



Reflexion autour du développement d'une filière biocarburants en Algérie

M. Amouri⁽¹⁾, A. Allouache⁽¹⁾, T. Ahmed Zaïd⁽¹⁾, M.A. Aziza⁽²⁾, O. Zanndouche⁽³⁾

¹ Ecole Nationale Polytechnique, 10, Ave Pasteur, Hassen Badi, El-Harrach 16 200, Alger, Algérie

² Centre de Développement des Energies Renouvelables, BP 62 Route de l'Observatoire,
Village Celeste, Bouzaréah, Alger, Algérie

³ Institut National de Recherches Forestières, Station de Bainem, BP 37 Chéraga, Alger, Algérie

amourimed21@yahoo.fr ; toudert@hotmail.com ; majdaamina@yahoo.fr ;

ouahid.zanndouche@yahoo.fr

Résumé - Cette étude est une réflexion autour d'un projet de mise en place d'une filière biocarburants en Algérie. Un tel projet doit prendre en compte des considérations techniques, économiques, sociales et environnementales dans une perspective de développement durable.

La première étape a consisté en l'élaboration d'un inventaire des ressources végétales qui ont un potentiel suffisant pour la production de biocarburants (bioéthanol ou biodiesel).

La seconde étape consiste à identifier tous les partenaires intervenant dans un tel projet afin que la mise en œuvre soit plausible. De nombreux critères pour le choix des cultures, des terres à utiliser et des technologies à mettre en œuvre doivent être clairement posés afin d'optimiser les bénéfices attendus et réduire au maximum les impacts sur l'environnement.

Ces choix devront être scrupuleusement examinés et justifiés en utilisant des outils d'aide à la décision appropriés tels l'analyse du cycle de vie.

Un tel projet devra faire intervenir plusieurs domaines d'expertise allant de l'agroforesterie, à l'économie en passant par le génie des procédés.

L'analyse du cycle de vie d'un carburant issu de la biomasse sera présentée en vue d'examiner les performances énergétiques et environnementales de la filière projetée.

Mots-clé- Biocarburant ; Biomasse ; Développement durable ; Analyse du cycle de vie.

I. INTRODUCTION

La mise en place d'une filière biocarburant est encore de nos jours un sujet très controversé, en particulier dans notre pays qui dispose d'importantes ressources fossiles.

Nous vivons dans un monde où la demande en énergie croît de près de 2% chaque année. D'un autre côté, l'offre paraît limitée tout comme le sont les réserves d'énergie fossile. De plus, la combustion de ces énergies fossiles accroît la concentration en gaz à effet de serre dans l'atmosphère responsable du réchauffement climatique. Les arguments ne manquent pas pour appeler à une transition progressive vers des énergies renouvelables.

Dans une conjoncture de raréfaction des énergies fossiles, on fera remarquer que notre pays a déjà recours à l'importation d'essence et surtout de gazole pour satisfaire la demande du marché en raison de capacités de raffinage insuffisantes et d'une diésélisation croissante du parc automobile.

La substitution partielle du gazole par des carburants issus de la biomasse exige néanmoins de poser un certain nombre de préalables pour asseoir une filière durable avec des retombées bénéfiques effectives et quantifiables sur le terrain.

Comme préalables majeurs :

- Le projet doit s'adresser à des espèces végétales non alimentaires ;

- Les cultures projetées ne devront pas se faire sur des terres à vocation agricole ;

- Elles devront croître avec un rendement suffisant sur des terres arides et semi arides, et on veillera à privilégier les espèces à faibles intrants agricoles (fertilisation, irrigation, pesticides).

Comme impacts bénéfiques, on peut escompter les suivants :

- Sur le plan écologique, amélioration du couvert végétal, lutte contre l'érosion des sols et possibilité d'utilisation de tourteaux (sous-produit de la filière) comme fertilisant organique ;

- Sur le plan social, réhabilitation de l'activité agricole dans les régions arides ou semi-arides par la création d'emplois (culture des espèces à fort potentiel biodiesel, unités d'extraction et de traitements de l'huile végétale) ;

- Sur le plan stratégique, assurance d'une autonomie énergétique pour les besoins des fermes et coopératives agricoles (machines agricoles, unité de transformation de la graine alimentées en biodiesel) ;

- Sur le plan économique, économies substantielles d'énergie...

