

# VALORISATION DU TOURTEAU DE *Jatropha curcas* EN AMENDEMENT ORGANIQUE FERTILISANT

Ravaoaririnina Z.\*(1), Rahariseheno I. (1), Rakotosaona R (2,3). , Andrianary P. (2), Rafamantanantsoa G. (1), Rakotosaona R. (2)

(1) Centre National de Recherches Industrielles et Technologiques, BP 6294 Antananarivo 101.

(2) École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Département Génie chimique, B.P 1500 Antananarivo 101

(3) Institut Malgache de Recherches Appliquées, Laboratoire Biothérapeutique, BP 3833 Avarabohitra Antananarivo 102

\*Auteur correspondant : [rzoemartine@yahoo.fr](mailto:rzoemartine@yahoo.fr)

## Résumé

L'objectif de cette étude est la valorisation du tourteau de *Jatropha curcas* issue de l'extraction d'huile de *Jatropha*. A partir des résultats d'analyse des matières premières, le rapport C/N du tourteau est égal 9,3 ce qui implique que le tourteau de *Jatropha* n'est pas compostable directement sans ajouter d'autre matières organiques carbonées. Après avoir réalisé des rectifications de la composition initial avec du fumier et de la paille de riz, nous avons pu obtenir du compost sain sans germes pathogènes, dénommé amendement organique selon la norme NFU 44-051.

*Mots-clés : Jatropha curcas, tourteau, compostage, amendement organique*

## 1. INTRODUCTION

La région d'Alaotra possède un énorme potentiel de production d'huile de *Jatropha* pour produire des savons, des bougies d'éclairage ou du biocarburant pour les motoculteurs (Henning, 2009; Rahariseheno, 2015). La production d'huile génère beaucoup de tourteau impropre à la consommation humaine et animale de l'ordre de 70 % du poids de graines. En effet, ils contiennent des produits toxiques pour la santé. Ces tourteaux qui sont des déchets devraient être traités pour éviter de polluer l'environnement. Parmi les valorisations possibles, le compostage prend une place importante (Amsallem and Treboux, 2014; Treboux, 2013, 2012). L'objectif de cette étude est alors de valoriser le tourteau de *Jatropha curcas* dans la région d'Alaotra en amendement organique par voie de compostage pour fertiliser le sol.

## 2. MATERIELS

### 2.1. Le *Jatropha curcas*

Les graines de *Jatropha* ont été collectées près du lac Alaotra dans la région Alaotra-Mangoro en 2009. Elles sont ensuite triées pour enlever les corps étrangers comme les cailloux, les fruits non décortiqués ou pourris et ensuite elles sont séchées au soleil à l'air libre ou artificiellement dans un grand récipient à feu doux. Les graines sont ensuite pressées à l'aide d'une presse Bielenberg (Figure 1) et le tourteau obtenu est utilisé dans le cadre de cette étude.

### 2.2. Activateur de compostage

L'activateur de compostage est composé d'eau, de bouse de bovin fraîche, de son de riz et de sucre.

### 2.3. Autres additifs

Les additifs permettent de corriger la composition de la matière première initiale en apportant les éléments indispensables pour avoir un bon compostage (CITE, 1996; Inckel et al., 1997; Patrice, 2009)  
Les additifs utilisés sont du fumier de bovin, de la paille de riz et du terreau.



Figure 1 : Presse Bielenberg (Miyuki Iiyama et al., 2014)

### 3. METHODES

#### 3.1. Technique de compostage

Le compostage aérobie a été choisi dans le cadre de cette étude. En effet, sa mise en œuvre ne nécessite que peu de matériel et le procédé est adapté dans le milieu rural de Madagascar en particulier dans la zone d'Alaotra où les graines de *Jatropha* sont récoltées. En plus, le compostage aérobie permet d'éliminer les risques de phytotoxicité des tourteaux (DeVleeschauwer et al., 1982 ; Sharma et al., 2009).

Trois tas de composition bien définie d'environ de 100 kg de matières premières sont réalisés au cours de l'expérimentation. Le lieu de compostage est situé sous un arbre pour avoir un ombrage adéquat. L'humidification des tas se fait à l'aide d'un arrosoir et le brassage avec d'une fourche ou une bêche. Les tas sont ensuite couverts avec une toile en plastique.

