





OPTIMISATION D'UNE UNITE INDUSTRIELLE D'EXTRACTION D'HUILE DE JATROPHA ET TOURNESOL: CAS DE JMI A KITA (MALI)

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER SPECIALISE EN GENIE ELECTRIQUE ET ENRGIES RENOUVELABLES

OPTION: ENERGIES RENOUVELABLES

Présenté et soutenu publiquement le 26 Septembre 2011 par

Naba Sekou KEITA

Travaux dirigés par : Joël BLIN

Enseignant-Chercheur, UTER, LBEB

UTER, LBEB

François GIRAUDY

Ingénieur agronome, Eco-carbone, JMI

William FOTSEU NOUMOYE Master spécialisé, LBEB

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Sayon SIDIBE Membres et correcteurs : Optimisation du processus industriel de transformation des grains de jatropha et de tournesol

DEDICACE

Je dédis ce rapport à ma famille et mon fiancé

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier :

- DIEU de m'avoir donné durant toute ma carrière scolaire la santé, le courage et la persévérance.
- le président du jury ----- d'avoir accepté de présider ma soutenance.
- Dr Joël BLIN de m'avoir fait l'honneur de diriger ces travaux.
- Mr François GIRAUGY et Mr Chiacka BERTHE pour leur conseil et encouragement durant ces travaux.
- -Mr Arnaud CHAPUIS les corrections de ce rapport.
- Dr Amadou OUANE à l'ENI- ABT pour sa disponibilité,
- -Mr Famakan CISSE pour mon inscription à l'école,
- Ma famille pour leur soutient tout au long de ces difficiles années, m'encourageant lorsque j'en avais besoin, et en m'aidant de toutes leurs forces.
- Mon encadreur Mr William FOTSEU pour ses remarques, conseils et sa disponibilité,
- Un grand merci à tous les professeurs de 2IE particulièrement ceux du département Génie- électricité énergétique et énergie renouvelable pour leur disponibilité et la qualité de leur enseignement,
- mes frères maliens, particulièrement Dr sayon SIDIBE pour ses conseils et la documentation
- Je remercie infiniment tous les personnels de JMI, particulièrement mon camarade Johann PLESSIX pour les conseils et le moment qu'on a passé ensemble Merci également à mes camarades de classe, à mes amis : Buya KOYATE, Mariam BAGAYOKO, Sira MAGASSA, Mariam COUMARE, ma famille, mes nièces Mariam Konta, Mariam TOGO, chéri Simplice, DABO, SANA pour leur amour, soutien moral et matériel.

Je ne peux pas finir sans remercier mon chéri Diamé SIGNATE pour son encouragement et sa patience

RESUME

Dans un contexte de développement des énergies renouvelables et de recherche d'autonomie énergétique, le Mali fait la promotion de l'huile de Jatropha comme biocarburant. La société Jatropha Mali Initiative (JMI) a mis en place une unité de transformation industrielle: production des Huiles Végétales Pures (HVP) de Jatropha et d'huile alimentaire de tournesol pour une utilisation locale. Cette société JMI veut mieux comprendre le processus de production d'huile, afin d'apporter une amélioration. L'usine de production consomme du gazole pour ses besoins de fonctionnement. Il ressort de ce travail un rendement d'huile brute de 25 et 36% respectivement pour la production d'huile de jatropha et de tournesol. Aussi les coûts de production par litre

Mots clés: HVP Jatropha, presse, amélioration, JMI, bilan.

d'huile sont 677 et 479 FCFA pour le tournesol et le jatropha respectivement.

ABSTRACT

In a context of renewable energy development and research of energy independence, Mali is promoting Jatropha oil. The company Jatropha Mali Initiative (JMI) has set up a processing industry: production of pure vegetable oils (PVO) of Jatropha and sunflower cooking oil for local use. This JMI company to better understands the process of oil production, to bring an improvement. The factory uses diesel fuel for its operating needs. This work shows that the brut oil production's rate is respectively 25 and 36% for Jatropha and sunflower. Also, the oil production's cost per liter is 677 and 479 FCFA respectively.

Key words: PVO of Jatropha, press, improvement, JMI, result.

LISTE DES ABREVIATIONS

HVP: huile végétale pure

MBU20: presse Mécanique Moderne

6YL-80: presse chinoise

E: énergie

m: masse

PCI: pouvoir calorifique inférieur

SOMMAIRE:

I. Introduction:	1
II. Objectif	2
III. Matériels et Méthodes	3
III.1. Processus de transformation	3
III.1.1. Opération préliminaire (qualité des graines)	4
III.1.2. Trituration	5
III.1.3. Filtration	5
III.1.4. Stockage	6
III.2.Matériels	6
III.2.1.Une balance	6
III.2.2.Un multimètre	6
III.2.3.Un compteur	7
III.2.4.Les récipients gradués	7
III.3.Méthodes	8
IV. Résultats	10
IV-1. Résultat pour le <i>Jatropha curcas L.</i>	10
IV-1.1. Bilan de masse	10
IV-1.2. Bilan d'énergie	16
V-1.3. Bilan économique	17
IV-2. Résultat pour le tournesol	20
IV.2.1. Bilan de masse	20
IV-2.2. Bilan d'énergie	23
IV-2.3. Bilan économique	24
V. Interprétation	26
VI. Conclusion	29
VII. Recommandations	31
VIII. Bibliographie:	33
IX Annexes	34

LISTE DES TABLEAUX

Tableau1 : caractéristique de matériel utilisé	7
Tableau2 : la quantité de graine traitée au nettoyeur.	. 10
Tableau3 : la quantité de matière entrante et sortante de la presse MBU20	. 10
Tableau4: la quantité d'huile et ses coproduits entrante et sortante du filtre	. 11
Tableau5: le récapitulatif du bilan de masse au niveau de la presse MBU20	. 11
Tableau6: la quantité de matière à l'entrée et sortie de la presse chinoise	. 12
Tableau7: la quantité d'huile et sédiment issue du filtre	. 12
Tableau8: le récapitulatif du bilan de masse au niveau de la presse chinoise	. 13
Tableau9: la quantité de matière entrante et sortante (capsule)	. 14
Tableau10:la quantité d'huile et sédiment issue du filtre	. 14
Tableau11: le récapitulatif du bilan de masse des capsules au niveau de la presse chinoise	. 15
Tableau 12: consommation en carburant du nettoyeur séparateur et la MBU20	. 16
Tableau 13: la consommation globale de la presse 6YL-80, filtre et granuleuse	. 16
Tableau 14: le recapitulatif du bilan économique de la presse Mécanique Moderne	. 18
Tableau 15: le recapitulatif du bilan économique des fruits	. 18
Tableau16: le recapitulatif du bilan économique des capsules	. 19
Tableau17: la quantité de graine avant et après le nettoyage	. 20
Tableau18: la quantité de matière entrante et sortante pour la presse MBU20	. 21
Tableau19: la quantité d'huiles et sédiment au niveau du filtre	. 21
Tableau20: le bilan globale du tournesol au niveau de la MBU20	. 22
Tableau21: la quantité de matière entrante et sortante de la presse chinoise	. 23
Tableau22: consommation de la MBU20 et du filtre	. 23
Tableau23: la consommation globale des machines (nettoyeur, presse, filtre et compresseur)	. 24
Tableau24: Le bilan économique globale au niveau de la MBU20	. 25

