

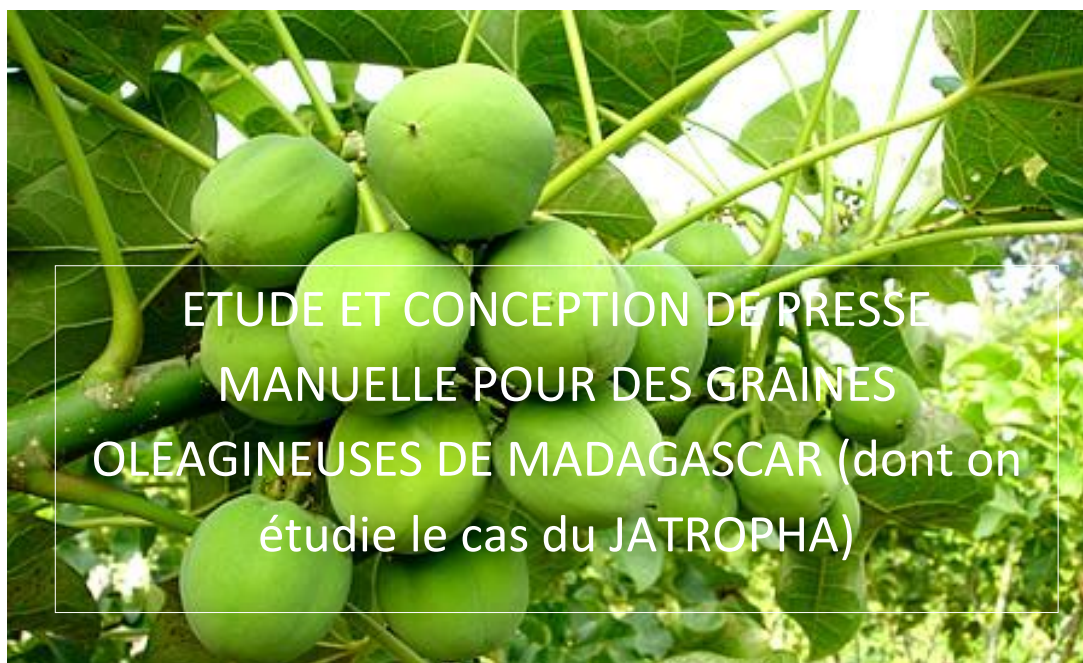


UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
D'ANTANANARIVO
DEPARTEMENT SCIENCE DES MATERIAUX ET
METALLURGIE
Option : Science et Ingénierie des Matériaux



Premier Partenaire des professionnels

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE D'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR MATERIAUX



ETUDE ET CONCEPTION DE PRESSE
MANUELLE POUR DES GRAINES
OLEAGINEUSES DE MADAGASCAR (dont on
étudie le cas du JATROPHA)

Présenté par : RAKOTONDRABE Zarasoa Mathieu Auguste

Directeur de Mémoire : Docteur RANARIVELO Michel

Promotion 2012



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
D'ANTANANARIVO
DEPARTEMENT SCIENCE DES MATERIAUX ET
METALLURGIE
Option : Science et Ingénierie des Matériaux



Premier Partenaire des professionnels

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE D'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR MATERIAUX

« ETUDE ET CONCEPTION DE PRESSE MANUELLE POUR DES GRAINES OLEAGINEUSES DE MADAGASCAR (dont on étudie le cas du JATROPHA) »

Présenté par : RAKOTONDRABE Zarasoa Mathieu Auguste

Soutenu le : 21 Février 2014

MEMBRES DE JURY :

Président : Professeur ANDRIANARY Philippe

Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (ESPA)

Rapporteur : Docteur RANARIVELO Michel

Maître de conférences, Enseignant-chercheur à l'ESPA

Examineurs :

- Docteur RANDRIANARIVELO Frédéric
Chef du Département Science des Matériaux et Métallurgie à l'ESPA
- Docteur RAKOTOSAONA Rijalalaina
Enseignant chercheur à l'ESPA
- Docteur RASOANOAVY Faliniaina
Maître de conférences, Enseignant chercheur à l'ESPA

Promotion 2012

SOMMAIRE

Remerciements

Sommaire	I
Liste des abréviations.....	II
Liste des tableaux.....	III
Liste des figures.....	IV
Liste des photos	V
Liste des annexes.....	VI

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

PREMIERE PARTIE : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES HUILES VEGETALES.....	2
CHAPITRE II : NOTION SUR LE JATROPHA.....	13
CHAPITRE III : PRODUCTION DE BIODIESEL A PARTIR DE L'HUILE DE JATROPHA.....	20
CHAPITRE IV : MODE D'EXTRACTION DE L'HUILE.....	36

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE ET REALISATION

CHAPITRE V : PRESENTATION DU PROJET.....	43
CHAPITRE VI : DETERMINATION DES DONNEES NECESSAIRES A LA CONCEPTION DE LA PRESSE.....	44
CHAPITRE VII : PROCESSUS DE DESIGN DE LA PRESSE.....	47
CHAPITRE VIII : DIMENSIONNEMENT DE LA PRESSE.....	54
CHAPITRE IX : SELECTION DES MATERIAUX.....	59
CHAPITRE X : TRAITEMENT DE L'HUILE APRES PRESSAGE.....	63
CHAPITRE XI : ETUDE ECONOMIQUE	67
CHAPITRE XII : ETUDE SUR L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIO-ECONOMIQUE.....	75
CONCLUSION :	80

Bibliographie.....	IX
Webographie.....	X
Annexes.....	XI
Tables des matières	

LISTE DES ABREVIATIONS :