Durant l'opération, chaque tas est contrôlé et entretenu. Son humidité est vérifiée et ajustée régulièrement. Elle doit être au environ de 50 % (Haug, 1993). Le tas est aussi retourné ou brassé pour activer le développement des micro-organismes et pour aérer les matières premières. La température est aussi mesurée pour assurer la bonne marche du compostage. La rectification de la température et de l'humidité est toujours accompagnée d'un retournement du tas.

La fin du compostage se manifeste par une odeur caractéristique et une diminution de la température au voisinage de la température ambiante.

Afin d'avoir les valeurs approximatives de l'humidité et de la température en temps réel au cours du compostage, une méthode a été vérifiée. Cette méthode consiste à presser une poignée de compost dans la main et noter les constatations :

- Si des gouttes d'eau sortent entre les doigts, ceci indique un taux d'humidité élevé.
- Si on constate une masse humide, compacte avec des perles d'eau qui ne coule pas, l'humidité est au alentour de 50 %.
- Si la masse obtenue est sèche, non compact, le taux d'humidité est insuffisant. (Patrice, 2009)
- Concernant le test manuel de la température, la méthode est à peu près le même que celle de l'humidité mais au lieu de prendre une poignée de compost, on enfonce directement la main dans le tas et on note le temps de séjour supporté par la main.

Il est à noter que ces tests manuels sont très importants sur le plan pratique. En effet, il est toujours difficile de se procurer de matériels de mesure en milieu rural. En plus l'utilisation de ces appareils de mesure nécessite un certain niveau d'étude.

#### 3.2. Détermination de la composition initiale du mélange à composter

La composition du mélange à composter se base sur le ratio carbone – azote (C/N). Ce paramètre conditionne un bon compostage. Pour une valeur de C/N (Haug, 1993) :

- inférieur à 15, le tas conduit facilement à une perte d'azote par minéralisation pendant le compostage,
- entre 15 et 30, c'est la condition adéquate pour le compostage,
- C/N trop élevé conduit à un compostage difficile pouvant durer plus de 6 mois comme dans le cas du compostage des copeaux de bois.

Le rapport C/N se calcule à partir de la teneur en carbone et la teneur en azote pour un mélange à composter donné.

### 3.3. Mesure et analyse effectués au cours de l'opération

#### 3.3.1. Étalonnage du test manuel de la température et de l'humidité

L'étalonnage du test manuel de la température et de l'humidité consiste à effectuer plusieurs expérimentations et mesurer directement l'humidité et la température des échantillons en utilisant un thermomètre, une balance analytique et une étuve. Il est à noter que les valeurs obtenues varient d'un opérateur à l'autre mais l'opération de compostage se fait dans une fourchette de température donc la précision de ces mesures s'étend sur un large d'intervalle.

#### 3.3.2. La teneur en huile résiduelle dans le tourteau

L'huile résiduelle contenue dans le tourteau est extrait avec l'hexane, à l'aide d'un Soxhlet suivie d'une évaporation sous vide du solvant.

#### 3.3.3. Analyse des éléments minéraux

Les méthodes d'analyse des minéraux contenus dans la matière première et dans le produit fini sont présentées sur le Tableau 1.

*Tableau 1 : Méthode d'analyse des minéraux*

Élément minéraux	Méthode d'analyse
Azote (N)	Méthode de Kjeldahl
Phosphore (P)	Spectrophotométrie en utilisant le molybdate d'ammonium comme complexant
Potassium (K)	Spectrophotométrie de flamme
Sodium (Na)	Spectrophotométrie de flamme
Calcium (Ca)	Spectrométrie d'absorption atomique
Magnésium (Mg)	Spectrométrie d'absorption atomique
Carbone organique (C)	Oxydation par excès de bichromate de potassium en milieu acide et suivie d'un dosage par sulfate ferreux.

#### 3.3.4. Analyses microbiologiques

L'analyse microbiologique est basée sur les techniques d'isolement, d'identification et de dénombrement. Trois micro-organismes sont analysés sur le compost produit suivant les normes ISO : Escherichia coli (ISO 16649-2), Salmonelles (ISO 6579), Listeria (NF EN ISO 11290-2).

