIEMENTS

Le présent rapport a été rendu possible grâce à l'aide de plusieurs personnes.

Je remercie DIEU, le TOUT PUISSANT pour m'avoir accordé la grâce d'effectuer cette étude dans les meilleures conditions.

Je remercie très sincèrement toutes les personnes qui ont mis à ma disposition leurs conseils, efforts et savoir-faire pour le bon déroulement de mon stage.

Je saisis cette opportunité pour exprimer ma profonde gratitude à tout le personnel de l'entreprise Quantis Suisse en particulier à Vincent Rossi, mon maître de stage qui en dépit de ses multiples contraintes a su ménager son temps pour m'encadrer dans l'exécution du travail.

Je remercie également :

- Dr. Yao AZOUMAH (laboratoire énergie solaire et économie d'énergie LESEE),
mon encadreur à 2iE.

-Mme Nathalie WEISMAN pour m'avoir offert la possibilité de faire ce stage.

Que tous mes parents, camarades et amis en l'occurrence ma maman (Mme ODUNLAMI Françoise) qui ont manifesté un intérêt particulier à la réussite de ma formation, reçoivent l'expression renouvelée de ma profonde gratitude.

Je remercie également le 2iE (Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, particulièrement l'ensemble du corps professoral pour leur enseignement qui m'a servi de guide pour évoluer et comprendre sans difficultés majeures les réalités et les contraintes liées aux études sur le terrain.

RESUME

Cette étude intitulée «*ANALYSE DU CYCLE DE VIE DANS LE CONTEXTE OUEST-
AFRICAIN : EVALUATION DES METHODES D'ANALYSE ET ETUDE DU CAS DU
BIODIESEL A BASE DE JATROPHA CURCAS*» tente de mettre en lumière les problèmes
rencontrés lors de l'application des méthodes d'analyse de l'ACV dans un contexte africain.
L'étude a pour objectif principal de montrer les différences qui existent entre les enjeux
environnementaux africains et ceux européens afin de ressortir les difficultés à réaliser une
ACV typiquement africaine.

Pour atteindre cet objectif, nous avons comparés les enjeux environnementaux entre une
région économiquement développée du Nord et une autre qui l'est peu au Sud. Nous nous
sommes concentrés sur des problématiques environnementales reconnues comme mondiales
dans la littérature scientifique, et pour lesquelles l'ampleur de l'impact global de l'homme sur
la nature est jugée le plus important. Il ressort de l'analyse que la méthodologie européenne et
celle africaine ne révèlent pas les mêmes impacts. Les pays européens ont plus d'impacts sur
les ressources naturelles et émettent plus de gaz à effet de serre mais l'Afrique est plus
vulnérable à l'atteinte sur les écosystèmes et sur la santé humaine. Cela implique que les
méthodes d'analyse européennes ne peuvent être appliquées dans un contexte africain.

A l'avenir, les recherches doivent s'orienter vers l'établissement d'une base de données
propre à l'Afrique, pour que les facteurs d'émission reflètent mieux les impacts et atteintes
réellement portés au continent.

Mots Clés :

-
- 1 – Analyse du cycle de vie**
 - 2 – Méthodes d'analyse**
 - 3 - Europe**
 - 4 - Afrique**
 - 5 – Base de données**

Abstract

This study entitled " LIFE CYCLE ANALYSIS IN THE WEST-AFRICAN CONTEXT: EVALUATION OF ANALYSIS METHODS AND CASE STUDY OF BIOFUEL FROM JATROPHA CURCAS " try to bring to light the problems met during the application of the methods of ACV in African context. The study has for main objective to show the differences which exist between the African environmental stakes and those European to release the difficulties realizing a typically African ACV.

To reach this objective, we compared the environmental stakes between a region economically developed by the North and the other which is little in the South. We focused on environmental issues recognized as global in the scientific literature, and for which the magnitude of the overall impact of man on nature is considered most important. This analysis shows that the African and European methodology does not reveal the same impacts. European countries have more impact on natural resources and emit more greenhouse gases but Africa is more vulnerable to damage to ecosystems and human health. This implies that European methods of analysis can be applied in an African context.

In the future, research should move towards establishing a database unique to Africa, so that better reflect the emissions scenarios and attacks actually brought to the continent.

Key words:

- 1 - Life Cycle Analysis**
- 2 - Methods of analysis**
- 3 - Europe**
- 4 - Africa**
- 5 - Database**

LISTE DES ABREVIATIONS

ACV : Analyse du Cycle de Vie

GES : Gaz à Effet de Serre

CFC : Chloro Fluoro Carbone

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le
Développement

CO₂ : dioxyde de carbone

DALY : années équivalentes de vie perdues (Disability Adjusted Life Years)

HCl : Chlorure d'Hydrogène

H₂SO₄ : Acide Sulfurique

Kg CO₂ eq : kilogrammes de CO₂ équivalent

SO₂ : dioxyde de soufre

MJ : Mégajoules

NO_x : Oxydes d'azote

PDF*m₂*an : fraction d'espèce disparue sur un mètre carré pour une année.

pH : potentiel Hydrogène

UF : Unité Fonctionnelle

SOMMAIRE

Remerciements.....	i
Résumé	ii
Abstract	iii
Liste des abréviations.....	iv
Sommaire	v
Liste des tableaux	vii
Liste des figures	viii
I. Introduction Générale.....	1
II. Problématique.....	3
III. Cadre de l'étude	4
IV. Présentation de la zone d'étude et des institutions d'accueil.....	5
4.1. Présentation de la zone d'étude	5
• Le Mali.....	5
• Situation énergétique.....	5
• Teriya Bugu	6
4.2. Institution d'accueil	7
V. Objectifs de l'étude.....	9
5.1. Objectif général.....	9
5.2. Objectifs spécifiques	9
VI. Synthèse bibliographique	10
• Principes de l'ACV.....	10
• La définition des impacts.....	11
VII. METHODOLOGIE	13
• 7.1. Méthodologie	13
7.2. Présentation de l'outil d'évaluation des impacts	14
7.3. Adaptation des impacts	14
7.4. Présentation et Inventaire des processus de fabrication d'huile de jatropha entrant dans l'ACV	14
1. Présentation du Jatropha	14
2. Inventaire des processus de fabrication d'huile de jatropha entrant dans l'ACV	16

Analyse du cycle de vie dans le contexte Ouest-Africain : Evaluation des méthodes d'analyse
et étude du cas du biocarburant à base de jatropha curcas

3.	Objectifs et champ de l'étude.....	20
VIII.	Résultats et Analyse	22
•	8.1. Au niveau réchauffement climatique	22
•	8.2. L'épuisement des ressources	25
8.3.	La qualité des écosystèmes	28
8.4.	Santé humaine	29
IX.	Recommandations – Perspectives	32
	Conclusion.....	33
	Annexes	37
•	Annexe1: Estimation de la productivité du Jatropha à Teriya Bugu (CIRAD).....	38

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les rendements prospectifs en graines de Jatropha curcas sur 30 ans dans le champ de Teriya Bugu.....	19
Tableau 2 : Résultats obtenus lors de la comparaison entre Afrique et Europe sur les changements climatiques pour la production d'huile de jatropha.....	22
Tableau 3 : statistiques de la FAO portant sur les changements climatiques sur un échantillon de pays de l'Afrique de l'Ouest et d'Europe de l'Ouest.....	24
Tableau 4 : Résultats obtenus lors de la comparaison entre Afrique et Europe sur l'épuisement des ressources pour la production d'huile de jatropha	25
Tableau 5 : statistiques de la FAO portant sur l'épuisement des ressources sur un échantillon de pays de l'Afrique de l'Ouest et d'Europe de l'Ouest.....	27
Tableau 6 : Résultats obtenus lors de la comparaison entre Afrique et Europe sur la qualité des écosystèmes pour la production d'huile de jatropha	28
Tableau 7 : Résultats obtenus lors de la comparaison entre Afrique et Europe sur la santé humaine pour la production d'huile de jatropha	30

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte du Mali (FAO).....	5
Figure 2 : Situation géographique de Teriya Bugu (FAO).....	6
Figure 3 : Liste non exhaustive des midpoints-endpoints	12
Figure 4 : Haie de Jatropha Figure 5 : Fruits du Jatropha (CIRAD).....	15
Figure 6 : L'huile brute Figure 7 : Graines du jatropha (Carlos A.G. Gusmão, 2009) ..	16
Figure 8: Itinéraire de production de l'huile de Jatropha, le flux principal en bleu	21
Figure 9: comparaison entre Afrique et Europe sur les changements climatiques lors de la production d'huile de jatropha	23
Figure 10 : comparaison des scenarii à l'épuisement des ressources non renouvelables.....	26
Figure 11: comparaison des scenarii à la détérioration de la qualité des écosystèmes.....	29
Figure 12 : comparaison des scenarii à l'atteinte de la santé humaine.....	31

I. INTRODUCTION GENERALE

Depuis l'ère préindustrielle, la communauté internationale est interpellée par la menace que le réchauffement de la terre lié aux émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) constitue pour le climat. De nombreux pays en développement sont particulièrement vulnérables aux effets des changements climatiques (GIEC 2001). Ce problème ne constitue pas le seul enjeu auquel fait face l'Afrique contemporaine. En effet, la désertification, la gestion des ressources en eau, l'épuisement des ressources fossiles et des minerais sont autant de maux qui minent le continent. Il revêt alors importance de trouver un outil efficace de prévention ou d'analyse des activités anthropiques à l'origine de ces problèmes.