UCOPRA : Union des coopératives de production arachidière

BCSA : bureau de la caisse de stabilisation de l'arachide

OCS : opération cocotier de Sambava

HCT : huilerie centrale de Toamasina

N-O : nord ouest

S-O : sud ouest

d : densité

ρ : Masse volumique

μ : viscosité

I_{12} : I_i : indice d'iode

I_a : indice d'acidité

I_{sap} : I_s : indice de saponification

T_c : valeur corrigée de la température

T_e : valeur de la température mesurée

EMVH : ester méthylique d'huile végétale

ETBE : Ester tertio-Butyl ether

GES : gaz à effet de serre

m_H : masse d'huile

n : nombre de mole

l : longueur finale après pressage

L : longueur initiale

t : taux de réduction

R : réaction du pivot d'abattage

P : force susceptible d'être appliquée par un homme moyen

E : module d'élasticité

S : section

ΔL : élongation

ν : coefficient de poisson

K : coefficient de pression uniforme

G : module d'élasticité transversale ou module de cisaillement

R_m : limite de rupture

R_e : limite élastique

F_0 : précharge

C_s : couple de serrage

CES: Cambridge engineering selector

E 360: acier d'usage mécanique

X 4 Cr Mo S 18: acier fortement allié avec 4% de carbone et 18% de chrome

PVC : polyvinyle de chlorure

ERI :eco régional initiative

USAID: union states agency for international development

FKH: fokonolona koloharena

BAMEX: business and market expansion

Ar: ariary

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : acide gras contenue dans diverse huile végétale.....	3
Tableau 2 : les zones de production des graines oléagineuse à Madagascar.....	6
Tableau 3 : les produits et leur exploitation.....	7
Tableau 4 : composition chimique de la graine de Jatropha.....	16
Tableau 5 : les composés éliminés durant le raffinage.....	31
Tableau 6 : caractéristique physique du glycérol.....	35
Tableau 7 : coût d'exploitation artisanale.....	72
Tableau 8 : coût d'exploitation à l'échelle industriel.....	73

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : structure générale d'une huile végétale.....	2
Figure 2 : réaction de saponification	11
Figure 3 : utilisation du Jatropha.....	19
Figure 4 : les filières des biocarburants	22
Figure 5 : les étapes de transformation d'huile.....	22
Figure 6 : raffinage de l'huile.....	27
Figure 7 : réaction catalysée de transesterification de l'huile de Jatropha.....	32
Figure 8 : réaction de transesterification.....	33
Figure 9 : processus de production.....	45
Figure 10 : extrudeuse manuelle.....	49
Figure 11 : presse manuelle à plateau manœuvré par un système vis-écrou.....	50
Figure 12 : presse manuelle à levier.....	51
Figure 13 : schéma isolé du système.....	55
Figure 14 : diagramme des forces.....	56
Figure 15 : diagramme d'élasticité pour l'acier.....	57
Figure 16 : les deux plateaux.....	60
Figure 17 : le bâti.....	60
Figure 18 : l'entonnoir	61
Figure 19 : pied.....	62
Figure 20 : décantation de l'huile.....	64
Figure 21 : exemple de filtre à plaque.....	65

LISTE DES PHOTOS

PHOTO 1 : le jatropha curcas.....	15
PHOTO 2 : les graines de jatropha	15
PHOTO 3: presse à barreaux.....	37
PHOTO 4 : les sédiments	38
PHOTO 5 : presse à tube	40
PHOTO 6 : vis à pas carrée	61
PHOTO 7 : jatropha comme tuteur de vanille	70

INTRODUCTION GENERALE

De nombreux pays africains se sont aujourd'hui lancés dans la culture du jatropha, que certains dénomment « l'or vert », afin de diminuer leurs dépendances vis-à-vis des énergies fossiles mais également pour favoriser leurs développements économiques.

Les impacts du jatropha sont très variables selon les régions en fonction de la législation en vigueur, du système agraire en place et de la quantité des terres disponibles.

De larges exploitations peuvent investir plus facilement dans une installation d'extraction d'huile et de production d'agro carburant.

D'un point de vue écologique, une grande exploitation permet de réduire la facture énergétique, notamment lors de l'extraction et la production d'agro carburant.

C'est alors qu'au sein de ces ONG ladite CICAFFE qui travaille sur le développement rural en générale, auquel j'avais effectué des stages, qui nous a proposé le présent thème.

Pour cela on a opté pour la conception et la réalisation d'une presse manuelle qui permet d'extraire l'huile de ces produits végétaux afin qui pourrait servir entre autre de source d'énergie.

L'extraction de différentes huiles végétales de première pression à froid, avec une presse, est encore une technique empirique puisqu'on agit sur des produits vivants d'une grande diversité de genres et de qualités.

Dans ce présent travail qui se divise en deux grandes parties : étude bibliographique et étude expérimentale, essayons de proposer une possibilité de solution pour les localités urbaines de Madagascar.

PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE ET THEORIQUE

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES HUILES VEGETALES

INTRODUCTION

Les huiles végétales sont des substances insolubles dans les solvants minéraux constituées en majeure partie d'esters de glycérol d'acides gras appelés triglycérides.

Du point de vue structural, un triglycéride est une molécule de glycérol connectée à trois (3) molécules d'acides mono carboxyliques, à longue chaîne hydrocarbonée appelés acides gras. Contrairement aux hydrocarbures constitués exclusivement d'hydrogène et de carbone, les molécules d'une huile végétale contiennent de l'oxygène et ont la structure chimique suivante :

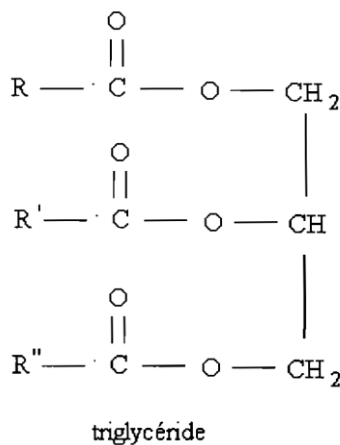


Fig 1 : structure générale d'une huile végétale

L'huile végétale brute peut être utilisée directement comme combustible dans des moteurs à cycle de consommation court (engins agricoles, groupes électrogènes etc.).