De tels projets intégrés et autonomes sur le plan énergétique, disséminés à travers différentes régions du pays



**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

**Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012**



devraient contribuer à renforcer de manière significative la sécurité alimentaire et énergétique et participer à l'effort de sédentarisation des populations dans les régions désenclavées du pays.

Pour que le « système » fonctionne, il faut cependant la participation de tous les acteurs dont il est fait allusion plus haut. Il faudra sans doute un travail de sensibilisation pour susciter l'adhésion des populations locales. Ceci est du ressort des autorités locales en collaboration avec le Ministère de l'Agriculture. La politique d'aide à la création de micro-entreprises en vigueur depuis plusieurs années dans notre pays pourra trouver des débouchés dans ce créneau.

Notre approche pour concevoir un projet de mise en place d'une filière biocarburant passe par l'établissement d'un inventaire crédible des espèces à fort potentiel. Compte tenu des préalables draconiens que nous nous sommes imposés plus haut, seul un nombre limité d'espèces candidates pourra être envisagé. On devra tenir compte évidemment des exigences de la plante ainsi que des conditions édapho-climatiques des régions où ces projets seront implémentés.

A titre indicatif, le tableau 1 ci-dessous donne une liste des cultures énergétiques potentielles pour la production de biodiesel.

**TABLEAU 1: LISTE DES CULTURES ENERGETIQUES POTENTIELLES
POUR LA PRODUCTION DU BIODIESEL**

Espèces	Rendement en graine t/ha	Teneur en huile (%)	Rendement en huile t/ha
<i>prunus amygdalus var. amara</i>	3 [1]	40 à 45 % (20% min) [2]	1,2 – 1,35
<i>Moringa oleifera</i> [3]	3 - 6	33 -41	0,99 – 1,23/1,98 -2,46
<i>Recinus communis</i>	5 [4]	35 – 55 [5]	1,75 – 2,55
<i>Simmondsia chinensis</i> [1]	2,25	43- 56	0,97 – 1,26
<i>Brassica carinata</i> [6]	1 – 2,5	30 -38 %	0,30 – 0,75 / 0,38 -0,95
<i>Cynara cardunculus</i> [1]	2 - 3	25% en huile et 20 % en protéine	0,5 – 0,75
<i>Nicotiana tabacum</i>	0,6 à 2,5 [7]	35 - 49 [8]	0,21 – 0,29 / 0,87 - 1,22
<i>Jatropha curcas</i>	2 – 5 [9]	47 [10]	0,94 - 2.35
<i>Euphorbia lathyris</i> [11]	1.5 à 2.5	Jusqu'à 48	0.72 – 1,175
<i>Salicornia bigelovii</i> [1]	1 a 3.5 tonne en graine + 10 tonne/ha de fourrage	22,4	0,224 – 0,784
<i>Leucaena leucocephala</i>	3 t + 75-95kg de fourrage /arbre/an [12]	32,5 [13,14]	0,975
<i>Citrullus colocynthis</i> [1]	6,7	47	3,149

**II. DEVELOPPEMENT DURABLE ET ANALYSE DU CYCLE DE
VIE**



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



La durabilité est le principe clé pour une meilleure gestion des ressources naturelles. Elle implique l'efficacité opérationnelle et la réduction effective des impacts environnementaux et socio-économiques où toutes ces considérations sont interdépendantes [15]. L'analyse de cycle de vie (ACV) est une méthode largement admise afin de quantifier les impacts environnementaux d'un produit.

A titre d'exemple, nous avons porté notre choix sur l'espèce *Moringa Oleifera* et avons effectué une analyse du cycle de vie du biodiesel obtenu à partir de cette espèce.

III. MORINGA OLEIFERA

III.1- Description

Moringa oleifera est originaire de l'Inde, Arabie, Afrique, les Caraïbes. Elle se développe dans les régions subtropicale et tropicale sèches (5 à 10 m de haut) à des altitudes de 100 à 1200 m [3]. Elle tolère des précipitations allant de 250 à 1500 mm et des températures de 19 à 28°C [16]. Des températures élevées (48°C) ont même été rapportées [3].