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Processus de transformation de graine de jatropha et de tournesol	3
Figure 2: la décortiqueuse, le nettoyeur, la presse MBU20, la presse 6YL-80, le filtre chinois, le	
ruits (source : J. PLESSIX).	4
Figure 3: le multimètre, le compteur, le bidon 5L, la balance, le seau gradué (0 à 100L) (source	
PLESSIX)	7
Figure 4: installation simple des machines	9
Figure 5: Schéma de production d'huile végétale	27

I. Introduction:

L'énergie est un facteur de développement important, qui devient de plus en plus rare et cher. Dans les pays en développement comme le Mali, la biomasse est la seule source énergétique véritablement nationale compte tenu de sa prédominance dans le bilan énergétique du pays (80%) (L'énergie solaire, qui présente un fort potentiel est encore assez peu exploitée).

Parmi les sources d'énergie locales possibles, le *Jatropha curcas L*. ou poughère présente un fort potentiel pour le Mali et est d'ailleurs inscrit à ce titre dans la "stratégie nationale pour le développement des biocarburants".

La société Jatropha Mali Initiative (JMI) s'est engagée dans cette voie de valorisation de biocarburant (huile végétale pure) en mettant en place une usine de production d'huile de *Jatropha curcas L*. et tournesol à partir des graines qu'elle achète à des paysans sous contrat.

Le processus industriel de production d'huile de jatropha n'est pas encore complètement abouti et doit être optimisé. L'activité de trituration a commencé depuis deux (2) ans avec les presses chinoises auxquelles s'est ajoutée une année après la presse *Mécanique Moderne*. Avant ce travail, aucune mesure poussée n'avait été faite sur ces machines. Concernant la production d'huile de tournesol, JMI en est à sa première expérience et cette huile est destinée à l'alimentation.

C'est dans ce cadre que ce stage a été décidé afin de mieux connaître le processus du point de vue masse, énergie et économie en proposant des mesures d'améliorations. Ce présent travail s'articulera sur quatre grands points :

- Présentation du dispositif industriel ;
- Bilan masse ;
- Bilan énergie ;
- Bilan économique

Et se conclura par des recommandations qui doivent permettent d'améliorer le processus industriel de production d'huile au sein de JMI.

II. Objectif

L'objectif principal est mieux comprendre les processus industriels de production d'huile pour les optimiser.

Il s'agit de mener les bilans à trois niveaux:

- Masse;
- Energie;
- Economie.

Afin d'assurer un bon compromis entre la qualité, le rendement et le coût de production des huiles.

III. Matériels et Méthodes

III.1. Processus de transformation

Les différentes étapes de transformation de graine sont les suivantes :

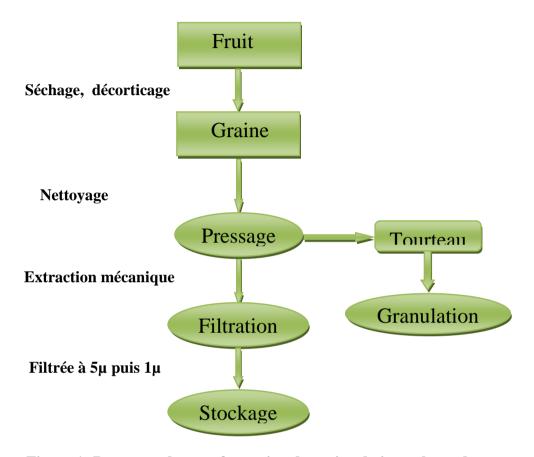


Figure 1: Processus de transformation de graine de jatropha et de tournesol

L'unité industrielle de production comprend trois presses à vis à barreau de marque différente (la presse MBU20 et les deux presses chinoises), un filtre à plaque, un filtre à poche muni d'un filtre de sécurité à la sortie, une granuleuse et une éclateuse. Ces équipements sont alimentés par un groupe électrogène de puissance 38,7kW. La décortiqueuse est entrainée par un moteur diesel.

Les presses

Il y a deux modèles de presses, qui sont respectivement une presse à vis à barreau d'une capacité de 100 kg de graines à heure, entrainé par un moteur électrique de 7,5 kW et une presse à vis à barreau (anneau) de capacité 80 à 100 kg de graines à heure de puissance électrique 5,5 kW. Ces presses fonctionnent normalement environ 8 heures sans interruption et elles ne s'utilisent pas souvent ensemble à cause du manque de la main d'œuvre. Durant ce stage, le filtre à poche n'a été utilisé.

Les caractéristiques techniques et l'investissement des presses et les autres machines sont présentés dans le tableau de la partie "annexe".



Figure 2: la décortiqueuse, le nettoyeur, la presse MBU20, la presse 6YL-80, le filtre chinois, les fruits (source : J. PLESSIX).

L'un des objectifs de l'amélioration du processus de production vise à atteindre la qualité des produits, ceci nous amène au contrôle qualité des matières premières.

Une fois la réception des fruits, ils suivent les étapes suivantes :

III.1.1. Opération préliminaire (qualité des graines)

Avant la trituration proprement dite les fruits doivent être décortiqués.

Jatropha curcas L.:

Les fruits de jatropha secs passent dans une décortiqueuse d'arachide entrainée par un moteur diesel, adaptée aux fruits de Jatropha. Les graines sortent d'un côté, les capsules et la poussière sont soufflées de l'autre.

Les graines décortiquées sont amenées au nettoyage (nettoyeur séparateur), où la poussière est aspirée par un aspirateur. Les graines nettoyées sortent, séparées des impuretés (sable, cailloux et un peu de capsule) et sont récupérées dans une bassine. La trémie du nettoyeur est munie d'une plaque en aimant qui permet de retenir les éventuels débris métalliques pour ne pas abimer la presse.

Tournesol:

Les graines de tournesol décortiquées arrivent dans l'unité industrielle. Elle devrait passer aussi au nettoyeur, mais celui-ci ne dispose pas d'un tamis adapté. Au début de la production les graines étaient soufflées (suppression des tamis), il y avait la présence de nombreux cailloux. Une adaptation a alors été réalisée par le changement des tamis en grillage.