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est une méthodologie pour évaluer objectivement l'impact d'un produit sur l'environnement tout au long de son existence, depuis l'extraction de matières premières jusqu'à son élimination. Depuis son apparition au Japon au début des années 1990, l'ACV a été amplement étudiée et appliquée par les organismes de recherches, les universités, le milieu industriel. L'ACV devient une priorité dans le monde entier. Elle s'impose aujourd'hui à toutes les entreprises quelle que soit leur localisation comme un outil d'aide à la décision et permet de concevoir des produits, des procédés ou des services ayant le moins d'impacts possibles sur l'environnement. La plupart des ACV sont effectuées par des cabinets spécialisés, qui puisent leurs informations dans des bases de données industrielles européennes. Par exemple, en Suisse, les acteurs peuvent utiliser une banque de données nommée «Ecoinvent». Elle est adaptée pour des études en Suisse et en Europe et ne contient pas forcément toutes les informations qui permettraient de mettre en exergue les problèmes environnementaux auxquels l'Afrique est confrontée. La question qui se pose est celle de l'adéquation de l'ACV aux problématiques environnementales de l'Afrique.

Afin d'obtenir des informations précises sur les différences qui existent entre une ACV réalisée en Europe et une même ACV réalisée en Afrique, nous avons proposé une étude portant sur : **“L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE DANS LE CONTEXTE OUEST-AFRICAIN : EVALUATION DES METHODES D'ANALYSE ET ETUDE DU CAS DU BIODIESEL À BASE DE JATROPHA CURCAS”** faisant l'objet de ce travail de mémoire.

Analyse du cycle de vie dans le contexte Ouest-Africain : Evaluation des méthodes d'analyse
et étude du cas du biocarburant à base de jatropha curcas

Cette étude a permis dans un premier temps d'évaluer les impacts de la production d'huile de Jatropha avec les données Ecoinvent communément utilisées et adapté au contexte européen puis de réaliser cette même ACV avec des données adaptées au contexte africain afin de comparer et d'expliquer les principales différences enregistrées dans chaque contexte puis de justifier ces différences par des études déjà menées sur la question. Tout ceci dans le but d'éveiller les consciences sur la nécessité de développer des méthodologies d'analyse et des bases de données adaptées à chaque zone géographique.

II. PROBLEMATIQUE

Si le cadre conceptuel de l'ACV est unique, avec ses quatre étapes (norme ISO), les différences se concentrent dans la phase de définition des impacts et leur mode de caractérisation.

Il existe globalement deux catégories d'impacts, celles dites midpoint (impact au milieu de la chaîne de causalité) qui quantifient les effets globaux des substances émises ou consommées et les méthodes « endpoint » (à la fin de la chaîne de causalité) qui se proposent de quantifier les dommages potentiels qui pourraient en résulter.

Il existe une longue liste d'impacts midpoint qui diffèrent selon les méthodologies employées pour l'analyse, mais les plus courants sont : l'effet de serre, la destruction de la couche d'ozone, l'oxydation photochimique, la toxicité, l'acidification, l'eutrophisation, etc.

Les principales méthodes d'analyse correspondent-elles aux préoccupations environnementales africaines ? Peuvent-elles cerner adéquatement toutes les problématiques rencontrées en Afrique ?

C'est pour répondre à ces préoccupations que la présente étude intitulée «ANALYSE DU CYCLE DE VIE DANS LE CONTEXTE OUEST-AFRICAIN : EVALUATION DES METHODES D'ANALYSE ET ETUDE DU CAS DU CAS DU BIODIESEL A BASE DE JATROPHA CURCAS» a été initiée.

Une comparaison sera faite entre la méthodologie européenne et une méthodologie adaptée à l'Afrique afin de déterminer si cet outil tel qu'il est utilisé actuellement met en évidence les impacts environnementaux correspondant aux problèmes de l'Afrique.

Les méthodes d'analyse existantes pourraient comporter des lacunes dans le sens où elles ont été élaborées pour répondre essentiellement aux problèmes occidentaux.

L'Afrique se trouve donc aujourd'hui face à un manque de données spécifiques adaptées au contexte local nécessaires à la mise en évidence des enjeux environnementaux propres au continent.

III. CADRE DE L'ETUDE

L'essor économique des pays développés comme des pays en développement est lié à une croissance de la demande énergétique. En moyenne, en 2002, un Africain consomme moins d'énergie qu'un Anglais vivant en 1875 principalement parce que la plupart des pays africains n'ont pas encore entrepris l'industrialisation et la modernisation complète de leurs économies (Davidson, et al, 2002). Ainsi, l'accès à l'énergie contribue à la capacité d'un pays à atteindre ses objectifs du millénaire pour le développement (Pocaro, et al., 2005).

Il en résulte une dépendance aux énergies fossiles conduisant à l'épuisement des ressources de pétrole (Sorrell, 2010), à l'émission de gaz à effets de serre (GES) et au réchauffement climatique (Wuebbles, 2001). L'augmentation et la fluctuation incessante du prix du pétrole et ses impacts sur l'environnement ont mené à un intérêt grandissant pour les énergies alternatives. C'est pourquoi, après le dernier choc pétrolier, le monde s'est intéressé aux agrocarburants. De plus l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement porte un intérêt particulier à la production de biodiesel à base de Jatropha. C'est ce qui nous a poussés à nous intéresser au Jatropha pour illustrer notre travail.

Vu l'absence de données sur les conditions agronomiques de production du Jatropha, la présente étude s'est basée sur des données issues des rapports du CIRAD sur le rendement du Jatropha en fonction du type de fertilisation dans un village Malien appelé Teriya Bugu pour illustrer les discordances qui existent entre les émissions africaines et celles européennes lors de la production d'une même unité d'huile de Jatropha.

IV. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET DES INSTITUTIONS D'ACCUEIL

4.1. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

- **Le Mali**

La république du Mali est un vaste Etat sans littoral situé en Afrique de l'Ouest. Il est situé au cœur du Sahel, une région menacée par la sécheresse et la désertification. La plus grande part de la population vit en zone rurale. La capitale est Bamako.

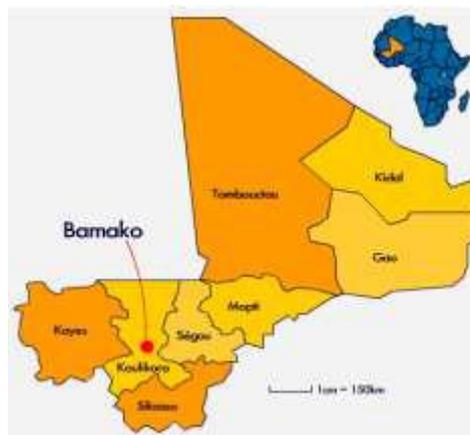


Figure 1 : Carte du Mali (FAO)

En 2007, la population compte 12 millions d'habitants, dont environ 70% en zone rurale. Le taux de croissance démographique moyen est de 3% par an. Les femmes représentent 50 % de la population totale et les jeunes de moins de 15 ans, environ 49 % (FAO).

L'économie du Mali est avant tout agricole, 80 % de la population active travaille dans ce secteur.