## 4. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

### 4.1. Résultat du pressage des graines de *Jatropha*

Les résultats obtenus lors du pressage des graines avec la presse BIELENBERG (Figure 1) sont présentés sur le Tableau 2 :

Tableau 2 : Quantité d'huile de et du tourteau de *Jatropha* après pressage des graines

	Graine de <i>Jatropha</i>	Huile brute	Tourteau récupéré
Quantité	200 kg	40 L	150 kg

Ces résultats montrent que 75 % des graines initiaux deviennent tourteau. Ce résultat est conforme aux études précédentes (Rahariseheno, 2015).

Pour avoir ce rendement, il faut bien régler la presse au niveau de la contre pointe, sinon le taux d'huile résiduelle dans le tourteau devient important.

#### 4.2. Analyses du tourteau de *Jatropha curcas*

Le résultat des analyses du tourteau de *Jatropha curcas* obtenu est mentionné dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Les résultats des analyses physico-chimiques du tourteau de *Jatropha curcas*

PARAMETRE	Valeur	Norme NF U 42-001/A10
N (%)	5,2	N ≥ 3 % ou P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ≥ 3 % ou K <sub>2</sub> O ≥ 3 % ou N + P + K ≥ 7%
P (%)	1,2	
K (%)	2,0	
Ca (%)	0,7	
Mg (%)	1,1	
C (%)	48,5	
Matières organiques (%)	82,4	
C/N	9,3	
pH	5,8	
Teneur en huile (%)	10,5	

Ces résultats montrent que la teneur en azote est de 5.2% qui est supérieure à 3% ainsi que la somme des teneurs en azote, en phosphore et en potassium est de 8.4% encore au dessus de 7%, valeurs exigées par la norme NF U 42-001/A10 qui définit la dénomination d'un engrais organique.

Ces valeurs montrent bien que le tourteau de *Jatropha curcas* est un engrais organique complet répondant aux normes en vigueur. Cependant, le compostage du tourteau est nécessaire afin de dégrader l'huile résiduelle ainsi que les substances toxiques contenues dans le tourteau.

Par contre, le ratio C/N du tourteau analysé, égal à 9,3 est largement inférieur à la valeur exigée pour avoir un bon compostage qui doit être entre 15 et 30. Il est alors indispensable de corriger cette valeur en ajoutant d'autres matières végétales riches en carbone. Plusieurs types de végétaux peuvent être utilisés comme la tige de maïs, la paille de riz, des copeaux de bois (CITE, 1996; Haug, 1993; Patrice T, 2009; Solomon, 2015). La paille de riz est choisie pour réaliser la correction. En effet, elle est abondante dans la région d'Alaotra et elle assure une bonne aération du tas à cause de sa structure.

Le pH du tourteau est faiblement acide. Cette valeur est idéale pour favoriser l'activité des micro-organismes du compost.

#### 4.3. Détermination de la composition du mélange à composter

L'étude consiste à déterminer la quantité de paille de riz à apporter dans un mélange connu de tourteau et de fumier, pour obtenir le rapport C/N adéquat et une bonne structure du tas. Trois tas, composés chacun de tourteau de *Jatropha curcas*, de fumier et de paille de riz sont réalisés. La composition initiale de chaque tas ainsi que les valeurs du C/N est présenté dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Résultat du ratio C/N suivant la composition en poids de matières à composter

Composition	Tourteau en kg	Fumier en kg	Paille de riz en kg	C en %	N en %	C/N (15 à 30)	Structure du tas
Tas N°1	50	40	2.8	59.4	3.3	18	Risque de compactage

Tas N°2	50	40	4.2	69.6	2.9	24	Bonne structure
Tas N°3	50	40	5.6	80.6	2.6	31	Volume de paille excessif

Pour le tas N°1, la valeur de C/N égale à 18 est convenable au compostage. Par contre sa structure est plus compacte et entraîne l'insuffisance de l'oxygène nécessaire à la respiration des micro-organismes.

Pour le tas N°2, la valeur du C/N est égale à 24 et la structure du tas est jugé adéquate pour avoir un bon compostage.

Pour le tas N°3, le volume de la paille est trop excessif il y aura des risques que les nutriments soient inaccessibles aux micro-organismes.

#### 4.4. Relation entre la température ressentie par la main de l'opérateur et la température réelle du tas.

Des expériences ont été effectuées pour étalonner la correspondance entre la température à l'intérieur du tas et la durée pendant laquelle la main peut supporter. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 5.

Tableau 5: Correspondance entre la température et la durée supportée par la main dans le compost.