Et ensuite le taux d'humidité des graines (jatropha, tournesol) est contrôlé à travers un humidimètre : elle doit être comprise entre 4 et 7%. Cette condition est importante pour le stockage et un taux d'extraction optimal de l'huile.

Le reste du processus de transformation des graines de *Jatropha curcas L*. ne diffère pas de celle des graines de tournesol.

III.1.2. Trituration

Premier pressage:

Le biocarburant est obtenu par simple pressage à froid à partir de la presse MBU20. Les fruits sont triturés avec les deux presses 6YL-80 pour donner de l'huile destinée au savon.

Deuxième pressage:

Les capsules et les sédiments issus de la filtration sont mélangés pour un deuxième pressage sur les presses 6YL-80. Cette production permet d'avoir une quantité importante de tourteau.

Les presses à huile fonctionnent selon un processus continu (les graines sont pressées au fur et à mesure qu'elles sont poussées vers le fond d'un tube fixe). Les graines sont écrasées entre la vis et le cylindre de la presse. L'huile s'évacue par les intervalles des anneaux circulaires, le tourteau en bout de presse sous forme d'écaille et ils sont récupérés dans des sacs.

III.1.3. Filtration

C'est une étape indispensable pour purifier l'huile. Le principe du filtre à plaque est d'envoyer une huile chargée en sédiment sous pression contre les toiles filtrantes. Afin d'éviter un colmatage trop rapide du filtre, les diamètres des pores du tissu est supérieur à celui des particules à retenir. Voilà pourquoi au début du processus de filtration les

particules ne sont pas retenues. Le recyclage d'huile permet la formation d'un gâteau de filtration entre les plaques. Le gâteau sert le support de filtration, c'est pourquoi il n'y a pas une décantation préalable. Ce type de filtration permet d'avoir des gâteaux moins gras, ils sont séchés par un air comprimé. Un compresseur permet d'extraire le résidu d'huile présent dans les gâteaux de filtration.

Pour le biocarburant, l'huile issue du filtre à plaque subit une autre filtration dans un filtre à poche. Elle est filtrée à 5μ, puis à 1μ (filtration de sécurité).

III.1.4. Stockage

Stockage d'huile:

L'huile est conditionnée à l'abri de la lumière, dans des fûts noirs en plastique hermétiquement fermés. En phase commercial, l'huile est dans des bidons de 20L

Stockage de tourteaux :

Les tourteaux mélangés à un peu d'eau sont granulés. Avant granulation les tourteaux épais passent dans l'éclateur pour mieux les préparer. Ils seront étalés sous le soleil pendant 24h et ensuite conditionnés dans des sacs. Le tourteau de jatropha est utilisé comme fertilisant et celui du tournesol est destiné à l'aliment bétail.

III.2.Matériels

Les principaux équipements de mesure utilisés sont les suivants :

III.2.1.Une balance

Elle est utilisée pour peser les capsules et les graines à la sortie de la décortiqueuse. Elle sert à peser aussi les graines nettoyées, les impuretés, les tourteaux et les sédiments.

Au début du stage, une vérification convergente (l'huile a été pesée) a été faite entre le poids et le volume. Ce qui implique l'utilisation du volume et de la densité des huiles.

0,920 pour le *Jatropha curcas L*. et 0,925 pour le tournesol.

III.2.2.Un multimètre

Le multimètre a été utilisé pour mesurer les courants de phase de l'alternateur et au niveau de chaque appareil. Cela permet de calculer l'énergie consommée dans le

processus de transformation de graine de *Jatropha curcas L*. En effet tous les appareils fonctionnent ensemble.

III.2.3.Un compteur

Le compteur électrique est utilisé pour mesurer la consommation d'énergie des équipements dans le processus de production d'huile de tournesol. Ici les machines fonctionnent une à une, afin de connaître la consommation pour chaque machine et après un fonctionnement de l'ensemble des machines pour la consommation globale.

III.2.4.Les récipients gradués

L'huile pressée et filtrée est mesurée avec des seaux gradués (de 0 à 100 L), des fûts gradués. Une bouteille graduée de 5L sert à mesurer le gazole.



Figure 3: le multimètre, le compteur, le bidon 5L, la balance, le seau gradué (0 à 100L) (source : J. PLESSIX)

Tableau1 : caractéristique de matériel utilisé

Balance	Multimètre	Compteur électrique	
0- 100kg	20mA-20A	60A- 380V	

III.3.Méthodes

Pour faire les bilans, le processus de production a été analysé tout en prenant en compte l'ensemble des appareils de transformation de graine en huile consommant de l'énergie.

La méthodologie adoptée se présente comme suit :

- faire un schéma simple de l'huilerie où figurent toutes les machines et les étapes ;
- dresser un tableau de données de toutes les machines :
 - o Caractéristiques des machines ;
 - o Investissement.
- Faire des mesures de masse et d'énergie.

Le bilan de masse concerne la quantité de graine introduite dans la presse et les quantités de matière obtenues en sortie de la presse et du filtre. les mesures ont été faites à l'entrée et sortie de chaque machine.

Le bilan d'énergie est la quantité d'énergie utilisée pour la production d'huile.

Pour le bilan économique, certaines données de nos calculs sont des valeurs moyennées. Les prix des équipements sont regroupés ce qui dérange un peu le calcul des amortissements.

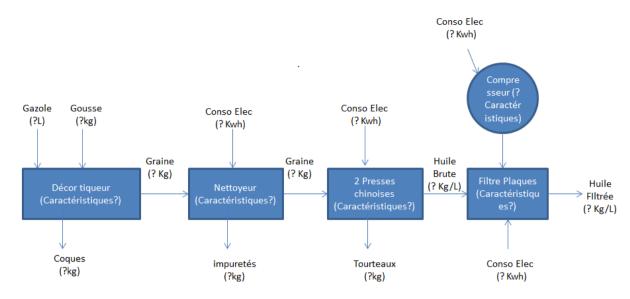


Figure 4: installation simple des machines

IV. Résultats

Pour comprendre les enjeux liés à l'amélioration du processus, nous avons établi des bilans de masse et d'énergie dont les résultats sont dans des tableaux au dessous.

IV-1. Résultat pour le *Jatropha curcas L*.

IV-1.1. Bilan de masse

Le bilan de masse des graines de *Jatropha curcas L*. au niveau du nettoyeur, de la presse Mécanique Moderne (MBU20) et du filtre est présenté dans les tableaux ci dessous :

Nettoyeur : les quantités de graine traitées avant et après nettoyage et son éventuel impureté se trouve dans le tableau ci-dessous :

Tableau2 : la quantité de graine traitée au nettoyeur.