III.2- Les exigences écologiques

Moringa Oleifera est caractérisé par une croissance très rapide, il est résistant aux stress hydrique et thermique et tolère même une salinité élevée [17]. Il prospère dans des sols sablonneux, limon-sablonneux ou alluvions argileux [16]. Comme il s'agit d'une légumineuse [17, 18], enrichissante en phosphore [3] il pourrait améliorer la fertilité du sol. Il tolère un pH du sol allant de 5 à 9 [17]. Le *Moringa oleifera* se fructifie dès la première année. La pleine production peut être atteinte dès la 2^{ème} année avec une production en graines de 3kg/arbre/an et une teneur en huile de 33 à 41 %. La production en huile s'élève à 1000- 2000 L/ha/an [16].

IV. ANALYSE DU CYCLE DE VIE DU BIODIESEL DE MORINGA OLEIFERA

Techniquement, l'ACV est une compilation et évaluation des intrants et des émissions directes (inputs et outputs) et des impacts potentiels sur l'environnement durant le cycle de vie d'un produit. Cet outil a l'avantage d'identifier les impacts environnementaux de toutes les étapes du cycle de production [17]. Les émissions de carbone et d'azote (GES), les émissions (P, K), l'utilisation de l'eau, l'occupation du sol, le bilan énergétique net, l'eutrophisation potentielle, l'impact sur la biodiversité, l'érosion du sol et l'utilisation de pesticides sont

généralement évaluées [15]. Seuls les bilans carbone et énergie seront présentés dans le cadre de cette ACV qui vise un objectif de stratégie politique en matière d'utilisation de sources d'énergie alternatives. Les autorités ont besoin de disposer d'informations fiables pour définir des mesures incitatives relatives à l'utilisation de biocarburants. Il s'agit donc d'une ACV « *policy-oriented* »

Selon la définition des normes ISO et de la SETAC, l'analyse du cycle de vie s'effectue en quatre phases:

- La définition des objectifs,
- L'inventaire des émissions et des extractions,
- L'analyse de l'impact,
- L'interprétation.

IV.1- Unité fonctionnelle et hypothèses retenues

La fonction de notre système est la production d'une tonne de biodiesel à partir de l'huile *Moringa oleifera* sous conditions non irriguées. L'unité fonctionnelle retenue est la tonne de biodiesel produite par hectare. En tenant compte des données disponibles dans la littérature [17] et celle recueillies localement (2011) auprès de l'Institut Technique d'Arboriculture Fruitière, nous avons retenu les hypothèses suivantes :

- La production d'une tonne de biodiesel de *M. oleifera* par hectare (non irrigué) ;
- La culture de *M. oleifera* est conduite dans un système de production non irrigué ;
- Les travaux du sol et de plantation de *M. oleifera* sont non mécanisés ;
- La teneur de la graine en huile est de 33% ;
- La production de 1000 L de biodiesel nécessite 1000 L de l'huile de *M. oleifera* et 100 L de méthanol. Une quantité de 3030 kg de graines est donc nécessaire pour assurer cette production.

IV.2- Définition et modélisation du système de production

Dans le système de production, nous pouvons distinguer deux stades principaux. Le premier stade est la production de la matière première (huile de *Moringa oleifera*). Le second stade est la conversion de l'huile en biodiesel. La figure 1 ci-dessous regroupe les différentes étapes et processus par fonction, du champ jusqu'à l'obtention du biodiesel.