Par contre son usage dans d'autres types de moteurs nécessite sa transformation préalable en raison de sa viscosité élevée qui constitue un facteur bloquant.

Parmi ces huiles on peut citer :

- Les huiles de type palmitique qui possèdent plus de 25% d'acide palmitique : ce sont généralement des huiles semi-concrètes (huile de palme par exemple) et saturée.

- Les huiles ou beurre de type stéarique : ce sont les beurres de Karité, de cacao également saturée etc.
- Les huiles de type oléique (les plus répandues des huiles) et donc l'indice d'iode est compris entre 80 et 110.

Elles contiennent peu d'acide linoléique et pas ou peu d'acide linoléique (huile d'olive, d'arachide par exemple : elles sont fluides).

- Les huiles de type linoléique très liquides, leurs indices d'iode sont généralement supérieurs à 110.

Elles sont généralement semi-siccatives (tournesol, hévéa, coco, coton etc.).

- Les huiles tri-insaturées qui contiennent des acides de plus de carbones (lin, poisson, colza).

Le tableau 2 montre la structure des acides gras les plus fréquents dans les huiles végétales.

L'acide gras est saturé s'il n'existe pas de doubles ou triples liaisons dans la chaîne hydrocarbonée.

Si deux (2) carbones adjacents manquent d'atomes d'hydrogène, un point d'insaturation est créé. S'il y a plus d'une double liaison dans la chaîne, l'acide gras est polyinsaturé.

Désignation de l'acide gras	Nombre d'atomes de carbone	Formule	Classe
Palmitique	C16	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$	Saturé
Stéarique	C18	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$	Saturé
Oléique	C18 :1	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	Insaturé
Linoléique	C18 :2	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	Polyinsaturé
Linolénique	C18 :3	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$	Polyinsaturé

Tableau 1: acide gras contenu dans diverses huiles végétales

I-1 La filière oléagineuse à Madagascar [1]

I-1-1. Description de la filière

I-1-1-1 Définition

Bien que la plupart des espèces végétales puissent produire de l'huile végétale, on réserve l'appellation de cultures oléagineuses aux espèces qui ont une forte teneur en matières grasses extractibles et transformables en huiles. On traitera ici des espèces produisant de l'huile alimentaire, même si certaines espèces sont à multiple usage.

I-1-1-2 Bref historique

- 1962-1966. Union des Coopératives de Production Arachidière (UCOPRA) : développement de la culture d'arachide de bouche VALENCIA dans le Nord Ouest, triage de semences, encadrement, collecte, conditionnement, exportation. Ouverture de plusieurs huileries.
- Années '70– 80. Plusieurs projets et opérations 1: Bureau de la Caisse de Stabilisation de l'Arachide (BCSA) et Opération Relance Arachidière (encadrement, production et distribution semence, soutien des prix à la collecte) ; Opération Cocotier Sambava (OCS), SOMAPALM à Toamasina, Manakara et Antalaha (palmier à huile)... ;
- Ouverture d'huileries de plus ou moins grande importance dans les régions arachidières : HCT ou Huilerie Centrale de Tananarive (collecte du Moyen Ouest et de Mahajanga), les huileries SCIM d'Antsiranana et Mahajanga, SICA Morondava, Huilerie Fidahoussen à Isoanala, huileries d'Antsohihy, d'Ambatondrazaka...
- Milieu des années 70 : nationalisation de plusieurs entreprises ; création d'entreprises étatiques (SNHU), OCS devient Sambava Voanio ou SOAVOANIO.
- 1980-88 : projet MAMISOA à Antsirabe, culture et huilerie soja ;
- Milieu des années '80 : déclin de la culture arachidière, fermeture ou mise en veilleuse de plusieurs huileries.
- 1985 – 1998 : Projet Oléagineux PNUD/FAO, développement arachide et vulgarisation presse artisanale ;
- Programme d'Ajustement Structurel : privatisation des sociétés nationalisées et étatiques. SOAVOANIO devient une SA para étatique³, SOMAPALM Toamasina est reprise par La Savonnerie Tropicale, SOMAPALM Manakara par la Sté Henintsoa, SNHU devient INDOSUMA, MAMISOA est repris par le Groupe TIKO pour former TIKO Oil Products (TOP, huilerie d'Antsirabe) et TIKO Agri (champs de cultures de Mandoto) ;
- Milieu des années '90, début des importations d'huiles de soja (raffinées et brutes), tournesol (raffinée).

N.B. Le développement de la culture des oléagineux est fortement lié à celui de l'industrie huilière. Le présent mémoire en tient compte et fera une large part à l'aspect transformation c'est à dire la production d'huiles.

I-1-1-3 Principales espèces et utilisations

Les espèces oléagineuses appartiennent généralement à la famille botanique des Légumineuses. Elles peuvent être une culture annuelle ou pérenne. Nous donnons ci-après quelques exemples importants à Madagascar:

- ☐ Cultures oléagineuses annuelles : l'arachide *Arachis hypogaea*, le cotonnier (graine) *Gossypium* L., le soja⁴ *Glycine max*.
- ☐ Cultures oléagineuses pérennes : le cocotier *Cocos nucifera*, le palmier à huile *Elaeis guineensis*.
- L'intérêt des oléagineux est multiple :
 - ☐ Le produit brut peut souvent être consommé directement sans ou avec un minimum de transformation (arachide pistache ou beurre, lait de soja, noix de coco...).
 - ☐ Etant une légumineuse, leur culture améliore le sol (fixation de l'azote de l'air) et leur produit est source de protéine végétale ;
 - ☐ Les sous produits de l'huilerie sont utilisés dans plusieurs domaines : élevage (tourteaux⁵), savonnerie...
 - ☐ Principaux domaines d'utilisation des graines d'oléagineux : huiles, provenderie (tourteau), aliments de rattrapage protidique (soja), savonnerie, textile pour le coton...
 - ☐ Certains produits sont exportés : arachide de bouche⁶, graines de coton, coco (coprah)⁷, palmier (huile de palme et palmiste⁸, plants horticoles).