Températures à l'intérieur du compost (après plusieurs jours)		70°C	65°C	60°C	55°C	50°C	40°C
Durée supportée par la main dans le compost	Opérateur N°1	1.1 s	1.9 s	2.8 s	5.4	10.1 s	illimitée
	Opérateur N°2	0.7 s	2.1s	2.3 s	4.8	7.9 s	illimitée
	Durée de séjour moyenne	0.9 s	2 s	2.5 s	5.1 s	9 s	illimitée

A partir de ces valeurs on peut conclure que la température à l'intérieur du tas que la main peut supporter pendant 2 à 9 s correspond aux températures entre 65°C à 50°C. Dans cette plage de température, les microbes pathogènes comme les salmonelles sont détruits ainsi que les graines des mauvaises herbes d'où l'importance de cette phase.

Une température au-delà de 70°C n'est pas supportable par la main même pendant une seconde. Dans ce cas le retournement et l'étalement du tas dans l'immédiat sont indispensables pour abaisser cette élévation de la température qui risque de tuer les micro-organismes décomposeurs.

La température aux alentours de 40°C est favorable à la maturation du compost, et est supportable par la main.

#### 4.5. Vérification au laboratoire du taux d'humidité convenable selon le test manuel

Le résultat de la vérification du test d'humidité manuel au laboratoire est présenté sur le Tableau 6 suivant :

Tableau 6 : Résultat de mesure d'humidité par test manuel au laboratoire

LOT	Taux d'humidité (%)	Taux d'humidité moyenne (%)
N°1	52.3	51.1
N°2	49.5	
N°3	51.7	
N°4	51.1	

Ce résultat montre que le test manuel de l'humidité est valable pour suivre l'évolution de la teneur en eau en temps réel au cours du compostage.

#### 4.6. Résultats des contrôles de la température et de l'humidité dans le tas durant le compostage

Le suivi de la température durant le compostage permet d'assurer l'évolution de la décomposition des matières organiques ainsi que la vérification régulière du taux d'humidité aux environs de 50% pour favoriser le développement et les activités des micro-organismes. Le Tableau 7 montre les fourchettes de températures obtenues.

Tableau 7 : Fourchette de températures lors des études de compostage à base de tourteau de *Jatropha curcas*

	Fourchette de températures du tas (°C)	Humidité dans le compost	Entretien du tas
1 <sup>er</sup> jour	19	convenable	aucun
3 <sup>ème</sup> jours	50 à 55	convenable	aucun
7 <sup>ème</sup> jours	60 à 65	sec	Brassage et humidification
10 <sup>ème</sup> jours	64 à 67	convenable	aucun
15 <sup>ème</sup> jours	64 à 70	sec	brassage et humidification
30 <sup>ème</sup> jours	57 à 60	convenable	brassage
45 <sup>ème</sup> jours	45 à 49	sec	brassage et humidification
60 <sup>ème</sup> jours	44 à 47	convenable	brassage systématique
75 <sup>ème</sup> jours	40 à 45	convenable	brassage systématique
90 <sup>ème</sup> jours	38 à 43	sec	brassage et humidification
105 <sup>ème</sup> jours	30 à 35	convenable	brassage
120 <sup>ème</sup> jours	23 à 27		fin du compostage