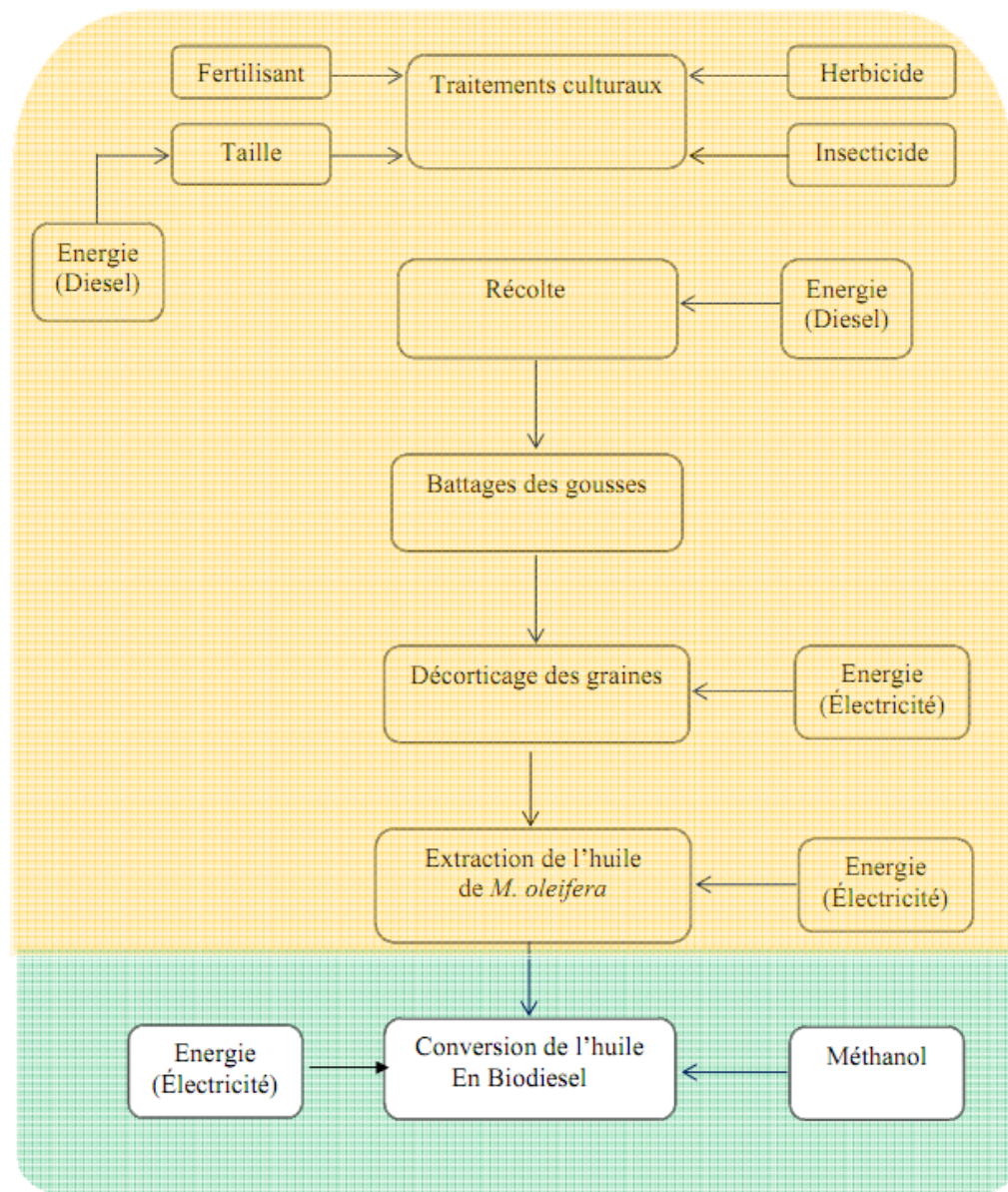


Fig 1 - Les différents processus de production du biodiesel de *Moringa oleifera*

IV.3- Limites du système

L'analyse de cycle de vie couvre l'ensemble de la chaîne de production du biodiesel à partir de l'huile de *Moringa oleifera*. Les éléments pris en compte dans les limites du système sont :

La chaîne d'approvisionnement énergétique, c'est-à-dire l'énergie dépensée lors de chaque étape du processus de production.

L'extraction, le transport et l'utilisation des matières premières intervenant dans les étapes de production du biodiesel.

En revanche, les infrastructures (occupation du sol et utilisation des matériaux de construction ainsi que leurs devenir après démolition des installations, par exemple mise en décharge et recyclage) ainsi que les énergies liées à la construction et au démantèlement des installations, ne sont pas prises en compte. Il s'agit donc d'une approche « Cradle to Gate ».



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



IV.4- Inventaire

Il s'agit de quantifier les différents flux traversant le système au travers de l'inventaire. Les données ci-dessous (Tableau 2) sont tirées de la littérature [17] et adaptées aux conditions locales de production. Le transport des matériaux est supposé ne pas excéder 100 km puisqu'on considère le développement d'une filière de production de biodiesel à l'échelle régionale.

Le Tableau 2 donne l'inventaire du cycle de vie de la production de 1000 L de biodiesel de *Moringa oleifera* conduite en non irrigué. L'analyse a été effectuée à l'aide du logiciel Simapro [19].