- **Situation énergétique**

Le Mali n'a pas de ressources énergétiques fossiles, ce qui signifie que les combustibles fossiles doivent être importés de la côte à un coût considérable. Une grande partie des devises étrangères du Mali est perdue sur les importations de combustibles fossiles. Cela pèse lourdement sur la balance commerciale du pays (75 millions USD en 1998 et plus de 100

millions USD en 2000). Cependant, le Mali a diversifié ses approvisionnements d'énergie afin d'être moins dépendant du cours du pétrole. Le pays a misé sur les énergies renouvelables avec le solaire, l'hydroélectrique, et la biomasse.

L'Etat a lancé depuis plusieurs années des projets d'électrification rurale. Son objectif de production d'agrocaburiant est basé essentiellement sur la culture de Jatropha. Beaucoup de plants sont cultivées pour extraire de l'huile de leurs graines.

- **Teriya Bugu**

Cette étude porte sur un projet situé à Teriya Bugu. Ce village se situe au bord du fleuve Bani, entre Segou et Mopti, dans la commune rurale de Korodougou au Mali.

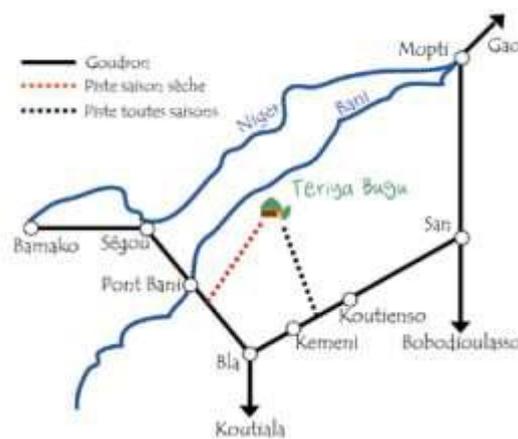


Figure 2 : Situation géographique de Teriya Bugu (FAO)

Le climat de la zone est de type soudano sahélien à deux saisons. La saison sèche se déroule de novembre à juin. Les températures moyennes journalières varient de 12°C en décembre à 45°C en avril-mai. Le vent dominant est l'harmattan. La deuxième saison, la saison des pluies ou hivernage, a lieu de juillet à octobre. Durant ces quatre mois, la température redescend du fait des fortes pluies. La pluviométrie moyenne dans cette région a été de 748 mm par an entre 2000 et 2007 (NDong, 2009). Le sol de ce site a été cultivé pendant 30 ans avant d'accueillir les semences de Jatropha. Les sols de la zone sont généralement sablo limoneux ou limono argileux.

La filière *Jatropha* de Teriya Bugu est considérée comme une filière courte parce qu'elle passe par peu d'acteurs et reste dans un cercle fermé et local. En effet, la production et la consommation se font dans la même zone. La filière courte permet un développement local car tous bénéfices restent dans un rayon de 100 km autour de Teriya Bugu.

Le but principal de cette filière est d'enrichir la population de Teriya Bugu afin de lutter contre l'exode rurale et de réduire la dépendance du village au gazole.

Teriya Bugu a sa propre plantation de *Jatropha* : une trentaine d'hectares, qui lui permet d'avoir un minimum de graines pour la transformation en huile. Au total, il faudrait un peu plus de 200 ha pour satisfaire les besoins en huile. La quantité de graines manquantes sera à l'avenir pourvue par les paysans de la zone.

Après la transformation des graines en huile, les résidus de pressage (tourteau, pied de presse) sont rendus aux producteurs et l'huile est conservée pour utilisation dans les générateurs du village. Il n'y a donc pas de commercialisation de l'huile à l'échelle nationale.

Le CIRAD et l'entreprise AgroGeneration se sont associés au projet pour un volet expérimental. Le projet est doté d'une unité de transformation équipée d'une presse mécanique pour l'extraction de l'huile de *Jatropha curcas* et de groupes électrogènes pour la production d'électricité.

4.2. INSTITUTION D'ACCUEIL

Quantis est une entreprise fondée en 2009. Elle a été créée afin de proposer aux organisations et gouvernements, des outils, un accompagnement et la connaissance nécessaire afin qu'ils puissent maîtriser leur cycle de vie et réduire leurs impacts environnementaux. Son personnel est spécialisé dans le domaine de l'analyse de cycle de vie (ACV) environnemental. Quantis bénéficie des meilleurs experts en analyse du cycle de vie tout en maintenant des liens étroits avec la recherche universitaire grâce à son réseau d'experts internationaux, ses collaborations de recherche académique et ses bureaux en Suisse, en France, aux Etats-Unis et au Canada.

Quantis se positionne comme l'un des leaders mondiaux en ACV.

Son désir d'offrir des études adaptées à chaque clients et adaptés aux réalités de chaque contexte a poussé à recruter des stagiaires dans les plus prestigieuses institutions du monde

afin de réveiller l'attention de tous sur la nécessité d'adapter les méthodologies ACV à chaque milieu géographique et sur la nécessité de réaliser une base de données propre à chaque région du globe. C'est dans ce contexte que nous avons réalisés un stage de trois mois au sein de l'entreprise Quantis afin de montrer la nécessité de réaliser une base de données propres à l'Afrique.

V. OBJECTIFS DE L'ETUDE

5.1. OBJECTIF GÉNÉRAL

L'objectif général de ce travail est de montrer la pertinence ou non des méthodes d'analyse et des données actuelles d'ACV avec les problèmes environnementaux de l'Afrique afin de montrer la nécessité de créer une base de données propre à l'Afrique.

5.2. OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

Ils se déclinent comme suit

- Montrer qu'il existe des différences entre les enjeux environnementaux africains et ceux européens
- Faire un écobilan de l'huile de Jatropha montrant l'inadéquation des méthodologies d'ACV en Afrique
- Montrer la nécessité de faire des collectes de données et la création de méthodologie d'ACV africaines.

VI. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

C'est une phase indispensable à la réalisation de ce travail. Elle nous a permis d'adopter une bonne démarche pour la réalisation de notre travail en nous fournissant beaucoup d'informations utiles sur les fondements de l'ACV.

- **PRINCIPES DE L'ACV**

Selon la norme ISO 14040 (1997), l'ACV est « une technique d'évaluation des aspects environnementaux et des impacts environnementaux potentiels associés à un système de produits ». L'inventaire et les impacts potentiels sont donc étudiés tout au long du cycle de vie du produit : de l'acquisition de la matière première, à sa production, à son utilisation et à sa destruction (c'est à dire « du berceau à la tombe »). Pour la mise en œuvre de l'ACV un cadre légal a été défini et formalisé en normes ISO 14040 à 14043. Il comprend quatre étapes :

1- La définition du champ et des objectifs de l'étude

Cette étape vise à définir pour qui et pourquoi l'étude est réalisée. Cet objectif doit refléter la raison qui pousse à cette analyse. Cette étape définit également la fonction étudiée et l'Unité Fonctionnelle (UF) qui permet de quantifier la fonction remplie par le produit étudié. Les impacts environnementaux seront rapportés à cette unité.

2- L'analyse de l'inventaire

Au cours de cette étape, les limites du système sont définies. Les ressources consommées et les émissions dans l'air, l'eau et le sol sont quantifiées pour chaque étape du cycle de vie du produit.

3- L'évaluation des impacts

L'évaluation consiste à transformer un inventaire de flux de substances émises et de ressources consommées en une série d'impacts clairement identifiables

4- L'interprétation

C'est une étape clé qui évalue la robustesse de tous les résultats, des choix et des hypothèses. Les objectifs initiaux de l'étude sont repris pour évaluer les résultats et proposer des conclusions et des recommandations adaptées (O.Joliet et al. 2011).

- **LA DÉFINITION DES IMPACTS**

Il existe globalement deux catégories d'impacts, celles dites midpoint (impact au milieu de la chaîne de causalité) qui quantifient les effets globaux des substances émises ou consommées et les méthodes « endpoint » (à la fin de la chaîne de causalité) qui se proposent de quantifier les dommages potentiels qui pourraient en résulter. L'avantage des indicateurs midpoint est qu'ils sont plus précis car ils sont au début de la chaîne de causalité, cependant les indicateurs endpoint sont parfois préférés car ils sont plus parlants pour le public non averti.

Il existe une longue liste d'impacts midpoint qui diffèrent selon les méthodologies employées pour l'analyse, mais les plus courants sont : l'effet de serre, la destruction de la couche d'ozone, l'oxydation photochimique, la toxicité, l'acidification, l'eutrophisation, etc.