Graine à nettoyer (kg)	graine nettoyée (kg)	Impureté (kg)	Impureté (%)
1400	1337	57	4
386	350	33	9
1786	1687	90	5

Presse : la quantité de graines triturée avec la presse Mécanique Moderne et les produits obtenus sont dans le tableau suivant :

Tableau3 : la quantité de matière entrante et sortante de la presse MBU20

Quantité graine (kg)	Quantité capsule (kg)	Volume d'huile (kg)	Tourteau (kg)
451	13	110,4	337
831		212	590
461	41	110,4	315

Filtre : la filtration de l'huile obtenue avec la presse mécanique moderne est illustrée dans le tableau ci-dessous :

Tableau4: la quantité d'huile et ses coproduits entrante et sortante du filtre

Huile à filtrer (kg)	Huile filtrée (kg)	Sédiment (kg)
110,4	86,9	22
212	166,5	42
110,4	83,7	26

Tableau5: le récapitulatif du bilan de masse au niveau de la presse MBU20

Graine (kg)	Huile pressée (L)	Tourtea u (kg)	Huile filtrée (L)	Sédiment (Kg)	Densité	Masse d'huile (kg)	rendement de trituration (%)	Masse graine pour 1L d'huile (kg)	Masse tourteau correspondan t à 1L d'huile (kg)	Graine non nettoyée	erreur (%)
1743	470	1242	366,5	90	0,92	432,4	25	4,76	3,58	5,03	2,55

Formules utilisées:

Masse d'huile pressée Volume huile pressée densité

 $Taux \ de \ trituration = masse \ _{huile \ press\'{e}e} \ /masse \ _{totale \ graine}$

Masse graine pour 1L d'huile=masse totale/Volume huile filtré

Masse tourteau correspondant à 1L d'huile = (1- taux de trituration) *masse graine 1Ld'huile.

Optimisation du processus industriel de transformation des grains de jatropha et de tournesol

Densité de l'huile de *Jatropha curcas L*.= 0,920

La presse 6YL-80:

L'une des caractéristiques de l'huile de jatropha triturée par une presse à vis est l'importante quantité de sédiment présent dans l'huile. L'absence de décortication préalable est un facteur qui permet de réduire le taux de sédiment [Prioriterre, août 2009 « Huile végétale pure- présentation »].

Les résultats sont dans le tableau ci-dessous :

Presse : les fruits triturés avec la presse chinoise et les produits sont dans le tableau ci-dessous :

Tableau6: la quantité de matière à l'entrée et sortie de la presse chinoise

Quantité graine (kg)	Quantité capsule (kg)	Volume d'huile (kg)	tourteau (kg)
290,6	5,5	78,2	210
244	9,5	73,6	162
351		87,4	233
200	41	64,4	159

Filtre: les mesures de la filtration d'huile issue de la presse chinoise, se trouvent dans le tableau suivant :

Tableau7: la quantité d'huile et sédiment issue du filtre

Optimisation du processus industriel de transformation des grains de jatropha et de tournesol

Volume d'huile pressé (kg)	Huile filtrée (kg)	Sédiment (kg)
78,2	63,9	15
73,6	60,2	14
87,4	71,3	20
64,4	52,4	14,8

Tableau8: le récapitulatif du bilan de masse au niveau de la presse chinoise

Graine (kg)	Huile pressée (L)	Tourteau (kg)	Huile filtrée (L)	Sédiment (Kg)	Densité	Masse d'huile (kg)	taux de trituration (%)	Masse graine pour 1L d'huile (kg)	Masse tourteau correspondant à 1L d'huile (kg)	Erreur (%)
1085,6	330	764	269,4	63,8	0,92	303,6	28	4,03	2,90	-1,07

Les formules utilisées sont les mêmes que précédemment (presse MBU2O).

Deuxième pressage : L'objectif de ce système de recyclage est d'avoir une quantité importante de tourteau. Il est fait avec la presse chinoise. Les résultats sont dans le tableau suivant :

Tableau9: la quantité de matière entrante et sortante (capsule)

Quantité capsule (kg)	Quantité sédiment mélangé (kg)	Volume d'huile (kg)	tourteau
122	83,5	21,2	181
200	136,6	36,8	287
360	253,8	52,4	543
150	63	16,6	206,6
35,5	33	5,5	17,5
228	136	38,6	326
63	56	15,5	97
140	63	17,5	180

Filtre: le résultat de la filtration d'huile obtenue du deuxième pressage, est illustré dans le tableau ci- dessous :

Tableau10:la quantité d'huile et sédiment issue du filtre

Volume d'huile pressé (kg)	Huile filtrée (kg)	Sédiment (kg)
21,2	16,6	5
36,8	27,6	9
52,4	38,6	13
16,6	13,3	4
5,5	4,4	1
38,6	31,2	10
15,5	12,6	4
17,5	13	4,4

Tableau11: le récapitulatif du bilan de masse des capsules au niveau de la presse chinoise

Sédim (kg)		Capsule kg)	Huile pressée (L)	Tourteau (kg)	Huile filtrée (L)	Sédiment (Kg)	Densité	Masse d'huile (kg)	Taux de trituration (%)	Masse sediment pour 1L d'huile (kg)	Masse tourteau correspondant à 1L d'huile (kg)	Masse capsule pour 1L d'huile (kg)	Erreur (%)
82	4,9 1	1298,5	222	1838,1	178,4	50,4	0,92	204,24	25	4,62	3,48	7,28	2,66

Les formules utilisés sont les mêmes que celles du bilan de masse avec presse MBU20.

IV-1.2. Bilan d'énergie

Le bilan est établi sur tous les équipements, qui entrent en ligne de production d'huile : le nettoyeur, les presses MBU20 et 6YL-80, le filtre et le compresseur. Ces équipements sont alimentés par un groupe électrogène.

Dans cette section, nous allons présenter les résultats des mesures de consommation d'énergie électrique et thermique des équipements cités ci-dessus.

• Le nettoyeur et la presse MBU20:

Le tableau suivant présente les valeurs des mesures, de consommation de carburant, effectuées sur le nettoyeur et la presse MBU20.

Tableau 12: consommation en carburant du nettoyeur séparateur et la MBU20

Materiel	Quantité matière (kg)	Consommation carburant (L)
Nettoyeur	1400	6
	380	1,5
Presse	451	9
MBU2O	831	15

Ce tableau nous permet d'obtenir les ratios (gasoil consommé/quantité de graine nettoyée ou pressée) suivants : 0,004L/kg de graine pour le nettoyeur et 0,019L/kg de graine pour la presse.