TABLEAU 2: INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE DE LA PRODUCTION DE 1000 L DE BODIESEL DE MORINGA OLEIFERA CONDUITE EN SEC

Type d'input	Nomenclature	Unité	Quantité
Production de graines de <i>Moringa oleifera</i>			
Chimique	herbicide	kg	2.66
	insecticide	kg	3.03
	fertilisant (NPK)	kg	75.00
Energie	récolte	L	90.00
	décorticage	kWh	60.00
Transport	herbicide	tkm	
	insecticide	tkm	
	fertilisant	tkm	
émission	NO ₂	kg	0.01
	séquestration de CO ₂	kg	-15000
Conversion de l'huile de <i>Moringa</i> en biodiesel			
Energie	Extraction de l'huile	kWh	72.00
	Conversion de l'huile	kWh	7.20

La figure 2 ci-dessus montre que le facteur principal qui contribue aux scores de changement climatique (émission de CO₂) est l'étape de la production des graines de *Moringa oleifera* avec une contribution de 82 % contre 18 % pour la conversion de l'huile en biodiesel.

Les émissions de N₂O contribuent pour plus de 50% des émissions totales de CO₂. Les intrants chimiques (engrais, herbicides, insecticides) participent à hauteur de 21,6 % des émissions

La séquestration de CO₂ par *Moringa oleifera* est de 15000kg/ha [17]. L'écobilan de l'impact sur le changement climatique due à la production de 1000 litres de biodiesel est de - 14667 kg de CO₂ équivalents. Il s'agit donc d'un bilan CO₂ largement positif ce qui constitue un critère de durabilité satisfaisant.

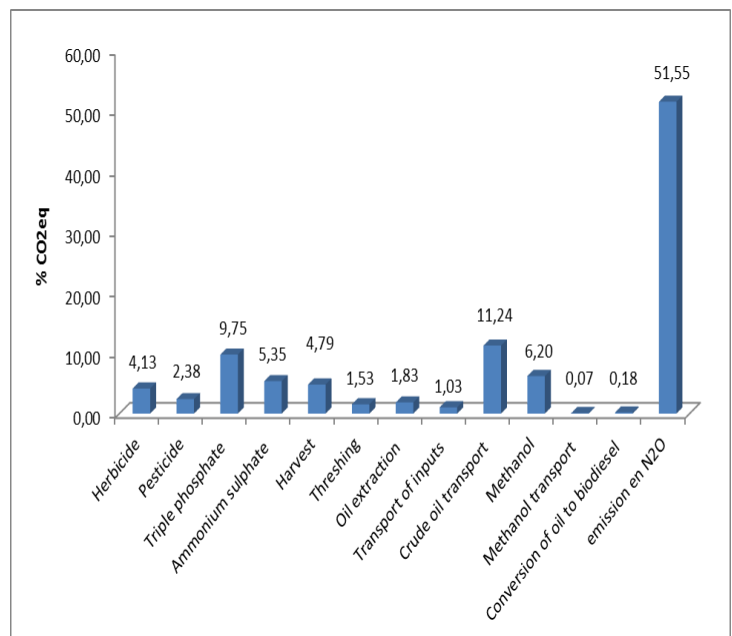


Fig.2. Contribution des processus élémentaires aux changements climatiques (%)

V. RÉSULTATS ET DISCUSSION

V.1- Bilan carbone (en kg CO₂ eq)

Une production de 1000 litres de biodiesel à partir des graines oléifères de *Moringa oleifera* conduite en sec, contribue à des émissions de CO₂ de 855,04 kg CO₂eq. Ces émissions sont dues aux intrants agricoles ; fertilisants, herbicides, pesticides et leur transport.

V.2- Bilan énergétique

Les résultats obtenus à l'issue de l'analyse du cycle de vie indiquent les consommations en énergie fossile pour chaque étape et pour chaque processus unitaire de production du biodiesel. La Figure 3 montre que la consommation en énergie fossile se concentre durant la production de la matière première (huile végétale) avec une contribution de 66,12%. L'autre part de l'énergie fossile dépensée est consommée lors de la transformation de



l'huile de Moringa Oleifera en biodiesel avec un pourcentage voisin de 34 %.