La caractérisation des dommages permet d'évaluer la contribution des impacts midpoint à une ou plusieurs catégories de dommages finaux endpoint santé humaine, qualité des écosystèmes et épuisement des ressources.



Figure 3 : Liste non exhaustive des midpoints-endpoints

VII. METHODOLOGIE

• 7.1. MÉTHODOLOGIE

Les Endpoints dont les émissions ont été estimées dans ce travail sont essentiellement ceux qui représentent un enjeu capital pour l'Afrique. En effet, nous nous sommes concentrés sur des problématiques environnementales reconnues comme mondiales dans la littérature scientifique. Pour ce faire, nous nous basons sur une publication de référence, l'article de Vitousek et al. (1997). Ces auteurs caractérisent plusieurs problèmes majeurs d'environnement au niveau mondial (*global-scale indicator of change*) notamment

- (1) les changements climatiques,
- (2) l'utilisation des ressources par l'homme,
- (3) la santé humaine,
- (4) la modification des écosystèmes.

• **Changements climatiques :**

Cette catégorie quantifie l'impact sur le changement climatique, en particulier l'augmentation de l'effet de serre (gaz à effet de serre).

Unité : [kg CO₂ éq].

• **Ressources :**

Cette catégorie quantifie l'impact sur les ressources primaires non renouvelable (énergies). Les ressources énergétiques sont exprimées en énergie primaire n'étant plus disponibles à long terme.

Unité : [MJ]

• **Qualité des écosystèmes :**

Cette catégorie quantifie l'impact sur l'environnement naturel terrestre et aquatique exprimé en perte relative d'espèces par unité de surface par unité de temps.

Unité : [PDF*m₂*an]

- **Santé humaine :**

Cette catégorie quantifie l'impact sur « l'environnement humain » ou santé humaine exprimée en années de vie perdues.

Unité : [DALY]

7.2. PRÉSENTATION DE L'OUTIL D'ÉVALUATION DES IMPACTS

Un tableur Excel a été établi pour évaluer les impacts de la production du biodiesel. Il s'agit d'un outil de calcul relativement simple d'utilisation réalisée par l'entreprise Quantis leader mondial en analyse du cycle de vie. Notre étude se base sur des données en Afrique, or la base de données utilisée dans notre tableur est Ecoinvent. Elle contient majoritairement des données européennes, donc la plupart des processus sont détaillés pour des conditions européennes et non africaines. On sait que les contextes africain et européen diffèrent sur des nombreux plans. Donc cet outil nécessite des connaissances sur les conversions d'unités énergétiques, la méthodologie d'estimation des impacts midpoint comme endpoint afin de les adapter au contexte étudié.

7.3. ADAPTATION DES IMPACTS

La base de données utilisée dans le tableur étant élaborée en tenant compte des problèmes environnementaux européens, nous avons adapté Ecoinvent aux réalités africaines en intégrant des paramètres plus adaptés au contexte africain.

7.4. PRÉSENTATION ET INVENTAIRE DES PROCESSUS DE FABRICATION D'HUILE DE JATROPHA ENTRANT DANS L'ACV

1. Présentation du *Jatropha*

Le *Jatropha curcas* ou pourghère est une plante de la famille des Euphorbiaceae provenant d'Amérique latine. Il fut introduit au 16e siècle aux îles du Cap-Vert par les marins portugais,

puis en Guinée Bissau et s'est répandu ensuite en Afrique et en Asie. Il est cultivé dans les zones tropicales (Makkar, 1997). Son aire de culture se situe entre la latitude 30°N et 35°S (Rijssenbeek, 2007). Le Jatropha se présente sous la forme d'un arbuste de 2 m à plus de 10 m de hauteur. Sa durée de vie se situe en moyenne autour de 50 ans (Henning, 2007). Ses fruits sont de couleur jaune et deviennent marron foncé en séchant. Ils contiennent 1, 2 ou 3 graines riches en huile. La teneur en huile est estimée à 35%



Figure 4 : Haie de Jatropha



Figure 5 : Fruits du Jatropha (CIRAD)

Après pressage des graines, on obtient de l'huile et du tourteau non comestibles. Ils contiennent des substances toxiques comme les esters de phorbol (Goel, 2007) et la curcine qui a un fort effet purgatif (Chachage, 2003). Le tourteau contenant (4.91% N; 0.9% P₂O₆; 1.75% K₂O) (Domergue, et al. 2008) peut être appliqué comme engrais organique.

En effet, vu sa composition, sa valeur fertilisante est grande. Le problème est que nous ne connaissons pas encore les effets de phytotoxicité de l'épandage à forte dose et durable du tourteau sur les cultures et le sol en général. Par contre, on peut trouver dans la littérature des

ACV où le tourteau est appliqué sur la culture de *Jatropha curcas* elle-même (NDong, 2009) (Aridsson, 2010).

L'huile est extraite par pressage à froid des graines. Elles contiennent entre 28% et 38% d'huile (Kaushik, 2007). A la sortie de la presse, l'huile est chargée en particules végétales et minérales que la décantation ne fait pas entièrement disparaître. L'huile végétale est donc ensuite filtrée (1 micron) ce qui permet de l'utiliser directement dans des anciens moteurs diesel. Néanmoins certains composés de l'huile, principalement les phospholipides, encrassent les chambres de combustion des moteurs.



Figure 6 : L'huile brute
2009



Figure 7 : Graines du jatropha (Carlos A.G. Gusmão, 2009)

2. Inventaire des processus de fabrication d'huile de jatropha entrant dans l'ACV

1- Pépinière : Les semences sont mises en pot et placées dans des pépinières afin de permettre une bonne croissance pendant une période de 2 mois précédant la saison des pluies. Elles sont placées dans des sacs en polypropylène. Chaque plantule est arrosée de 200 ml d'eau par jour pendant les 60 jours de la culture en pépinière.

2- Utilisation du sol : Nous étudierons une parcelle d'un hectare pendant 30 ans au Mali.

3- Le labour permet d'aérer le sol et de le désherber. Le sol, où les plantes seront mises en place, nécessite une phase de labour à l'aide d'une charrue tractée par des bœufs.

4- La fertilisation : Les adventices et les branches de taille retournent au sol afin d'apporter de la matière organique et ainsi de maintenir la fertilité du sol.

Nous avons pris en compte seulement l'utilisation du tourteau comme coproduit, et par conséquent ces émissions, vu qu'il a une forte valeur fertilisante.

5- La densité de plantation est de 1250 plants par hectare. En considérant les pertes de 10% suite à la phase de transplantation, 1500 plants sont nécessaires.

6- Désherbage : Le champ est désherbé manuellement pendant la saison des pluies 2 fois par an durant les trois premières années de culture et un fois par an les années suivantes.

7- La taille : Une taille des arbustes est effectuée à la machette à partir de la seconde année afin d'augmenter et de régulariser la floraison et, donc, le rendement en graines.

8- La récolte s'effectue manuellement d'aout à décembre. Un ouvrier récolte en moyenne 30 kg de graines sèches (52 kg de fruits) par jour.

9- Les rendements : Au début, pendant les deux premières années, nous n'avons pas de rendement. La troisième année, la récolte, dite partielle, permet d'obtenir des rendements moyens de 40 kg/ha de graines sèches. La quatrième année, le rendement moyen est estimé à 400 kg/ha. Dès lors, il atteint un niveau optimal qui reste constant pour les années suivantes dites de croisières.

10- Le Séchage : Précédemment, les graines subissaient une phase de séchage afin d'optimiser leur conservation et de mieux dépulper les graines. Toutefois, au long des années, les paysans ont noté que le dépulpage est plus facilement réalisé quand les fruits sont encore humides à 20% d'eau.

11- Le dépulpage consiste à retirer manuellement les graines du fruit, et ainsi il reste les pulpes.

Les pulpes n'ont pas pour l'instant d'utilité pour les paysans. Ainsi, elles sont considérées comme un déchet dans tous les scénarii et une option de fin de vie a été choisi comme bois non traité destiné à l'enfouissement sanitaire.

12- Conditionnement : Les graines sont conservées dans des sacs de jute de 0.5 kg, de capacité 50 kg.

13- Le Stockage est réalisé en 3 phases :

Stockage coopérative : Après le dépulpage, les producteurs y ramènent les graines et utilisent des hangars de 60 m², en parpaing, ciment et tôle en acier, pour stocker la production dans des sacs de jute. La distance moyenne entre les paysans et la coopérative est de 5km.