■ La presse 6YL-80, le filtre, le compresseur et la granuleuse

Dans ce cas, les mesures ont été faite pour un fonctionnement simultané de la presse 6YL-80, du filtre, du compresseur et de la granuleuse. Les valeurs obtenues sont consigné dans le tableau de la page suivante.

Tableau 13: la consommation globale de la presse 6YL-80, filtre et granuleuse

Matière	Quantité pressée (kg)	Huile à filtrer (L)	Tourteau à granuler (kg)	Consommation gazole (L)	Energie consommée (kWh)
	461	84		9	40,6
	200	103	386	12,5	55,3
Fruit	290,5		491	14,4	57,4
	351		478	17	61,6
	244	144	425	12	75
	122	100	11	10	42,7
	200	70		14,5	67,3
Concula	360			21	75,3
Capsule	150	70	415	13,25	36,8
	140		519	14	41,8
	35,5	80	478	11,5	69

$E=\sqrt{3}*UI*h$

E : énergie produite le groupe électrogène ;

U : tension de l'alternateur en Volt ;

I: intensité;

h : durée de fonctionnement

Une analyse faite montre que ces équipements consomment 0,58 kWh carburant/kg ou 0,24 kWh électrique/ kg de matière

V-1.3. Bilan économique

Le calcul économique est fait sur une journée moyenne de production et amené sur une année avec 20 jours de travail par mois et pendant 6 mois dans l'année.

Le calcul des amortissements, la main d'œuvre, la matière première, la fourniture et les autres coûts liés à la production sont dans des tableaux à l'annexe.

Les prix de vente hors taxe d u jatropa sont fixé à :

370 FCFA/L d'huile;

150 FCFA/kg de tourteau.

Les résultats pour la presse Mécanique Moderne se trouve dans le tableau ci-dessous : Ici la capacité moyenne est 112 kg de graine à l'heure.

Tableau 14: le recapitulatif du bilan économique de la presse Mécanique Moderne

	Total (FCFA)	%	Coût pour une t de graines	Coût pour une t d'huile
Matière premières	4 032 000	35%	60 000	166 667
Énergie	1 306 195	11%	19 437	53 993
Main d'œuvre totale	2 362 776	20%	35 160	97 668
Autres coûts	192 000	2%	2 857	7 937
Total hors amortissement	7 892 971	68%	117 455	326 264
Amortissement	3 686 358	32%	54 857	152 379
Total	11 579 329	100%	172 311	478 643

Les produits obtenus sont pour une tonne de graine :

272 L d'huile;

750 kg de tourteau.

Le coût total pour 1 tonne de graine, le total vente et le bénéfice sont respectivement : 197 811 FCFA, 213 043 FCFA, 15 232 FCFA.

Bilan économique de la presse 6YL-80 :

La capacité moyenne de pressage est de 45 kg de graines à l'heure.

Tableau 15: le recapitulatif du bilan économique des fruits

			Coût	Coût
	Total	%	pour une	pour
	(FCFA)	/0	t de	une t
			graines	d'huile
Matière premières	1 944 000	27%	60 000	206 897
Énergie	1 064 800	15%	32 864	113 325
Main d'œuvre totale	2 362 776	33%	72 925	251 466
Autres coûts	192 000	3%	5 926	20 434
Total hors amortissement	5 563 576	78%	171 715	592 122
Amortissement	1 566 496	22%	48 349	166 719
Total	7 130 072	100%	220 064	758 841

Les produits obtenus sont pour une tonne de graine :

315 L d'huile;

710 kg de tourteau.

Le coût total pour 1 tonne de fruit, le total vente et la perte sont respectivement : 246 064 FCFA, 223 130FCFA, -22 934 FCFA.

Les capsules mélangé avec le sédiment sont triturés, les résultats sont dans le tableau suivant :

Tableau16: le recapitulatif du bilan économique des capsules

	Total (FCFA)	%	Coût pour une t de graines	Coût pour une t d'huile
Matière premières	972 000	17%	50 000	200 000
Énergie	624 965	11%	32 148	128 594
Main d'œuvre totale	2 362 776	41%	121 542	486 168
Autres coûts	192 000	3%	9 877	39 506
Total hors amortissement	4 151 741	73%	213 567	593 241
Amortissement	1 566 496	27%	80 581	322 324
Total	5 718 237	100%	294 148	1 176 592

Les produits obtenus sont pour une tonne de graine :

Optimisation du processus industriel de transformation des grains de jatropha et de tournesol

272 L d'huile;

750 kg de tourteau.

Le coût total pour 1tonne de capsule, le total vente et la perte sont respectivement : 319 648 FCFA, 213 043 FCFA, -106 605 FCFA.

IV-2. Résultat pour le *tournesol*

IV.2.1. Bilan de masse

Les mesures faites lors des expériences sont présentées comme suites :

Presse MBU20

Tableau17: la quantité de graine avant et après le nettoyage

Graine à nettoyer (kg)	graine nettoyée (kg)	Impureté (kg)	Impureté (%)
1038	977	54	5
320	307	11	3
640	590	40	6
880	833	42	5
480	439	40	8
800	765,5	33	4
267	238	24	9

Tableau18: la quantité de matière entrante et sortante pour la presse MBU20

Presse MBU20	Quantité graine (kg)	Volume d'huile (kg)	tourteau (kg)
	407	130,4	270
	648,5	210	431
avant maintenance	630	217,4	401,5
maintenance	700	238,7	453
	628	226,6	373
	711	259	429
	630	227,6	369
	517	209,1	352
après	660	239,6	396
maintenance	639	217,4	400
	703	273,8	420
	205	74	128
	308	115,6	187

Tableau19: la quantité d'huiles et sédiment au niveau du filtre

Volume d'huile pressé (kg)	Huile filtrée (kg)	Sédiment (kg)
130,4	124	4,9
210	199,8	7,8
217,4	215,5	8
238,7	226,6	8,9
226,6	213,5	8,2

Optimisation du processus industriel de transformation des grains de jatropha et de tournesol

Tableau20: le bilan globale du tournesol au niveau de la MBU20

Les formulés utilisées dans le bilan de masse de jatropha sont les même pour le tournesol.

Densité tournesol: 0,925

Graine (kg)	Huile pressée (L)	Tourteau (kg)	Densité	Masse d'huile (kg)	taux de trituration (%)	Huile filtrée (L)	Sédiment (Kg)	Masse graine pour 1L d'huile (kg)	Masse tourteau correspondant à 1L d'huile (kg)	Erreur (%)
3013,5	1106	1928,5	0,925	1023,05	34,00	1061	37,8	2,84	1,9	2
4373	1747	2681	0,925	1615,975	37					1,7

Presse 6YL-80 : lors de la maintenance une quantité de graine a été utilisée pour tester les presses chinoises et le résultat est dans le tableau ci —dessous :

Tableau21: la quantité de matière entrante et sortante de la presse chinoise

Graine (kg)	Huile pressée (L)	Tourteau (kg)	Masse d'huile pressée (kg)	Taux de trituration (%)
1529,5	385	1103	356,1	23

IV-2.2. Bilan d'énergie

Le bilan d'énergie pour le tournesol est établi de la même manière que celui du jatropha. La seule différence est que cette fois l'énergie consommée a été lu sur le compteur électrique.