I-1-2 Production

Les zones de productions :

	Arachide	Soja	Coton	cocotier	Palmier	Jatropha	Ricin
Conditions agro-climatiques	Sol léger. 28 –35°C. 500 à 1200 mm. pH 4,5 à 8. altitude < 1500m.	Sols limoneux fertiles bien drainés. 25-33°C. PH 6-6,5. Photopériodique de jours longs	Forte influence de la température. 500mm. pH 6-7. Fort ensoleillement.	Tous sols 20-35°C (opt 27°C). 1800mm/an. Hydro > 50%.	Tous sols 18-34°C. 1800 mm/an pH 5-7.	Tous les sols 18-34°C 500 à 1800 mm/an	Sol léger 500 à 1000 mm pH 4,5 à 7 Fort ensoleillement
Zones favorables	Tout M/car sauf Côte Est et extrême Sud.	Vakinankaratra, Itasy et Imerina Central.	N-O : Ambilobe à Maevatanàna. S-O : Toliara à Ihosy.	(Région SAVA, Toamasina, Sud Est) et Sambirano.	Région SAVA, Toamasina, Sud Est.	Tout M /car	Région sud
Potentialités en ces zones de culture	(1) Tanety (Plateaux). (2) Baiboho (Mahajanga, sud ouest)	Les régions volcaniques du Vakinankaratra et de l'Itasy.	Les plateaux du NO et S-O.	Toute la plaine littorale orientale.	Toute la plaine littorale orientale.	Côtes Est et Ouest	Les régions de tsihombe

Tableau 2 : les zones de production des graines oléagineuse à Madagascar

I-1-3 Transformation

D'après le tableau ci-dessous nous pouvons voir les techniques adéquates selon le type de produits

	Arachide	Soja	Coton	Cocotier	Palmier	Jatropha	Ricin
Produits	Arachide de bouche. Huile alimentaire. Tourteau	Huile alimentaire Tourteau Produits laitiers soja	Huile alimentaire Tourteau	Coprah, Huile brute et huile alimentaire Tourteau	Huile de graine de palmier. Huile de palmiste. Huile concrète et fluide	Huile utilisé comme Agro-carburant. Huile pour cheveux. Savon, bougies. Tourteau.	Huile Industriel
Teneur en huile	50% (graine)	21 %		17% coprah 10% huile	56%	34 à 45 %	
Taux d'extraction	15 à 25 %				50%		
Mode d'extraction	Extraction par presse artisanale	Extraction par solvant	Usine d'égrenage	Amande transformé e en coprah avant trituration.	Extraction Toamasin a 6T/H Manakara 3T/H	Presse manuelle ou presse à vis sans fin motorisé pour extraction en grande série.	Extraction à 3 T de graines/ jour

Tableau 3 : les produits et leur exploitation

I-2 Caractérisation des huiles végétales [2]

Pour caractériser les huiles, on utilise deux types de critères, à savoir :

- Les critères distinctifs ;
- Les critères de qualité

I-2-1 Les critères distinctifs

En premier lieu, ils renseignent sur la composition des constituants des huiles.

Deuxièmement, ce sont entre autres la densité ou la masse volumique ($d ; \rho$), la viscosité η , l'indice d'iode I_{12} , l'indice de saponification I_{sap} , l'insaponifiable et la composition en acide gras.

- densité ou la masse volumique ($d ; \rho$) :

Renseigne sur l'insaturation, l'état d'oxydation ou la polymérisation

- la viscosité μ :

La viscosité est la propriété de l'huile, résultant de la résistance qu'opposent ses molécules à une force tendant à les déplacer par glissement. Elle varie avec la température.

- l'indice de réfraction :

C'est une caractéristique du groupe auquel appartient l'huile et elle permet d'identifier celle de composition inconnue.

- l'indice d'iode I_{12} :

il renseigne sur le degré d'insaturation.

- l'indice de saponification I_{sap} :

C'est la quantité de NaOH nécessaire pour saponifier la totalité des acides gras libres ou estérifiés. Il permet donc d'évaluer la quantité d'acide non engagée dans la liaison glycéridique.

- l'insaponifiable :

C'est l'ensemble des substances qui ne réagissent pas avec les alcalis pour donner du savon et qui ne sont pas volatiles à plus de 100°C.

I-2-2 Les critères de qualités

Ils concernent soit l'état d'altération plus ou moins important de l'huile, soit le classement en différentes catégories (brute, vierge ou raffinée).

Nous pouvons citer parmi ceux-ci :

- l'indice de peroxyde :

Il mesure le degré de rancidité. C'est la quantité en milligrammes de dioxygène par gramme d'huile. Il permet d'apprécier l'état de dégradation par oxydation.

- l'indice d'acidité I_a :

Il est en fonction de la quantité d'acides gras libres et caractérise l'état d'altération de l'huile par hydrolyse. C'est la quantité en milligrammes de KOH par gramme d'huile.

I-2-2-1 L'indice d'acidité

L'indice d'acidité d'un corps gras se détermine en neutralisant son acidité libre par une quantité de potasse nécessaire.

On pèse en mg la quantité d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire pour neutraliser un gramme d'huile.

On l'appelle aussi le degré d'acidité.

Il s'exprime par les paramètres de la formule suivants :

$$I_a = \frac{V * M * N}{10 * m} X [\%] \quad (1)$$

Où N= normalité de la solution de KOH utilisé,

M= masse molaire de l'acide oléique (282,47g/mol),

m= masse en g de l'échantillon d'huile,

I_a= indice d'acidité de l'huile

NB : en effet l'acidité s'exprime en pourcentage d'acide majoritaire qui est l'acide oléique dans le cas de l'huile de jatropha.