Stockage magasin : Les graines sont ensuite acheminées par camion dans un magasin juxtaposé à l'usine de production de l'huile. Cette distance parcourue est en moyenne de 12 km.

Après la filtration, l'huile qui sort est stockée dans des cuves en plastique, capacité 1000 L.

14- Le transport est ainsi réalisé dans deux étapes de la production de l'huile :

- Les plants sont transportés de la pépinière au champ sur un trajet de 2 km, avec une charge de 375 kg/voyage.
- Après le dépulpage, les graines sont ensuite transportées vers le stockage des Coopératives. Le trajet est d'environ 5km, avec kg 600 kg de charge.
- Les sacs sont ensuite transportés en camion vers le magasin de stockage rattaché à la zone de production de l'huile. La distance moyenne entre les deux est de 12km, avec au maximum 16t de charge.

15- Nettoyage : Les graines sont nettoyées mécaniquement par un tartare, en acier.

16- Extraction : Processus donnant lieu à la production d'huile brute et de tourteaux. Les graines y sont ensuite pressées à froid afin d'extraire l'huile. La presse est en acier de capacité de 100 kg/h. La puissance de la presse est de 7,5 KW et son rendement d'extraction est de 76%. Le tourteau peut être réintroduit aux champs en tant qu'engrais organique, ce qui évite la consommation d'engrais chimique.

17- La Décantation est une phase de séparation gravitaire durant laquelle on peut nettoyer L'huile des grosses impuretés. Nous utilisons des fûts en acier de 205L.

18- La Filtration sert à retirer mécaniquement une grosse partie des cires et des phospholipides (la poudre du tourteau). Le filtre est en acier de 370 kg. Un compresseur, en acier, est utilisé pour nettoyer le filtre.

Le tableau 1 renseigne sur les rendements en graines de jatropha obtenus durant les 30 années de production. Ces rendements ont été estimés à partir de courbe détaillées en Annexe 1.

Tableau 1 : Les rendements prospectifs en graines de Jatropha curcas sur 30 ans dans le champ de Teriya Bugu (CIRAD)

<i>Années</i>	<i>Rendements [kg/ha]</i>
<i>1</i>	<i>0</i>
<i>2</i>	<i>0</i>
<i>3</i>	<i>30</i>
<i>4</i>	<i>338</i>
<i>5</i>	<i>879</i>
<i>25 années croisière</i>	<i>1100</i>
<i>Total</i>	<i>28747</i>

3. Objectifs et champ de l'étude

- **L'objectif**

L'**objectif** de cette ACV est de comparer les impacts environnementaux entre une filière de production d'huile de Jatropha avec des données Ecoinvent et la même ACV avec des données adaptées à l'Afrique.

- **La fonction du système**

La fonction du système est de produire de l'huile de Jatropha à des fins de biocarburant.

- **L'unité fonctionnelle**

L'unité fonctionnelle est définie par la production d'huile pure de Jatropha pendant 30 ans d'exploitation du champ.

- **Les frontières du système**

Ils délimitent le cadre de l'ACV. Au niveau géographique, le système se restreint à Teriya Bugu. Dans le temps, elle s'échelonne sur trente années de production à partir du semis de la graine en pépinière. L'étude prend en compte tous les intrants nécessaires à la culture du Jatropha, jusqu'à l'extraction de son huile. L'électricité nécessaire au fonctionnement de notre système provient du groupe électrogène alimenté à base de Gazole.

Analyse du cycle de vie dans le contexte Ouest-Africain : Evaluation des méthodes d'analyse et étude du cas du biocarburant à base de jatropha curcas

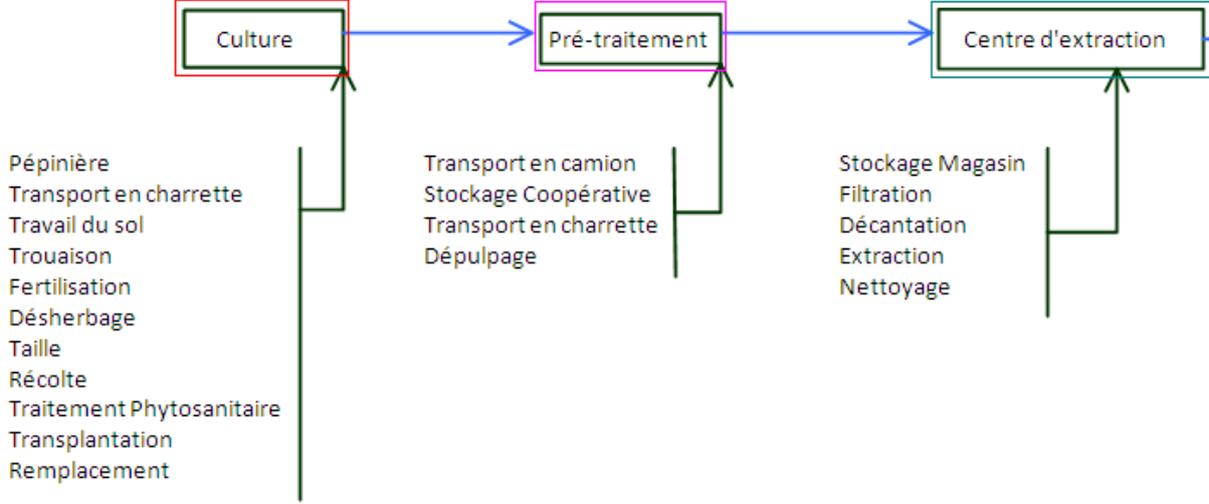


Figure 8: Itinéraire de production de l'huile de Jatropha, le flux principal en bleu

VIII. RESULTATS ET ANALYSE

Après avoir réalisé l'Ecobilan du Jatropha dans le contexte africain et celui européen, nous avons trouvé des résultats présentés et comparés dans les différentes parties qui suivent :

- **8.1. AU NIVEAU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE**

Le réchauffement climatique est défini par la modification des équilibres climatiques, et notamment du phénomène d'effet de serre, due à l'augmentation d'origine anthropique de certains GES dans l'atmosphère. L'impact de la production de biodiesel à base de Jatropha sur le réchauffement climatique a été étudié en analysant les émissions de gaz à effet de serre.

Ces émissions GES sont converties en équivalent CO₂. Le potentiel d'effet de serre de ces gaz est un facteur de conversion permettant de comparer l'effet sur le climat de chaque GES, en référence au CO₂.

Le tableau n°2 ci-dessous résume les valeurs moyennes obtenues pour chaque scénario et illustre les différences observées selon le contexte.

Tableau 2 : Résultats obtenus lors de la comparaison entre Afrique et Europe sur les changements climatiques pour la production d'huile de jatropha

Intitulé des phases	Scénario Afrique	Scénario Europe
	Changement climatique	Changement climatique
	kg CO ₂ eq	kg CO ₂ eq
Culture	14,4	8,32
Transport	45,1	466
Extraction	534	686
Total pour 1 UF	746	1010

La figure 9 illustre de façon schématique les différences observées au niveau des résultats

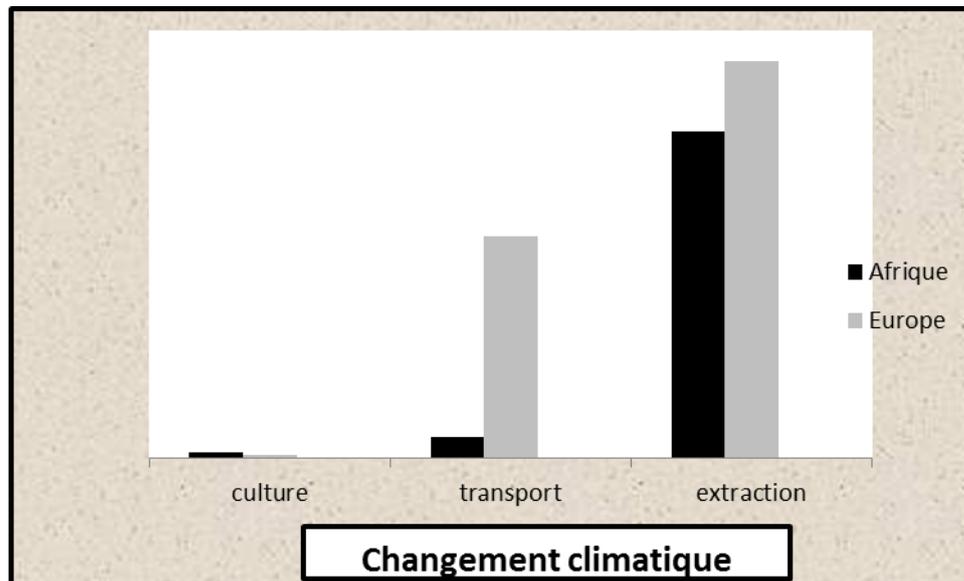


Figure 9: Résultats obtenus lors de la comparaison entre Afrique et Europe sur les changements climatiques pour la production d'huile de jatropha

Nous sommes partis globalement des mêmes données. Ayant analysé la contribution des processus au réchauffement climatique, on voit que nos résultats sont très différents pour chaque scénario. Les différences fondamentales se situent au niveau du transport et de l'extraction. Les résultats marquant sont :

- une contribution insignifiante de la phase de Culture
- le facteur d'émission du transport européen est 9 fois supérieur à celui de l'Afrique
- de même le facteur d'émission de l'extraction pour le scénario Europe est au dessus de celui de l'Afrique.