Les résultats pour les différentes machines se trouvent dans les tableaux ci-dessous :

Tableau22: consommation de la MBU20 et du filtre

	Quantité de graine (kg)	Energie (kWh)	Volume d'huile (L)
	407	16	8,9
Duaga	648,5	27	15
Presse	630	27	13
(kg)	700	29	14
	628	33	
	92	3	2,9
filtre (L)	135	3	2,9
	207	2	4,75
	309	4	8,5

D'après ce tableau, nous avons les ratios suivants :

- La consommation électrique donne **0,04 kWh/kg**, **0,02kWh/L**, qui sont respectivement pour la presse MBU20 et le filtre.
- ➤ La consommation en carburant donne : 0,21 kWh/kg, 0,26 kWh/L respectivement la presse et le filtre ceux-ci correspond à 0,021L/kg pour la presse MBU20 et 0,03L/L d'huile pour le filtre.

La consommation pour le filtre est pour le compresseur aussi.

Le ratio thermique montre que le groupe électrogène consomme plus que le filtre fonctionne.

Après le fonctionnement individuel des équipements, ils se sont utilisés ensemble. Les résultats sont dans le tableau suivant :

Tableau23: la consommation globale des machines (nettoyeur, presse, filtre et compresseur)

Quantité traitée (kg)	Quantité pressée (kg)	Huile à filtrer (L)	Energie (kWh)	Gazole consommé (L)
1038	711	342	48	18,5
320	630		33	15,4
640	517		31	17
880	660		34	17
480	639	295	33	17,8
800	703	370	41,5	18
267	205	128	12,5	7
	308	413	18	13,25

Ces résultats donnent un ratio moyen de consommation électrique de 0,06 kWh/kg de matière et une consommation thermique de 0,32 kWh/kg de matière.

Comparativement à la consommation pour le fonctionnement individuel, nous voyons qu'il n'y a pas assez d'écart. Ce qui montre que plus le groupe fonctionne en charge et plus sa consommation diminue.

IV-2.3. Bilan économique

Le bilan économique est calculé de la même manière que le jatropha. Les prix de vente hors taxe sont fixé à :

640 FCFA/L d'huile;

122 FCFA/kg de tourteau.

Le bilan au niveau de la presse MBU20 se présente dans le tableau ci-dessous :

Tableau24: Le bilan économique globale au niveau de la MBU20

	Total (FCFA)	%	Coût pour une t de graines	Coût pour une t d'huile
Matière premières et transport	10 046 400	57%	140 000	388 889
Énergie	1 271 710	7%	17 722	49 227
Main d'œuvre totale	2 362 776	14%	32 926	91 461
Autres coûts	192 000	1%	2 676	7 432
Total hors amortissement	13 872 886	79%	193 323	537 009
Amortissement	3 616 358	21%	50 395	139 987
Total	17 489 244	100%	243 719	676 996

Les produits obtenus sont pour une tonne de graine :

389L d'huile;

640kg de tourteau.

Le coût total une tonne de graine, le total vente et le bénéfice sont respectivement : 280 719 FCFA, 327 161FCFA, 46 443 FCFA.

Lors de la maintenance des presses 6YL-80, 1529,5kg de graines est utilisées pour tester. Les outils de maintenance étaient branchés avec les presses, donc la consommation n'était pas définie.

Le taux de trituration a été utilisé dans les tableaux récapitulatifs du bilan économique.

V. Interprétation

Jatropha curcas L.:

Le bilan de matière n'est pas équilibré. Ceci s'explique par le fait que les sédiments de presse ne sont pas comptés avec l'huile brute et le bac n'est pas totalement vidé. Il y a les pertes d'huiles lors du transport entre la presse et le filtre, le remplissage de l'entonnoir du filtre et de la mesure de volume.

Les erreurs négatives sont dues au fait que la somme de la quantité d'huile filtrée et des gâteaux est supérieure à la quantité d'huile brute à filtrer. En effet nous avons un peu de décantation avant la filtration, même si nous remuons, il y'a des sédiments de presse qui ont été compté par l'huile brute pressée et ajoutée aux gâteaux sans être filtrée.

A partir des tableaux récapitulatifs du bilan de masse, nous avons eu pour un litre (1L) d'huile simple il faut 5kg de graine non nettoyée (ou 4,76kg de graine nettoyée) pour la presse MBU20 (le tableau 4), 4,03kg de fruit pour la presse 6YL-80 (tableau 7) et en fin 4,62kg de sédiment (tableau 10). Et respectivement ses éventuels tourteaux et taux de trituration : 3,6kg- 25%, 2,9kg- 29% et 10,3kg- 25%.

En effet le rendement de presse 6YL-80 plus élevé que celui de la MBU20, s'explique par le fait que l'absence de décorticage préalable augmente la pression (temperature) et celleci augmente aussi le taux d'extraction de l'huile.

L'augmentation de la température impacte la qualité de l'huile car cela augmente le taux de phospholipides qui cause des encrassements au niveau du piston.

Le tableau 11 montre qu'il nous faut une consommation de 0,23kWh de gazole par kilogramme pour le traitement, qui se repartit 0,04kWh/kg, 0,19kWh/kg respectivement au nettoyage et à la trituration (MBU20). Pour la presse 6YL-80, il est difficile d'estimer la consommation en gazole car elle fonctionnait avec plusieurs machines.

Le bilan énergétique est favorable car s'il l'huile était destinée aux moteurs, elle allait restituer **4,30 fois l'énergie** consommée pour sa production (en considérant la quantité d'huile produite et en utilisant la formule E= V*d*PCI). Mais les ratios peuvent être améliorés car le groupe électrogène fonctionne en sous charge (démarrage du moteur pour la filtration seulement).

Après avoir étudié les bilans de masse d'énergie des huiles, nous allons évalué le coût de production d'1L d'huile et son éventuel tourteau.

Selon nos résultats de calcul économique, les coûts de productions d'un kg d'huile se présentent comme suit : **478 FCFA** pour la presse MBU20 et **759 FCFA** pour la Presse 6YL-80. Les **759 FCFA** ne sont pas propre à la presse, il y a la part de la granuleuse (fourniture).