D'ailleurs c'est le cas le plus fréquent.

Cependant elle s'exprime dans des cas très rares en pourcentage des autres acides notamment l'acide palmique, linoléique etc.

I-2-2-2 Le point éclair

Le liquide considéré laisse apparaître des vapeurs, à une certaine température ces vapeurs combinées avec un comburant (l'oxygène par exemple) produit une déflagration.

Cette température critique est appelée le « point éclair ».

Une définition beaucoup plus simple serait la température la plus basse où un liquide peut former un mélange inflammable à sa surface.

Il existe plusieurs appareils qui ont été mis au point par les industriels du pétrole pour mesurer le « point éclair ».

Le principe est long et nécessite d'avoir la nomenclature de l'appareil ce que nous n'allons pas détailler ici mais toutefois après avoir déterminé cette température avec l'appareil, elle doit être corrigée à l'aide de la relation suivante :

$$T_c = T_e = \frac{(760 - P)}{30} \quad (2)$$

Avec T_c : valeur corrigée de la température,

T_e : valeur de la température mesurée avec l'appareil,

P [mm d'Hg] : pression atmosphérique à laquelle s'effectue les essais.

Selon la littérature, le point éclair de l'huile de jatropha est compris entre 290°C et 325°C.

Ces valeurs élevées du point éclair de l'huile de jatropha montrent qu'elle possède de bonnes caractéristiques de stockage et que l'on peut envisager son transport en toute sécurité ainsi que sa manipulation comparativement au gazole.

I-2-2-3 L'indice de saponification

La réaction de saponification consiste à faire l'hydrolyse d'un ester.

Dans le cas des huiles végétales cette réaction donne la formation du savon comme résultat.

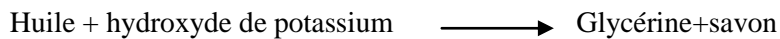
L'indice de saponification est le nombre en milligramme de potasse caustique (KOH) nécessaire pour transformer en savon les acides gras et les triglycérides d'un gramme de corps gras.

Principe :

On prend un excès d'acide de potassium dans un alcool, et on le chauffe avec un échantillon d'huile de masse connue jusqu'à la saponification complète.

L'excès d'alcalin est ensuite titré avec une solution d'acide.

La réaction se déroule selon l'équation suivante :



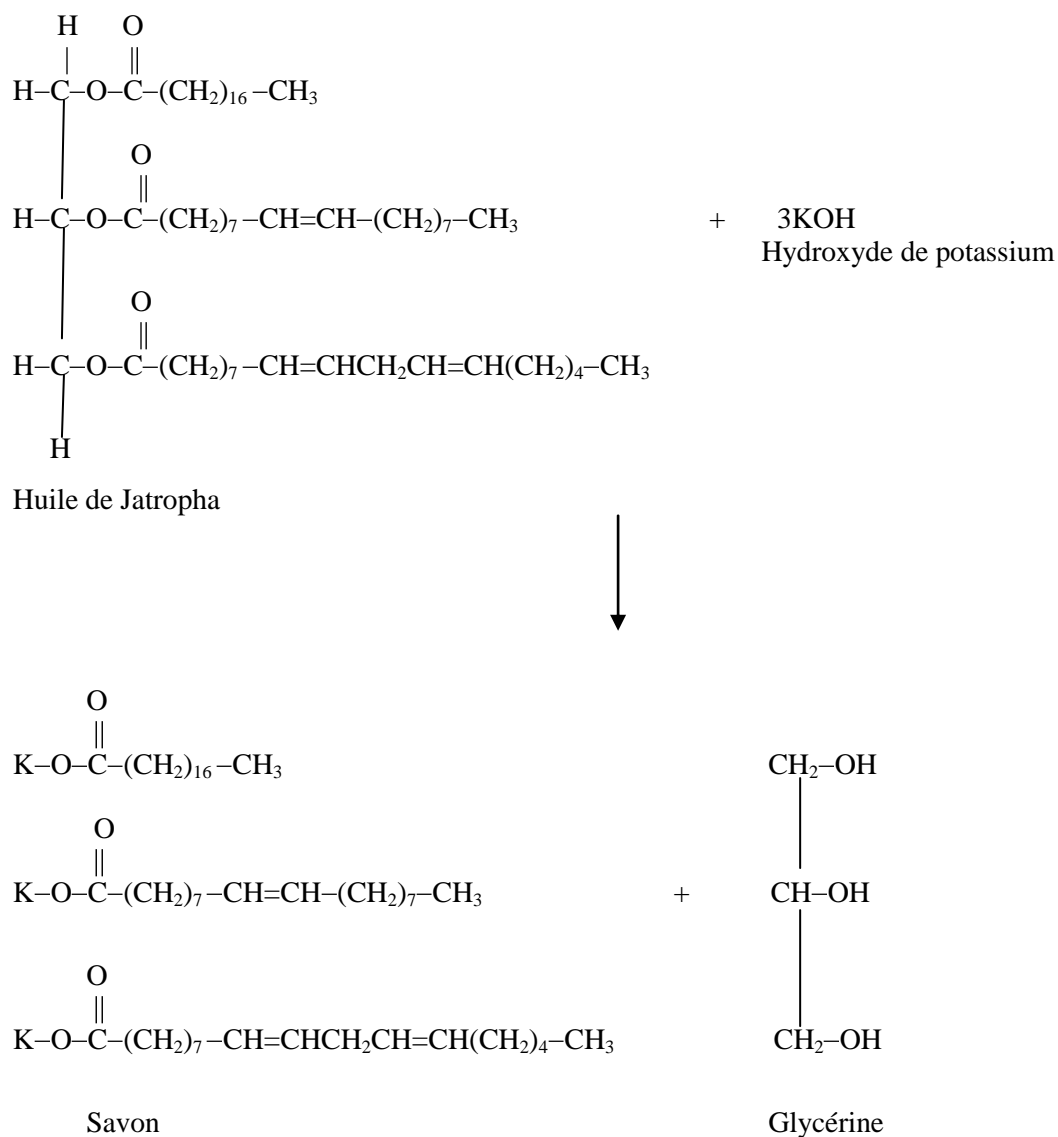


Figure 2 : réaction de saponification

L'indice de saponification est donné par la formule suivante :