La faible émission de la phase de culture est due principalement à l'utilisation du tourteau comme fertilisant, et ainsi, on évite une émission élevée des polluants due à l'application et à la fabrication des engrais chimiques et ensuite aux émissions d'ammoniac et d'acide nitrique dans les champs.

Aussi au niveau du transport et de l'extraction, les émissions plus faibles en Afrique par rapport à l'Europe s'explique par le taux de remplissage des camionnettes de transport des

biens en Afrique. Ce taux est largement au-dessus des normes, mais a pour avantage de réduire le nombre de voyages nécessaires pour effectuer le transport à la pépinière, et des noix vers l'usine de transformation. La réduction du nombre de voyage induit une réduction des émissions de GES et par conséquent l'impact sur les changements climatiques.

Quant à l'extraction de l'huile, la presse utilise de l'électricité issue des hydrocarbures en Afrique. Cette source d'électricité est très polluante et présente des impacts aussi néfastes que l'électricité nucléaire utilisée en occident.

En comparant les résultats de notre ACV aux statistiques de la FAO portant sur les changements climatiques sur un échantillon de pays de l'Afrique de l'Ouest et d'Europe de l'Ouest, on obtient les résultats consignés dans le tableau 3.

Tableau 3 : statistiques de la FAO portant sur les changements climatiques sur un échantillon de pays de l'Afrique de l'Ouest et d'Europe de l'Ouest

pays	population totale (millions)	superficie (millions) ha	CO ₂ t/ha
source	FAO 2009	FAO 2009	FAO 2009
date de la donnée	2012	2012	2012
Belgique	10,7	3,06	34,27
France	62,4	54,9	6,71
Pays-Bas	16,5	4,15	42,14
Suisse	7,6	4,12	9,78
Royaume Uni	61,9	24,3	21,65
Moyenne groupe Europe	31,82	18,106	22,91
Bénin	8,6	11,2	0,38
Burkina Faso	16	27,4	0,06
Côte d'Ivoire	19,3	32,2	0,24
Guinée Bissau	1,5	3,6	0,08
Sénégal	12,1	19,7	0,25
moyenne groupe Afrique	11,5	18,82	0,20
Rapport gr E/gr A	2,8	1,0	13,29

On constate une différence frappante avec un facteur 13 par unité de surface. Cela signifie que les pays européens émettent 13 fois plus de GES que les pays africains considérés. Si les pays européens, en particulier les Pays-Bas, peuvent aussi craindre des effets du réchauffement climatique, ils portent, par contre, une plus grande responsabilité dans ce phénomène, que leurs homologues africains.

L'Afrique dans son ensemble ne contribue qu'à raison de moins de 3,5% aux émissions mondiales de CO₂, et encore ces émissions sont-elles surtout le fait de l'Afrique du Nord et du Sud (Marland et al 2001). En revanche, ce continent est globalement la région la plus vulnérable aux impacts du changement climatique et le Groupe international d'experts sur le climat (GIEC) y prévoit l'intensification de la sécheresse et des inondations, mettant en péril la sécurité alimentaire, étant donné que la pauvreté y réduit la capacité d'adaptation (GIEC, 2001).

- **8.2. L'ÉPUISEMENT DES RESSOURCES**

Cet impact traduit l'extraction des ressources naturelles non renouvelables et leur consommation, comme le fer, le cuivre, le zinc, l'aluminium, etc., et surtout les énergies fossiles. Les dommages sont un épuisement des ressources naturelles. Le tableau n°4 ci-dessous résume les valeurs moyennes obtenues pour chaque scénario et illustre les différences observées selon le contexte.

Tableau 4 : Résultats obtenus lors de la comparaison entre Afrique et Europe sur l'épuisement des ressources pour la production d'huile de *Jatropha*

Intitulé des phases	Scénario Afrique	Scénario Europe
	Ressources non-renouvelables	Ressources non-renouvelables
	MJ primary	MJ primary
Culture	251	145
Transport	848	7860
Extraction	12400	14300
Total pour 1 UF	13500	22300

Ce tableau nous montre déjà des différences que nous pouvons mieux observer sur la figure 10 illustrant de façon schématique les différences observées au niveau des résultats.

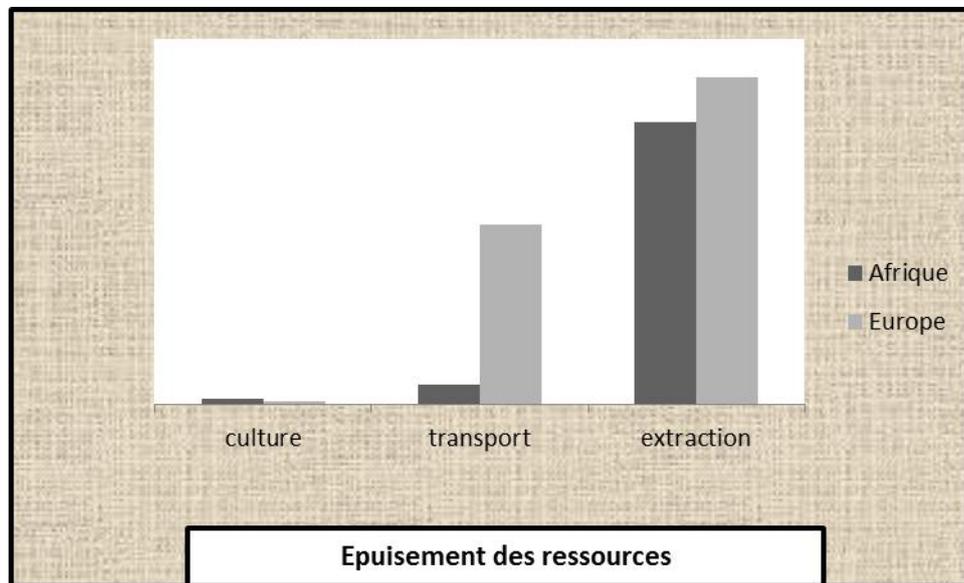


Figure 10 : Résultats obtenus lors de la comparaison des scénarii à l'épuisement des ressources non renouvelables

Ces graphes nous indiquent que, la production d'huile de jatropha a plus d'impact sur les réserves en Europe qu'en Afrique. La différence la plus marquante se fait toujours sentir au niveau du transport.

Comme nous le disions plus haut la production d'huile de jatropha nécessite plus de tours de transports en Europe qu'en Afrique cela entraine un besoin plus élevé en carburant (énergie fossile) d'où une plus grande pression sur les ressources.

En comparant les résultats de notre ACV aux statistiques de la FAO portant sur l'épuisement des ressources sur un échantillon de pays de l'Afrique de l'Ouest et d'Europe de l'Ouest, on obtient les résultats consignés dans le tableau 5.

Tableau 5 : statistiques de la FAO portant sur l'épuisement des ressources sur un échantillon de pays de l'Afrique de l'Ouest et d'Europe de l'Ouest

pays	Biocapacité	Empreinte Ecologique
source	lpr_WWF2008	lpr_WWF2008
date de la donnée	2012	2012
Belgique	1,1	5,1
France	3	4,9
Pays-Bas	1,1	4
Suisse	1,3	5
Royaume Uni	1,6	5,3
Moyenne groupe Europe	1,62	4,86
Bénin	1,5	1
Burkina Faso	1,6	2
Côte d'Ivoire	2,2	0,9
Guinée Bissau	3,4	0,9
Sénégal	1,5	1,4
moyenne groupe Afrique	2,04	1,24
Rapport gr E/gr A	0,8	4

Pour traiter des pressions touchant aux ressources, les indicateurs que nous avons considéré, traitent de la biocapacité de la terre d'une part, et de l'empreinte écologique qui est la contribution de chaque pays à la pression sur les ressources mondiales exprimée en hectares (ha) équivalents de productivité moyenne mondiale par habitant, d'autre part. Notons qu'il existe des variations significatives et diverses à l'intérieur des deux groupes.