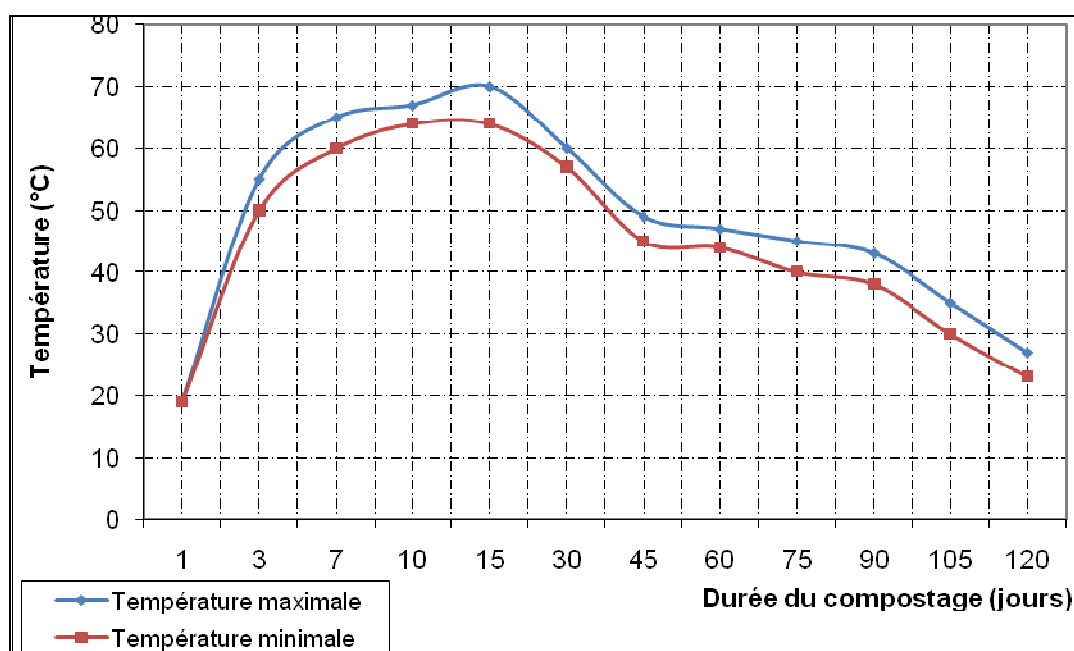


Figure 2 : Fourchette de températures lors des études de compostage à base de tourteau de *Jatropha curcas*

Les courbes de température en fonction du temps représentées en Figure 2 permettent de suivre l'évolution du compostage. La phase active se situe entre 7 jours jusqu'à un mois. L'activité maximale se trouve après 15 jours. Cette phase correspond à la phase thermophile. Cette montée de température indique le bon déroulement de compostage, les conditions à l'intérieur du tas sont favorable au développement des micro-organismes décomposeurs à cause des nutriments apportés par les matières organiques, de l'eau et de l'oxygène pour leur respiration.

Il est à noter qu'il faut éviter la montée de la température au-delà de 70°C. Dans ce cas, il faut refroidir le tas en enlevant sa couverture et en le brassant. Les brassages systématiques rétablissent l'aération dans le tas pour la respiration des micro-organismes et favorisent ainsi leurs activités et leurs développements.

Après 45 jours, la température décroît aux alentours de 45°C, cette température correspond à la phase mésophile des micro-organismes contenus dans le tas et où les champignons microscopiques continuent à leur tour la décomposition aérobie.

A partir de 60<sup>e</sup> jours, la température descend de 40°C vers la température ambiante. Cette 3<sup>ème</sup> phase correspond à la phase de maturation.

Au bout de 120 jours de compostage, on peut utiliser le produit ou le stocker pour continuer la maturation.

#### 4.7. Résultats des analyses du compost produit

##### 4.7.1. Teneur en huile résiduelle dans le compost

Le compost contient en moyenne 1% d'huile alors que le tourteau brut contient encore 10.5 % d'huile. Ce qui montre que le compostage est une méthode efficace pour dégrader l'huile ainsi que les esters de phorbol généralement lipophiles qui y sont associés en tant que diterpènes. On peut même avancer que ce résidu d'huile dans le compost peut jouer un rôle de pesticide dans le sol. En effet, au cours de l'expérimentation du compost sur la culture du riz pluvial à Ambatolampy, on a observé une réduction ou même l'absence des attaques des insectes nuisibles notamment l'*Agrotis sp* ou appelé localement « *Renibepangaraka* »

##### 4.7.2 Analyses physico-chimiques du compost à base de tourteau de *Jatropha curcas*

Le résultat d'analyse (Tableau 8) montre que la teneur azote de 1.7% et la somme des teneurs en azote, en phosphore et en potassium égale à 3.8% répondent la norme NF U 44-051. Le compost à base de tourteau de *Jatropha* est classé ainsi dans la rubrique des amendements organiques. Aussi la valeur de C/N égale à 13.4 indique que cet amendement organique pourrait fournir progressivement de l'azote minéral, élément fertilisant majeur, indispensable à la plante au cours de son cycle cultural.

Tableau 8: Résultats des analyses physico-chimiques de compost à base de tourteau de *Jatropha curcas*

Paramètres	Valeur	Norme NF U 44-051
N (%)	1.7	N < 3 % et P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> < 3% et K <sub>2</sub> O < 3% et N+ P + K < 7% Avec MO ≥ 20%
P (%)	0.8	
K (%)	1.3	
Ca (%)	0.3	
Mg (%)	0.7	
C (%)	20.1	
Matière organique en (%)	34.1	
C/N	13.4	
pH	7.8	

La présence de 34% de matières organiques dans le compost à base de tourteau de *Jatropha curcas* contribue à l'amendement du sol améliorant ainsi sa fertilité.