$$I_s = \frac{(V_0 - V) * 56,1 * N}{P} \quad (3)$$

V_0 : volume de la solution d'acide chlorhydrique (HCL) à 0,5N pour le titrage du blanc,

V : volume en ml de la solution d'acide chlorhydrique (HCL) à 0,5N pour le titrage de l'échantillon,

P : poids en gramme de l'échantillon,

N : normalité exacte de la solution,

I_s : indice de saponification (mg de KOH/g d'huile,

Il ne faut pas oublier que l'indice de saponification s'obtient également à la suite d'une série d'expériences cependant compte tenu des contraintes de temps, on s'est restreint à une seule expérience.

Solution de HCL de normalité $N=0,5$

$V_0=24,40$ ml,

$V=10,5$ ml,

$P= 2$ g,

On trouve $I_s= 194,947$

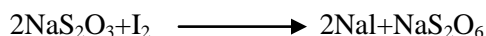
Analogiquement au cas de l'acidité, ceci montre également par hypothèse qu'il faut 194,947 mg de KOH pour saponifier 1000 mg d'huile.

I-2-2-4 Indice d'iode

L'indice d'iode permet de calculer le nombre de double liaisons de l'acide gras présents dans un triglycéride autrement dit son taux d'insaturation.

Principe

On utilise un excès d'iode pendant un temps de contact suffisamment long ou en présence de catalyseur et de titrer ensuite l'excès de réactif (iode non fixé) par un réducteur (par exemple le thiosulfate). On détermine ainsi la quantité d'iode fixé par le corps gras.



L'indice d'iode est donné par la formule suivante :

$$Ii = \frac{(V - V') * 12,69 * N}{P} \quad (4)$$

V : volume en ml de thiosulfate de sodium consommé pour le titrage du blanc ?

V' : volume en ml de thiosulfate de sodium consommé pour le titrage de l'échantillon ?

N : normalité du thiosulfate de sodium en g (prise d'essai) ?

Ii : indice d'iode (g d'iode/100g de matières grasses).

CHAPITRE II : NOTION SUR LE JATROPHA

II-1 Introduction

Originnaire d'Amérique centrale et Sud, aujourd'hui répandu dans le monde entier après avoir été introduit par les marins portugais via les îles du Cap Vert dans différents pays d'Afrique et d'Asie, le jatropha curcas est une plante de la famille des Euphorbiacées.

Elle peut atteindre jusqu'à 8m de hauteur dans certaines régions et une durée de vie de plus de 50ans.

Son principal avantage agronomique est qu'elle résiste à la sécheresse, aux climats semi-arides et peut pousser sur des sols relativement pauvres.

Son irrigation ne pose pas de problème car c'est une espèce peu exigeante en eau, en fertilisant et en entretien.

Le jatropha peut pousser partout à Madagascar, même sur les sols sont gravillonnaires, sableux ou salés contrairement à d'autres cultures dont l'irrigation nécessite des barrages.

Facile à multiplier par semence ou par bouturage ou en laboratoire par culture in vitro, le jatropha fournit des graines dès la deuxième saison ou troisième saison suivant sa mise en terre.

Elle a également la particularité de ne pas être broutée par des animaux à cause de sa toxicité.

Selon les espèces et les milieux de culture, la production d'huile de jatropha varie entre 2 tonnes à 5 tonnes par hectare seulement durant les premières années car elles peuvent atteindre 15 tonnes à la cinquième année.

Les graines ont un rendement en huile environ égal à 37% de leur poids avec les extracteurs d'huile artisanaux.

Avec un extracteur d'huile mécanique, on peut avoir un taux d'extraction avoisinant les 80%.

En plus de servir de source biodiesel, l'huile de jatropha est aussi utilisée comme produit en médecine traditionnelle à cause de ses propriétés médicinales et cosmétiques.

II-2- Les différents types et caractéristiques de jatropha [3]

Le Jatropha est un genre de plantes dicotylédones de la famille des Euphorbiaceae. On dénombre environ 160 espèces appartenant au genre Jatropha, espèces originaires d'Amérique centrale ou du Sud.

Comme pour la plupart des Euphorbiaceae, les baies et la sève sont toxiques (y compris pour les poulets, les poissons, les ruminants et même les chèvres dans ce cas, quelle que soit la dose testée).

Les jatrophas les plus connus pour leurs usages sont :

Jatropha curcas (également appelée fougère, pignon d'Inde ou médicinier). C'est un arbuste traditionnellement utilisé en haie vive pour protéger des cultures ou des habitations des animaux (ses graines aux propriétés médicinales sont toxiques pour les humains et les animaux), originaire d'Amérique centrale. Il est aujourd'hui répandu dans le monde entier.

Intérêt médicinal : Divers Jatropha ont un usage médicinal traditionnel et pourraient en trouver d'autres : Par exemple, Jatropha curcas présente des vertus désinfectante, antifongique et antiparasitaire, susceptible d'être utilisée contre la Malaria. Jatropha cillata contient des flavonoides qui sont un anxiolytique atténuant les conflits entre souris de laboratoire

L'huile de jatropha extraite de son fruit peut être utilisée pour produire du savon ou des bougies.