Les rendements d'extraction sont faibles à cause des usures au niveau des presses et de la qualité des graines. Ceci joue sur le coût de production

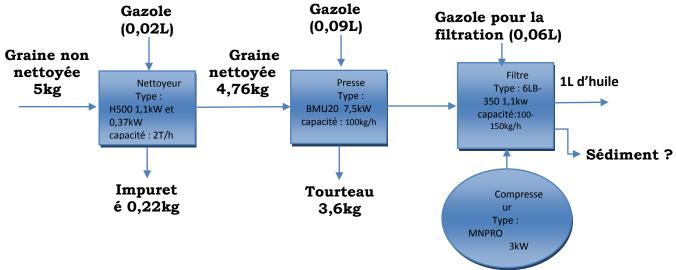


Figure 5: Schéma de production d'huile végétale

Tournesol:

Le bilan de masse n'est pas équilibré. En effet ces pertes sont dues aux mêmes problèmes que celle du jatropha et en plus la pompe du filtre a une fuite.

Lors de la maintenance, il a fallut retriturer une bonne quantité de tourteau au niveau de la presse 6YL-80, qui dérange un peu le bilan. Vue l'état de l'usure de l'arbre de la presse nous ne pouvons pas avoir un bon taux d'extraction (presse 6YL-80 et les 2 premières expériences de la presse MBU20).

Lors de cette étude, 7386,5kg de graines ont été pressées avec la MBU20, résultat : 2292,8L et 4609,5kg de tourteaux.

Les résultats du bilan de masse nous donnent : pour un litre (1L) d'huile simple, il faut une trituration de 2,84kg de graine et 3,97kg pour 1L d'huile pressée avec la presse 6YL-80. Nous avons des taux d'extraction : 23% pour la presse 6YL-80, 34% et 37% (moyenne =36%) qui sont respectivement pour la presse MBU20 avant et après la maintenance.

D'après le rapport [Memento pour les projets, septembre 2006 « Huile végétale pure carburant » en Isère], les taux d'extraction de la MBU20 sont favorables (33-37%).

Le tableau 22 permet d'obtenir les ratios de consommation de carburant : 0,021L/kg de graine pour la presse MBU20 et 0,03L/L d'huile pour le filtre. Ceux-ci mous montrent que la trituration du tournesol consomme le carburant plus que celle du jatropha. Cette consommation est due au faite qu'il y a beaucoup de cailloux au tournesol (la présence des cailloux augmente la pression, qui à son tour augmente la consommation). Le bilan d'énergie est assez remarquable, puisque l'énergie qui peut être restituée lors de la combustion de l'huile est : 101388MJ quand l'énergie consommée pour la transformation est 7323MJ (en considérant la quantité d'huile produite et en utilisant la formule E= V*d*PCI). Ce bilan est largement positif, l'énergie produit est 14fois plus importante que l'énergie fossile consommée.

Les coûts de production des deux matières premières seront en partie compensés par les recettes apportées par les co-produits.

La rentabilité d'une installation destinée à produire de l'HVP repose en grande partie sur la valorisation du tourteau [Memento pour les projets, septembre 2006 « Huile végétale pure carburant » en Isère].

Pour un calcul complet de coût de produit, les charges de structures doivent être prises en compte.

Dans le calcul économique au niveau de la presse MBU20, la capacité moyenne est supérieure à celle inscrit par le constructeur. En effet le débit a augmenté donc la température aussi.

VI. Conclusion

Le travail que nous avons effectué porte sur l'utilisation des presses pour la production des huiles de jatropha et de tournesol. Les huiles produites sont l'huile végétale pure (HVP) jatropha et l'huile alimentaire de tournesol. Pour la production de ces huiles, deux presses ont été utilisées : une presse chinoise et une presse dite presse *Mécanique moderne*. Les différents tests que nous avons effectués ont permis de faire les bilans de masse, d'énergie et d'économie. Le bilan de masse montre qu'on obtient avec la presse Mécanique Moderne que des rendements en huiles brutes de 25% et 36% pour la production en Jatropha et en tournesol respectivement. Le pressage concernant le jatropha a concerné les graines, les capsules et les fruits. Il ressort de ces tests des rendements de 25% pour les graines et les capsules et 29% pour les fruits. Le pressage des sédiments mélangés aux capsules montre des limites car il altère la presse sur une longue durée (usure de l'arbre de la presse). Le pressage des graines est donc plus avantageux et celui des capsules cause beaucoup de problèmes au niveau de la presse. Ces tests effectués montrent une proportion moyenne de 75% de tourteaux de Jatropha et 64% de tournesol. Le fort taux de tourteaux de Jatropha est du à l'état de la presse déjà usée et à la qualité des graines qui étaient moisies.

Le bilan énergétique de la presse *Mécanique Moderne* montre que la consommation horaire d'énergie électrique est de 5 kWh pour les deux types de graines utilisées. Cette consommation peut être améliorée en fonctionnant simultanément. Aussi la quantité de graines utilisée par heure pour le pressage est d'environ 110 kg pour les deux types de graines. Cette quantité est plus élevée que la capacité horaire de la presse, ce qui occasionne une élévation de la température d'huile pressée. Les résultats obtenus lors de cette étude du point de vie économique par litre d'huile produite sont de 677FCFA pour le tournesol et 479FCFA pour l'huile brute de Jatropha. Ce coût de production du litre est plus faible que celui du gazole (605FCFA) ce qui montre l'intérêt de la production d'huile de Jatropha comme carburant. Cependant il faut relativiser les résultats économiques liés à cette production, car certaines données utilisées pour nos calculs sont difficilement maîtrisables (investissement sur les machines, la main d'œuvre et la consommation au niveau des presses chinoises). Tous ces résultats de production confirment la possibilité

Optimisation du processus industriel de transformation des grains de jatropha et de tournesol
d'une commercialisation poussée d'huile végétale destinée à la fabrication de savon ou à la production d'énergie électrique.

VII. Recommandations

Se pose en premier lieu sur le contrôle de la qualité des matières premières (graines mouillées, moisissure, voire pourries, vides d'amandes, présence de cailloux et des gros morceaux de fer...) et le mode de fonctionnement des équipements (le groupe électrogène fonctionne en sous charge ce qui augmente la consommation).

Au niveau du process, le décorticage préalable des graines et le non recyclage des déchets limitent l'usure de la presse tout en garantissant un bon taux d'extraction et une qualité des produits (le recyclage est déconseillé pour la MBU20)

La bonne organisation des installations et la mise en place d'un système continu permettront de réduire considérablement les pertes et d'améliorer la qualité d'huile.

Il serait nécessaire de stocker à plat dans les hangars les tourteaux issus de la presse chinoise. En effet les tourteaux issus du deuxième pressage, sortent trop chaud et sont directement dans les sacs, ils brûlent et cela affecte la qualité fertilisante.