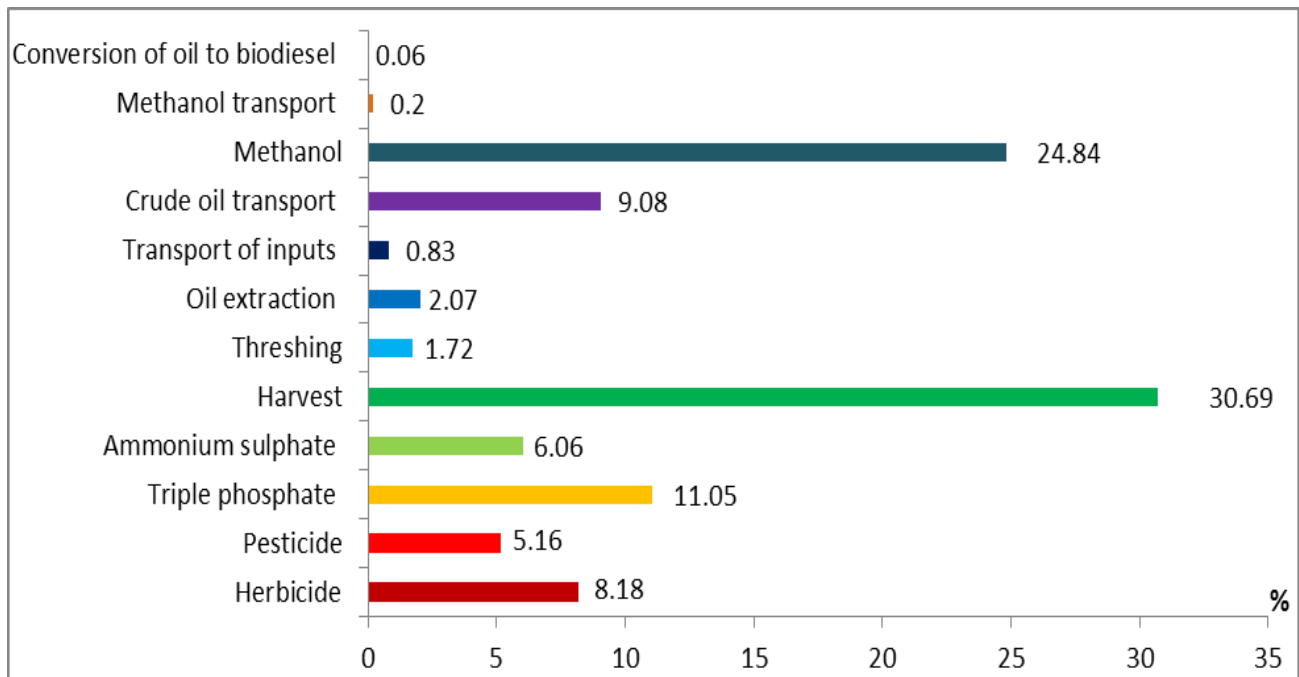


Fig.6: Contribution des processus élémentaires au bilan énergétique (%)

Lors de cette étape de conversion de l'huile en biodiesel, la dépense énergétique est dominée par l'utilisation du méthanol avec une consommation de 3930,91 MJ/ha avec une contribution de 32,43% de l'énergie totale consommée.

VI. CONCLUSION ET PROSPECTIVE.

L'objectif principal de cette analyse du cycle de vie est d'évaluer les performances environnementales d'une filière de production du biodiesel produit à partir d'une culture de Moringa Oleifera sous les conditions locales. Cette analyse nous a permis d'identifier les points critiques du système de production en considérant deux facteurs majeurs, le bilan du CO₂ et le bilan énergétique.

Les résultats de l'analyse montrent que la production de 1000 litres de biodiesel à partir des graines oléifères de Moringa oleifera conduite en sec, contribue à des émissions de CO₂ de 855 kg CO₂ eq. D'un autre côté, la capacité de séquestration de CO₂ par Moringa oleifera est de 15000 kg/ha, L'écobilan de l'impact sur le changement climatique dû à la production de 1000 litres de biodiesel est de -14145 kg de CO₂ équivalent. Le bilan CO₂ est donc largement positif, ce qui est un critère de durabilité satisfaisant.

La consommation énergétique d'origine fossile totale pour la production de 1000 litres de biodiesel est de 12529.4 MJ/ha. En considérant un rendement énergétique de 38000 MJ/ha pour Moringa Oleifera [20], on obtient un bilan énergétique dans un rapport voisin de 3. Les principaux contributeurs à la consommation énergétique sont la mécanisation des opérations agricoles avec une contribution de 30,69 %, et l'utilisation du méthanol avec une contribution de près de 25 %.