Plus récemment, cette huile a été proposée comme source d'agrocarburant, mais avant que les besoins de l'espèce soient bien connus et avec des résultats controversés.

- Jatropha gossypifolia dont l'huile est purgative et la racine utilisée contre la lèpre ;
- Jatropha integerrima, épicar, à la floraison rouge décorative ;
- Jatropha multifida, l'arbre corail dont les feuilles sont consommées au Mexique ;
- Jatropha podagrica, plante ornementale très prisée ;
- Jatropha phyllacantha, plante du Brésil aussi appelée favela qui donna son nom aux quartiers déshérités de la plupart des villes du pays.

I-3 Le Jatropha curcas [3] [4]

II.3.1 Description botanique

La plante Jatropha est un petit arbre ou un grand arbuste qui peut atteindre une hauteur de 5 m. La durée de vie de la plante de Jatropha curcas est de plus de 50 ans. Le Jatropha curcas est une espèce résistante à la sécheresse qui est largement cultivée sous les tropiques comme haie vive car elle n'est pas broutée par les animaux. Les graines sont toxiques pour les humains et pour beaucoup d'animaux



Photo 1 : le jatropha curcas

II.3.2 Production

Les chiffres donnés dans les littératures pertinentes varient de 300 g à 9 kg par arbre. La production par hectare est entre 2 tonnes à 5 tonnes.

II.3.2.1 La multiplication générative (graines)

Le meilleur moment pour un ensemencement direct est le début de la saison pluvieuse, après les premières pluies. Les graines sont semées dans le sol à une profondeur de 2 - 3 cm. Après 2 ans ou 3 saisons pluvieuses, la plante Jatropha produit de nouvelles graines.



Photo 2 : les graines de jatropha

II.3.2.2 La multiplication végétative (boutures)

Le Jatropha est très facile à multiplier par bouture, les boutures sont placées environ 20cm dans le sol. Les boutures doivent avoir plus d'1 an, avant d'être lignifiées et posséder une longueur de 60 à 120 cm. Le meilleur moment pour la plantation est de 1 à 2 mois avant le début de la saison des pluies. Pour les haies vives, les boutures peuvent être plantées comme une barrière de bois mort, une

bouture à côté de l'autre. Les boutures doivent être à 20 cm dans le sol, en haut elles sont fixées avec des branches horizontales. La fonction de protection est ainsi réalisée immédiatement et en quelques semaines les boutures commencent à pousser. Si elle est bien maintenue, cette sorte de haie vive peut même tenir les poulets hors du jardin. Les boutures peuvent facilement être gardées dans un lieu ombragé pendant quelques semaines, sans qu'elles ne se dessèchent. Une couche de cire sur les feuilles et sur l'écorce réduit l'évaporation. Les boutures commenceront à pourrir avant de se dessécher.

I-4 Composition chimique

La graine de Jatropha contient entre 35-40% d'huile non comestible et malgré que sa composition chimique varie en fonction de la variété, elle peut se résumer de la sorte :

Humidité	6.2 %
Protéines	18.0 %
Lipides	38.0 %
Glucides	17.0 %
Fibres	15.5 %
Cendres	5.3 %

Tableau 4 : composition chimique de la graine de Jatropha

I-5 Différents usages du jatropha

L'intérêt croissant pour le Jatropha s'explique également par les nombreux usages de ses produits et sous produits.

I-5-1 Utilisation dans l'agriculture

I-5-1-1 Barrières naturels :

Le Jatropha peut être utilisé comme barrières contre les animaux pour protéger les cultures car sa toxicité les repousse. Une palissade peut permettre également de protéger les cultures du vent.

I-5-1-2 Anti-érosion

La racine profonde et les racines latérales proches de la surface du Jatropha assurent une protection efficace contre les érosions dues aux fortes pluies des régions tropicales.

I-5-1-3 Amélioration du sol

Le Jatropha peut être utilisé sur une longue durée pour réhabiliter des sols pauvres. Puisque le Jatropha peut pousser dans un sol peu fertile, après quelques années, les feuilles, les fruits et les matériaux organiques remontés à la surface par sa racine profonde améliorent la qualité du sol.

I-5-1-4 Protection contre les feux de brousse

Le Jatropha semble être assez résistant contre les feux de brousse.

I-5-2 Utilisation de l'huile [3]

➤ L'huile comme combustible :

Les caractéristiques physiques et chimiques de l'huile végétale dépendent principalement de la variété de la plante et du procédé d'extraction et de raffinage.

L'huile peut être utilisée pour remplacer les combustibles fossiles sous différentes formes. Soit être injecté à l'état pur dans un moteur diesel qui nécessite certaines modifications soit après transformation en agrocarburant. Le procédé de fabrication d'agrocarburant, c-à-d la transestérification, n'est pas un procédé complexe mais exige une bonne maîtrise de ce dernier pour pouvoir fabriquer à faible coût énergétique un carburant de qualité. Ce type de production n'est réalisable qu'à moyenne ou large échelle et nécessite l'import de produits chimiques et l'accès à l'électricité. Mentionnons également que des améliorations techniques des brûleurs et des lampes à huile sont encore nécessaires pour envisager l'utilisation de l'huile de Jatropha dans ces applications. En effet, ses propriétés chimiques et physiques différentes par rapport au fuel où à la paraffine, rendent son utilisation plus compliquée.

➤ L'huile pour la fabrication de savon

Le procédé de fabrication de savon à partir d'huile est facilement maîtrisable, bien connu et fort répandu en Afrique. Au vu des exemples lus, cette utilisation semble au niveau local la plus rentable économiquement.

➤ L'huile comme lubrifiant

L'huile de Jatropha peut être utilisée comme lubrifiant pour des moteurs diesels à faible vitesse de rotation.

➤ Usage médicinal

Certaines médecines traditionnelles utilisent la sève pour contrôler le saignement des plaies et l'huile pour traiter des maladies de la peau et apaiser les rhumatismes.