L'empreinte écologique globale, exercée par la consommation africaine est quatre fois moins importante que celle calculée pour les pays européens. Cela renforce nos résultats qui

montrent que l'Europe exerce plus de pressions sur les ressources que l'Afrique pour une même unité d'huile produite.

8.3. LA QUALITÉ DES ÉCOSYSTÈMES

Elle s'exprime par la modification des équilibres chimiques et biologiques et affectant gravement les écosystèmes d'un sol, d'un cours d'eau ou de l'air en raison des activités humaines.

Ce phénomène est principalement dû aux émissions de SO₂ NO_x, et HCl, lesquels, par oxydation, donnent les acides HNO₃ et H₂SO₄. Les pluies acides qui en résultent ont un pH voisin de 4 à 4,5. Le tableau n°4 ci-dessous résume les valeurs moyennes obtenues pour chaque scénario et illustre les différences observées selon le contexte.

Tableau 6 : Résultats obtenus lors de la comparaison entre Afrique et Europe sur la qualité des écosystèmes pour la production d'huile de jatropha

Intitulé des phases	Scénario Afrique	Scénario Europe
	Qualité des écosystèmes	Qualité des écosystèmes
	PDF*m ² *yr	PDF*m ² *yr
Culture	7,61	13,2
transport	140	14,6
Extraction	269	122
Total pour 1 UF	417	150

Voyons schématiquement ces résultats à travers le graphe ci-dessous :

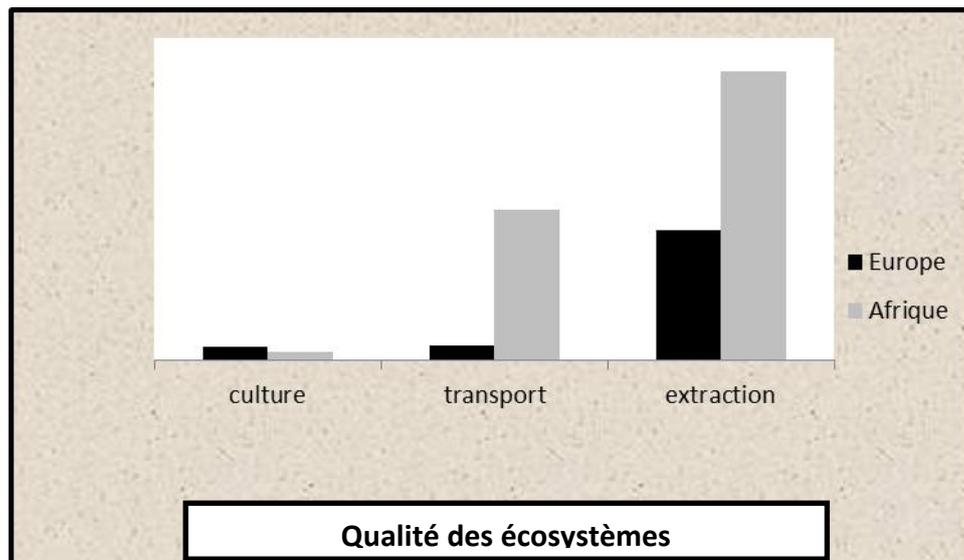


Figure 11: Résultats obtenus lors de la comparaison des scénarii à la détérioration de la qualité des écosystèmes

Dans notre cas, les écosystèmes sont plus touchés en Afrique qu'en Europe. Les scientifiques ont établi l'existence d'un seuil au-delà duquel les impacts des polluants deviennent irréversibles pour les écosystèmes et les communautés du monde. Ce seuil se situe à « une moyenne globale de 2°C » par rapport aux niveaux des températures de l'ère préindustrielle. Dans le monde, le nombre des catastrophes naturelles liées à la météorologie a plus que triplé depuis les années 1960. Chaque année, ces catastrophes ont provoqué plus de 60 000 décès, principalement dans les pays en développement.

L'augmentation des températures et les aléas des précipitations entraîneront probablement une diminution de la production vivrière dans de nombreuses régions parmi les plus démunies, jusqu'à 50% d'ici 2020 dans certains pays africains. Ces résultats s'expliquent par le fait des transferts de polluants. Bien que l'Afrique ne participe qu'en très petite partie aux émissions sur l'environnement, elle est la plus vulnérable à ces impacts.

Cet aspect devrait être pris en compte dans les méthodologies d'ACV africaines.

8.4. SANTÉ HUMAINE

Cet impact met en relief la destruction de la couche d'ozone de l'atmosphère. Cette couche de gaz nous protège des rayons ultra-violets. Les halocarbures types fréons (les CFC) empêchent

la formation d'ozone stratosphérique et ainsi limite la régénération naturelle de la couche d'ozone, ce qui provoque une diminution de celle-ci. Les halocarbures sont des composés halogénés synthétiques, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas produits par la nature (chlore, brome, iode et fluor). Les éléments de chlore et de brome qu'elles contiennent participent à des réactions photochimiques avec l'ozone stratosphérique qui compromettent la régénération de ce dernier. L'indicateur ici est la quantité de CFC équivalente émise. Les dommages peuvent être les cancers de la peau, les problèmes respiratoires, la cataracte sur l'homme.

Tableau 7 : Résultats obtenus lors de la comparaison entre Afrique et Europe sur la santé humaine pour la production d'huile de jatropha

Intitulé des phases	Scénario Afrique	Scénario Europe
	Santé humaine	Santé humaine
	DALY	DALY
Culture	9,15E-06	5,29E-06
Transport	4,40E-05	5,60E-04
Extraction	6,00E-04	2,87E-04
Total pour 1 UF	6,53E-04	8,52E-04

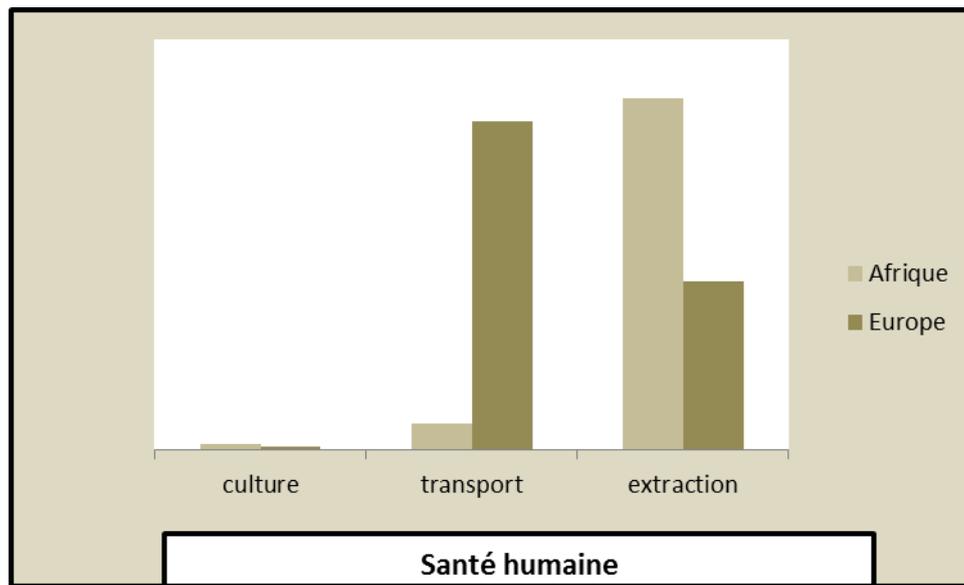


Figure 12 : Résultats obtenus lors de la comparaison des scénarii à l'atteinte de la santé humaine

Les émissions ont plus d'impacts sur la santé humaine en Afrique qu'en Europe au niveau de l'extraction. Nous savons que toutes les étapes de production et de consommation du pétrole sont des sources de pollution : l'extraction, le raffinage, le transport (sur terre et sur la mer) et la consommation. Or l'électricité et le carburant utilisés pour le transport et l'extraction en Afrique sont à base de pétrole.