Les résultats de cette analyse du cycle de vie, à l'instar de nombreuses autres études similaires, montrent que, globalement, les biocarburants en tant que source d'énergie renouvelable peuvent remplacer - du moins en partie - les carburants conventionnels en réduisant d'une manière significative les émissions de CO₂ et en assurant un bilan énergétique favorable.

Il convient toutefois de bien évaluer, pour chaque cas particulier, les avantages et les inconvénients de la filière bioénergie projetée.

Le projet d'implantation d'une filière biodiesel que nous voulons promouvoir est principalement destiné à assurer l'autonomie énergétique de petites fermes agricoles qui produiront la matière première pour la fabrication de



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



biodiesel. Ce biodiesel permettra de pérenniser une activité agricole mécanisée, à même d'améliorer les rendements et la qualité des produits.

Le projet de 1000 L de biodiesel qui mobilisera un hectare de terres marginales pourra permettre d'alimenter en carburant l'ensemble du parc de matériels agricoles d'une ferme de 5 hectares.

Il n'en demeure pas moins qu'une évaluation plus précise devra être faite pour chaque cas particulier (région ciblée, espèce préconisée, etc.). Parmi les points à considérer avant de décider pour telle ou telle option, on peut citer quelques-uns :

Quels types et quelles quantités de biomasse sont disponibles ou peuvent être produits durablement dans la région ciblée ?

Existe-t-il des utilisations compétitives pour cette biomasse ? Son utilisation pour la bioénergie aura-t-elle des incidences sur d'autres secteurs ou industries ?

Quelle chaîne d'approvisionnement appropriée et quelles technologies de conversion disponibles maintenant, ou dans un proche avenir, permettront d'obtenir des produits de bioénergie écologiquement acceptables ?

Quels impacts l'augmentation de l'utilisation de la biomasse dans une région aura sur l'environnement local et sur l'approvisionnement en eau ?

Y a-t-il des retombées sociales bénéfiques sur l'emploi, le développement rural, la cohésion sociale, la santé, l'équité ?

Quel niveau d'investissement sera nécessaire pour établir le projet de bioénergie proposé, pas seulement pour la construction de l'unité de conversion et l'achat de carburant, mais aussi pour obtenir les consentements nécessaires et négocier les différents contrats possibles ?

Sur certaines questions, les avis des uns et des autres ne sont pas toujours convergents. Par exemple, certains soutiennent que la capacité de systèmes de production agricoles à satisfaire la demande en produits alimentaires sera limitée en raison de l'arrivée des carburants issus de la biomasse. D'autres avancent que la production de biocarburants peut constituer une réponse tant à la menace de changement climatique qu'à la réduction de la disponibilité de carburants à des coûts abordables. Les pressions combinées en termes d'utilisation de l'espace pour la production agricole pour faire face à la demande croissante en nourriture et en besoins énergétiques menacent les équilibres pour la conservation de biodiversité. Les changements climatiques constituent déjà une menace directe à la biodiversité. Le défi à relever sera de trouver de bons compromis entre les avantages que peut procurer la biorémédiation des bouleversements

climatiques par la production de biocarburants (diminution des émissions de CO₂) et les inconvénients d'une perte de la biodiversité et de la production alimentaire que risque d'induire l'arrivée de ces biocarburants.

C'est pour cette raison que nous devons impérativement nous adresser – pour assurer nos besoins en énergie - aux parties de la plante qui ne sont pas en compétition avec les besoins en nourriture. De même, les espèces destinées à la production de biocarburants ne doivent pas être cultivées sur des terres à vocation agricole. Nous devons donc réduire au minimum l'empreinte écologique à la fois de la production de nourriture et d'énergie pour assurer la conservation de la biodiversité.

Une analyse globale des options stratégiques disponibles suggère que l'eau, la terre et d'autres ressources doivent être rationnellement gérées, particulièrement en perspective des bouleversements climatiques annoncés.

Enfin, un certain nombre de questions clé méritent en définitive d'être débattues et tranchées :

- Pour quelles espèces végétales disponibles, doit-on allouer les ressources déjà limitées (eau, terre...) pour la production de l'alimentation humaine, animale (pâturages) et de bioénergie ?

· Comment gérer la concurrence pour ces ressources entre les différentes utilisations ?

· Doit-on aussi cultiver des espèces végétales spécialement pour protéger l'environnement et conserver la biodiversité ?