##### 4.7.3 Analyses bactériologiques du compost produit

Le compost, comme toutes autres matières organiques, renferment des bactéries. Les résultats des analyses bactériologiques montre (Tableau 9), l'absence de bactéries pathogènes notamment les salmonelles et la listeria. Ceci confirme l'efficacité de la méthode de compostage utilisée dans cette étude.

Cependant la présence d'*Escherichia coli* indicateur de traitement renforce encore la valeur de la méthode de compostage à base de tourteau de *Jatropha curcas*. En conclusion, de résultat microbiologique, le compost produit est conforme aux normes NF U 44-051.

Tableau 9 : Résultats des analyses bactériologiques du compost produit à base de tourteau de *Jatropha curcas*

Recherche et dénombrement	Compost à base de tourteau de <i>Jatropha curcas</i>	Norme NF U 44-051

<i>Escherichia coli</i>	0.5 10 <sup>2</sup> ufc/g	< 10 <sup>2</sup> ufc/g
Salmonelles	Absence	absence
Listeria	Absence	-

## 5. CONCLUSION

D'après cette étude, nous avons pu traiter et valoriser le déchet issu du pressage de graines de *Jatropha curcas* appelé « tourteau » en compost. Le compost obtenu est conforme à la norme NF U 44-051 correspondant aux amendements organiques. Le compost obtenu peut être ainsi utilisé sans problème comme amendement organique du sol en plus de sa propriété fertilisante et aussi pesticide à cause de l'huile résiduelle de 1 %. Une application sur terrain de ce compost sur différentes cultures vivrières et un transfert de technologie au niveau de la coopérative de la région d'Alaotra Mangoro révèle indispensable pour la suite et la confirmation de cette étude.

## BIBLIOGRAPHIE

### Articles dans des revues

Sharma, D.K., Pandey A.K., Lataa, 2009, Use of *Jatropha curcas* hull biomass for bioactive compost production. Biomass And Bioenergy 33, 159-162

### Ouvrages, livres/chapitres dans des livres

- M. Inckel, P. de Smet, T. Tersmette, 1997. Fabrication et utilisation du compost. Agromisa Foundation.
- Miyuki Iiyama, Steven Franzel, Navin Sharma, Violet Mogaka, Jeremias Mowo, Ramni Jamnadass, 2014. Retrospective: bottlenecks to *Jatropha curcas* bioenergy value-chain development in Africa – a Kenyan case. Knowl. Dev.
- Patrice T, 2009. Ny fitaovana voalohany amin'ny fambolena (zezika organika), Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche. ed. Antananarivo, Madagascar.
- Rahariseheno I., 2015. Contribution à la valorisation de l'huile de *Jatropha* en carburant pour la mécanisation agricole et l'électrification. Bull. L'Académie Malgache XCV.

### Webographie

- Amsallem I, Treboux M., 2014. Tourteau de *Jatropha*: Perspectives et contraintes pour la valorisation. <http://www.jatroref.org/> (consulté le 02/05/2014)
- CITE, 1996. Compost et déchets domestiques. CITE, Antananarivo, Madagascar.
- DeVleeschauwer, D., Verdonck, O., Assche, P. van, 1982. Phytotoxicity of refuse compost [from Ghent, Belgium]. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US8248706> (consulté le 03/04/2015)
- Haug, R.T., 1993. The Practical Handbook of Compost Engineering. CRC Press. Londres.
- Henning, 2009. The *Jatropha* System. An integrated approach of rural development. <http://jatropha.org.za/Knowledge/Base/Files/TheJatrophaBook2009.pdf> (consulté le 03/04/2015)
- Solomon, S., 2015. Organic Gardener's Composting. CreateSpace Independent Publishing Platform, USA.
- Treboux M., 2013. Revue bibliographique sur le tourteau de *Jatropha*: caractéristiques et valorisation envisageable, <http://www.jatroref.org/> (consulté le 01/06/2014)
- Treboux M., 2012. Le tourteau de *Jatropha*, quelles pistes pour sa valorisation. <http://www.jatroref.org/> (consulté le 01/06/2014)