De plus, les changements climatiques influent sur les besoins fondamentaux de la santé: air pur, eau potable, nourriture en quantité suffisante, sécurité du logement. En 2004, le réchauffement climatique intervenu depuis les années 1970 provoquait plus de 140 000 décès supplémentaires par an et les zones n'ayant pas de bonnes infrastructures de santé, pour la plupart dans les pays en développement, seront les moins en mesure de se préparer et de faire face à la situation sans assistance.

Nombre des grands facteurs de mortalité, comme les maladies diarrhéiques, la malnutrition, le paludisme ou la dengue, dépendent beaucoup des conditions météorologiques et l'on s'attend à une aggravation avec le changement climatique.

Nous pouvons donc conclure que les impacts sur l'environnement affectent plus l'Afrique surtout à cause de son manque de moyen d'adaptation aux changements qui surviennent.

IX. RECOMMANDATIONS – PERSPECTIVES

Il s'agit pour nous de faire certaines propositions tendant à améliorer la qualité des ACV réalisées en Afrique :

- Apprendre à tenir des statistiques fiables des activités de production africaines pour faciliter les études ;
- Mener des enquêtes et des études approfondies auprès des structures industrielles sur leurs émissions afin de les consigner en statistiques facilement exploitables ;
- Lancer des projets de collecte de données ACV sur divers processus locaux surtout ceux qui représentent un enjeu pour l'Afrique ;
- Compléter les bases de données d'inventaire ACV (comme ecoinvent) avec des données adaptées au contexte africain
- Ou à défaut « africaniser » la base de données Ecoinvent existante ;
- Mettre l'accent sur les problématiques environnementales qui frappent plus l'Afrique dans cette collecte de données.

CONCLUSION

Au-delà de la grande diversité des résultats une conclusion majeure ressort de cette étude : il existe des différences fortes entre les impacts environnementaux de l'Afrique et de l'Europe tant au niveau des changements climatiques, de l'épuisement des ressources, de la qualité des écosystèmes que de la santé humaine.

Pour parvenir à cette conclusion nous avons adapté la base de donnée communément utilisée pour les ACV "Ecoinvent" à la production d'huile de jatropha dans un contexte africain. La comparaison avec le contexte Européen révèle : une émission de GES deux fois plus élevée en Europe qu'en Afrique ; une pression sur les ressources 1,5 fois plus élevée en Europe qu'en Afrique.

Ces différences sont souvent dues aux rapports entre les indicateurs de développement économique comparés entre les groupes. C'est-à-dire que le niveau d'industrialisation et le niveau de vie de populations européennes sont largement au-dessus de celles d'Afrique ce qui induit des enjeux environnementaux différents.

Ce résultat ne devrait pas nous surprendre. En effet, l'exportation d'activités polluantes ou prédatrices de ressources naturelles hors de l'Europe, pour ensuite en réimporter les produits sont à la base des effets remarqués. Cela nous interpelle sur la non adéquation des méthodes d'ACV européennes à un contexte africain. Nous ne pouvons donc pas utiliser les méthodes d'ACV telles qu'elles sont appliquées aujourd'hui, à un contexte africain. Toutefois adapter ces méthodes et les réajuster aux réalités propres à chaque milieu géographique. Nous voudrions pour terminer mettre l'accent sur la nécessité de faire une collecte de données propres à l'Afrique et à chaque milieu socio-économique et géographique du monde.

Bibliographie

1. **Aridsson Rickard et al.** Life cycle assessment of hydrotreated vegetable oil from rape, oil palm and Jatropha [Revue]. - [s.l.] : Journal of cleaner production, 2010.
2. **Chachage B.** Jatropha oil as a renewable fuel for road transport. Policy implications for technology transfer in Tanzania [Revue]. - Lund, International Institute for Industrial Environmental Economics : [s.n.], 2003.
3. **Davidson et Sokona** A new sustainable energy path for African development: Think bigger act faster, Energy and Development Research Centre, University of Cape Town, Environmental Development Action in the Third World [Rapport]. - Senegal : [s.n.], 2002.
4. **Domergue M. et Pirot R.** Jatropha curcas L. Rapport de synthèse bibliographique [Rapport]. - [s.l.] : CIRAD, 2008.
5. **Duvigneaud, P., 1980**, La synthèse écologique, Doin, Paris, 2e éd. 1984, 380p.
Ecoinvent Life cycle inventories of agricultural production systems [Rapport]. - 2007.
6. **Galy-Lacaux, C., Al Ourabi, H., Lacaux, J.P., Pont, V., Galloway, J., Mphepya, J., Pienaar, K., Sigha, L. et Yoboué, V.**, 2003, Dry and wet atmospheric nitrogen deposition in Africa », IGACTivities Newsletter, 27, 6-11.
7. **GIEC**, 2001, Climate Change 2001: Impacts, Adaptations and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, 1005p.

8. **Galloway, J.N., Schlessinger, W.H., Levy II, H., Michaels, A. et Schnoor, J.L.**, 1995, Nitrogen Fixation: Anthropogenic Enhancement – Environmental Response, *Global Biogeochemical Cycles*, 9, 235-252.
9. **Goel G. et al.** Phorbol esters: structure, biological activity, and toxicity in animals [Revue] // *International Journal of Toxicology*. - 2007. - Vol. 26. - pp. 279–288 .
10. **Henning R.** Identification, selection and multiplication of high yielding *Jatropha curcas* L. plants and economic key points for viable *Jatropha* oil production costs [Revue]. - [s.l.] : GTZ, 2007.
11. **Jolliet O. et al.** Analyse du cycle de vie [Livre] Comprendre et réaliser un écobilan. - 2011. - 2eme édition mise à jour et augmentée : p. 302.
12. **Kaushik N. et al.** Genetic variability and divergence studies in seed traits and oil contents of *Jatropha* accessions, Fuel processing technology biofuels for transportation, *Biomass and Bioenergy* [Revue]. - 2007. - Vol. 31. - pp. 497–502.
13. **Makkar H.P.S. et al.** Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas* [Revue] // *Journal of agricultural and food chemistry*. - 1997. - pp. 3152-3157.
14. **Marland, G., Boden, T.A. et Andres, R.J.**, 2001, Global, Regional and National Fossil Fuel CO₂ Emissions, US department of Energy, Carbone Dioxide Information Analysis Center, http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/tre_afr.htm [consulté le 23/2/2012]
15. **NDong et al.** Life cycle assessment of biofuels from *Jatropha curcas* in West Africa: a

field study [Revue]. - [s.l.] : GCB Bioenergy, 2009. - Vol. 1. - pp. 197–210.

16. Pocaro et Takada Achieving the Millennium Development Goals: The Role of Energy Services, UNDP [Rapport]. - 2005.

17. Rijssenbeek W.H.R. et al. Expert Meeting Jatropha [Revue]. - Brussel : [s.n.], 2007.

18. Sorrell S. et al. Global oil depletion: A review of the evidence, Energy Policy 38, p. 5290–529
[s.n.], 2007. - p. 25.

19. Vitousek, P.M., Aber, J., Howarth, R.W., Likens, G.E., Matson, P.A., Schindler, D.W., Schlesinger, W.H., et Tilman, G.D., 1997a, Human Alteration of the Global Nitrogen Cycle. Causes and Consequences, Issues in Ecology, n°1, 1-16.

20. Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J. et Melillo, J.M., 1997b, Human domination on Earth's Ecosystems, Science, 277, 494-499.

21. Wuebbles D. et al. Concerns about climate change and the role of fossil fuel use [Rapport]. - 2001.

Sites internet

- 1. FAO** Food and Agriculture Organization of the United Nations [En ligne]. - www.fao.org.
- 2. FAO, 2012, FAOSTAT, Base de données FAO,** <http://faostat.fao.org/faostat> [consulté le 24/4/2012]

ANNEXES

• **ANNEXE1: ESTIMATION DE LA PRODUCTIVITÉ DU JATROPHA À TERIYA BUGU (CIRAD)**

Tableau I	
année	kg/ha
1° année	0
2° année	0
3° année	30
4° année	250
5° année	879
25 croisières	1200*

Tableau II	
année	kg/ha
1° année	0
2° année	0
3° année	30
4° année	415
5° année	879
25 croisières	1000*

Tableau III	
année	kg/ha
1° année	0
2° année	0
3° année	30
4° année	338
5° année	879
25 croisières	1100*