Des possibilités d'organisation technique du travail pourraient favoriser la rentabilité de la production (trois personnes sur une machine).

Une commande au niveau de la presse est nécessaire pour le bon fonctionnement de la presse et un thermomètre à laser pour le contrôle de la température d'huile

L'utilisation des bidons bien propre pour la qualité de l'huile et le gazole du groupe électrogène (les impuretés bouchent le filtre).

Le préchauffage des graines de tournesol améliore plus son rendement et diminue la teneur de en matière gras dans le tourteau.

Faire la bicarburation au niveau du moteur de décortiqueuse.

REPARATIONS / MODIFICATIONS : le tuyau d'alimentation du compresseur doit être changé. La pompe du filtre présente une fuite. La puissance du filtre est trop faible pour un système continu. Construction d'une « terrasse » autour du filtre afin de récupérer les huiles perdues. Presse mécanique moderne, panneau de commande (avec bouton de sécurité).

Optimisation du processus industriel de transformation des grains de jatropha et de tournesol

INFRASTRUCTURE : aménagement des bâtiments pour éviter l'infiltration d'eau et de vent. Dispositions des machines afin d'éviter les échanges de matières entre les machines.

Une formation du personnel aux normes de sécurité et de qualité est absolument nécessaire, surtout si l'on veut produire une huile de haute qualité (Biocarburant).

VIII. Bibliographie:

- Memento pour les projets, septembre 2006. « Huile végétale pure carburant » en Isère :
- BLIN Joel, DABAT Marie-Hélène, FAUGERE Garance, HANFF Elodie, WEISMAN Nathalie, 10 février- 31 octobre 2008 « Opportunités de développement des biocarburants au Burkina Faso »
- Dr Siaka KONE, mars 2001. « Unité moderne de transformation des oléagineux à petite et très petite échelle : performances et limite »
- Morgane MOENNE, 10-19 avril 2011. « Rapport de mission au Mali »
- Institut français pour les huiles végétales pures, novembre 2004. « Plaidoyer en faveur de l'autorisation et défiscalisation des huiles végétales pures carburant »
- Prioriterre, 24 Août 2009. « Huile végétale pure- présentation »
- Dr SIDIBE, 2011 « HPV » cours
- L'huile végétale brute de pression à froid : 8 septembre 2005 ;
- Boubacar SAMAKE «Rapport d'étude sur le développement des biocarburants au Mali »
- Gille VAITILINGOM, octobre 2007. « Extraction, conditionnement et utilisation des huiles végétales pures carburants »

IX. Annexes

Annexe1: presentation de JMI

Jatropha Mali Initiative est une société de droit malien qui a été créée en 2007 et dont le siège est basé à Kita, à 180 km à l'Ouest de Bamako. Elle développe des plantations de Jatropha en partenariat avec des agriculteurs volontaires du cercle de Kita, afin de produire des graines qui seront transformées en huile et en tourteau fertilisant. JMI garantit au paysans un suivi régulier, un soutien technique spécifique à la culture du jatropha, ainsi qu'un accès au crédit pour l'achat des plants de jatropha.

Elle est détenue par trois actionnaires : Eco-Carbone est l'actionnaire majoritaire avec 60% du capital, suivi de la société malienne Deguessi Vert (21 % du capital) et du groupe pharmaceutique Novartis (19 % du capital).

Annexe2: les calculs des amortissements

Les résultats se présentent ci-dessous :

Les amortissements des machines sur un an sont dans les tableaux suivants :

Matériel	Valeur	Durée d'amortissement	Total/an
Groupe électrogène	7 800 000	10 ans	780 000
Presse	28 363 581	10 ans	2 836 358
Décortiqueuse	700000	10 ans	70 000
Total amortissement			3 686 358

La presse 6YL-80

Matériel	Valeur	Durée d'amortissement	Total/an
Groupe électrogène	7 800 000	10 ans	780 000
Presse	7 864 957	10 ans	786 496
Total amortissement			1 566 496

Amortissement= la valeur de machine*taux d'amortissement.

Le taux d'amortissement=10%

Annexes3 : calcul du prix de la matière première et la fournuture

Cas du jatropha:

presse	Quantité matière première (kg)	Prix (FCFA)	Transport (FCFA)	Total FCFA)
MBU20	67 200	50	10	4 032 000
6YL-80 fruit	32 400	50	10	1 944 000
6YL-80 capsule	19 440	50		972 000

presse	Quantité carburant(L)	Prix (FCFA)	Total FCFA)
MBU20	2 159,0	605	1 306 195
6YL-80 fruit	1 760,0	605	1 064 800
6YL-80 capsule	1 033,0	605	624 965

Cas du tournesol:

	Quantité (kg)	Prix (FCFA)	Transport	Total FCFA)
Valeur matière première	71 760	130	10	10 046 400
Carburant	2 102,0	605		1 271 710

La quantité= la moyenne horaire* nombre de jours*nombre de mois

MOIS	JOUR	Hdurée moyenne de fonctionnement (h)	matière
6	20	5	graine de jatropha
6	20	6	fruit de jatropha
6	20	5,4	capsule de jatropha
6	20	5,75	graine de tournesol

Annexe4: calcul des autres coûts

	Total
	(FCFA)
Main d'œuvre journalière	240 000
Salaires	2 122 776
Eau	12 000
Loyer	180 000

Annexe5: le pouvoir calorifique inférieur et la densité du gazole

PCIjatropha= 38,9MJ/kg;

PCItournesol= 37,8MJ/kg

PCIgazole= 43,8MJ/kg;

Densité gazzole= 0,836

Annexe6: caractéristiques des machines

Appareil	Туре	Marque	Capacité (kg/h)	Puissance (kW)	cosф	N (tr/mn)	I (Fcfa)
Nettoyeur	H500	SCHNEIDER		1,1	0,87	2805	
Nettoyetti	H300	JAQUET	2000	0,37	0,7	1420	
Compresseur	MNPRO	MAUGUIERE	270 litres	3	0,87	-	28363581
	MBU20	MECANIQUE MODERNE	100	7,5	0,8	1440	
Presses	6YL-80	AGICO	80-100	5,5	-	1440	
	6YL-80	AGICO	80-100	5,5	-	1440	
Granuleur	9PK-120	THEM		3	-	1430	7864957
Broyeur	6YT-5	SUNFLOWER CRACKER	100-1500	3	-	1420	
	6LB-350	SHENYU	100-150	1,1		1400	
Filtre	FPV 120	DOMANGE	1,2-8,4m ³ /h	2,2	0,81	2900	9130651
Groupe électrogène	GET44ADVS	2 GARENI	-	38,7	0,8	1500	7800000