· Quelles plantes sont déjà cultivées pour les besoins énumérés et pouvons-nous développer de nouvelles variétés (sauvages) ? Devons nous introduire de nouvelles espèces exotiques ?

· Comment devons-nous réaliser un équilibre entre la satisfaction des besoins et la nécessaire conservation de la nature grâce à ces options d'utilisations alternatives des surfaces disponibles ?

Bibliographie

[1] El Bassam N., Handbook Of Bioenergy Crops, A Complete Reference to Species, Development and Applications, Earthscan (2010) and Biosaline Agriculture, Marcel Dekker (1996).

[2] Ahindra Nag, (2008), Biofuels Refining and Performance, McGraw-Hill.

[3] Norman Borlaug, Anthony Cunningham, Jane I. Guyer, Hans Herren, Calestous Juma, (2006), Lost Crops of Africa: Volume II: Vegetables. National Academy Press, accessed at : <http://www.nap.edu/catalog/11763.html>.

[4] Peter N. Mascia, Jürgen Scheffran, Jack M. Widholm: Plant Biotechnology for Sustainable Production of Energy and Co-products, Biotechnology in Agriculture and Forestry 66, DOI 10.1007/978-3-642-13440-1_8. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2010).

[5] Johann Vollmann, Istvan Rajcan, (2009), Oil Crops. Springer Science Business Media, LLC.

[6] Massimo Cardone, Marco Mazzoncini, Stefano Menini, Vittorio Rocco, Adolfo Senatore, Maurizia Seggiani, Sandra Vitolo, (2003), Brassica carinata as an alternative oil crop for the production of biodiesel



**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

**Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012**



- in Italy: agronomic evaluation, fuel production by transesterification and characterization. *Biomass and Bioenergy* 25, pp 623 – 636
- [7] Geoffrey S., Pablo A, (2009), *Agricultural Wastes*, Nova Science Publishers, Inc
- [8] Veljkovic V.B., S.H. Lakicevic, O.S. Stamenkovic, Z.B. Todorovic, M.L. Lasic, (2006) Biodiesel production from tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) seed oil with a high content of free fatty acids. Faculty of Technology, Bulevaroslobod-enja 124, 16000 Leskovac, Serbia and Montenegro.
- [9] Jean-Claude Kader and Michel Delseny, (2009), *Advances in Botanical Research*, Academic Press, UK
- [10] Arjun B. Chhetri, Martin S. Tango, Suzanne M. Budge, K. Chris Watts, and M. Rafiqul Islam, (2008) Non-Edible Plant Oils as New Sources for Biodiesel Production, *International Journal of Molecular Sciences*. 9, 169-180
- [11] Melvin Calvin, (1980) *Hydrocarbons from Plants: Analytical Methods and Observations*. *Naturwissenschaften* 67, pp525-533, Springer-Verlag.
- [12] URL: <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/data/pf000158.Htm>
- [13] Adeneye J.A. (1979), note on the nutrient and mineral composition of *leucaena leucocephala* in western Nigeria, *Animal Feed Science and Technology*, 4, pp.221-225, Elsevier.
- [14] Nighat Afza, Mahboob Ali Kalhor, Rashid Ali Khan, M. Aijaz Anwar (2007), Physicochemical and toxicological studies of different parts of *leucaena leucocephala*. *Pakistan journal of pharmacology*, vol.24, no.2, pp.13-16 [20]
- [15] Luisa Gouveia, *Microalgae as a Feedstock for Biofuels*. Springer (2011)
- [16] Karmakar A., Karmakar S., Mukherjee S., Properties of various plants and animals feedstocks for biodiesel production. *Bioresource Technology* 101 (2010) 7201–7210.
- [17] Wahidul K. Biswas, Michele B. John, (2008), Life Cycle Assessment of Biodiesel Production from *Moringa Oleifera* Oilseeds, Centre of Excellence in Cleaner Production, Curtin University of Technology. Accessed at : <http://www.c4cs.curtin.edu.au/>
- [18] Redouane Choukr-allah, Clive V. Malcolm, Atef Hamdy, (1996), *Halophytes and Biosaline Agriculture*, Marcel Dekker. [33]
- [19] Simapro, Version 7.1.8, PRé Consultants, The Netherlands, 2008
- [20] Caye M. Drapcho, Nghiem Phu Nhuan, Terry H. Walker, (2008), *Biofuels Engineering Process Technology*, McGraw Hill