➤ Fabrication de produits chimiques

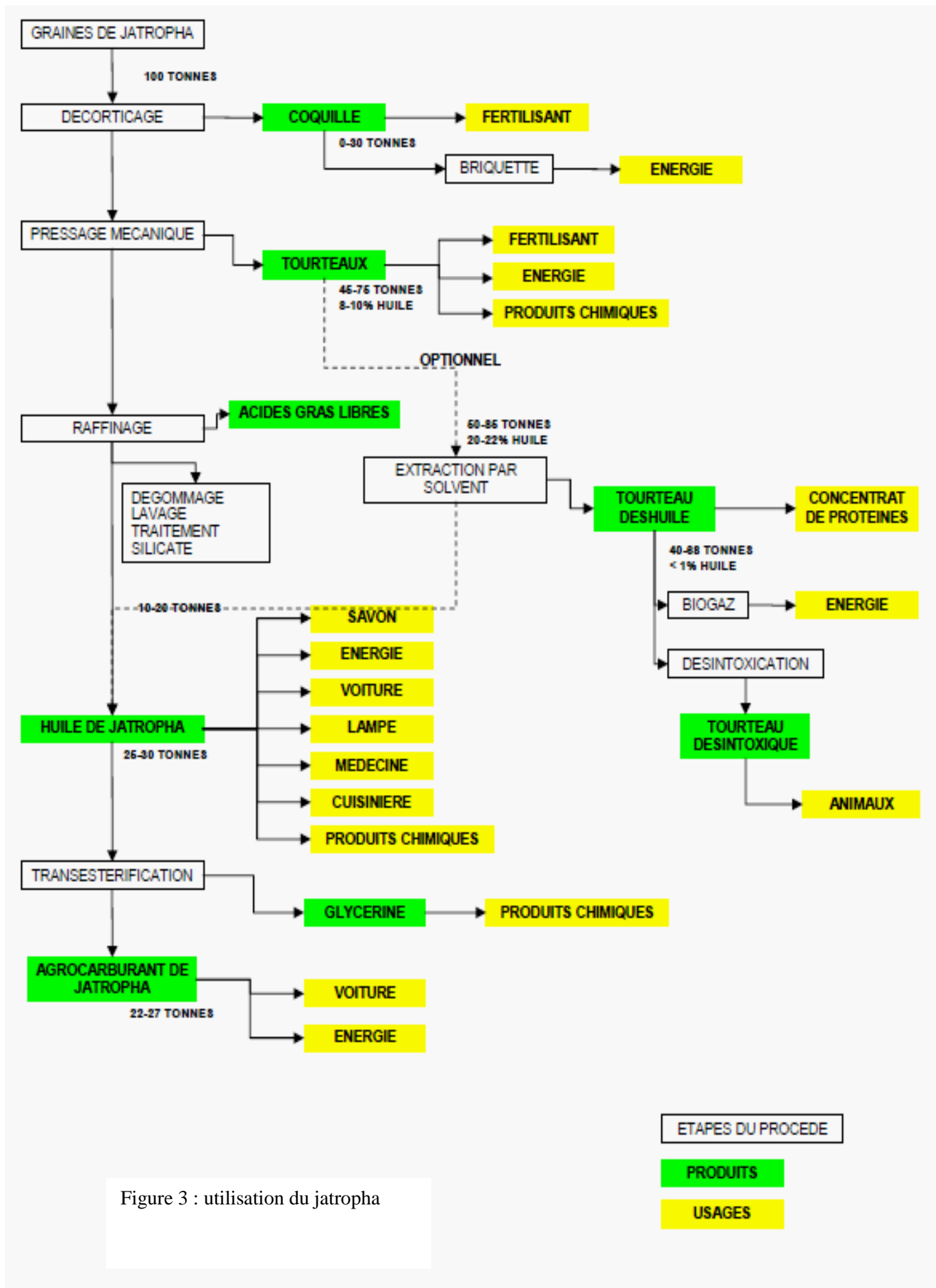
De l'huile de Jatropha certains composants peuvent être isolés et utilisés comme matière première pour l'élaboration de produits chimiques (insecticides, pesticides,...).

➤ Utilisation des sous produits :

Après extraction on peut observer et distinguer les tourteaux, les coques... Bien entendu, dû à sa toxicité, il ne peut pas être utilisé tel quel comme aliments pour animaux.

Toutefois, des recherches pour la détoxification de l'huile et du tourteau sont en cours et certains procédés pourraient voir les jours dans les années à venir comme source de nouveau matériau usuel (contre plaqué, divers panneaux etc.)

Bref, on retiendra la figure 3 suivante qui résume bien les possibilités d'utilisation du Jatropha.



CHAPITRE III : PRODUCTION DE BIODIESEL A PARTIR DE L'HUILE DE JATROPHA

III-1 Historique

Le procédé de fabrication du combustible à partir de la biomasse utilisée comme matière première dans les années 1800 est essentiellement le même que celui d'aujourd'hui.

L'histoire du biodiesel est beaucoup plus politique et économique que technologique.

Le début du 20^{ème} siècle a vu l'introduction massive des automobiles à essence. Depuis lors, les compagnies pétrolières ont été obligées de raffiner beaucoup de pétrole brut destiné à l'approvisionnement en essence de ces véhicules.

De nos jours l'épuisement des sources d'énergies fossiles est annoncé du fait de cette exploitation massive.

C'est ce qui a engendré l'émergence de l'utilisation des huiles végétales comme carburant.

La production de biodiesel à partir d'huiles végétales n'est pas un processus nouveau.

La transformation d'huiles végétales ou de graisses animales en ester de mono alkyl, ou biodiesel est connue sous le nom de transesterification. Ce processus est connu depuis la fin du 19^{ème} siècle.

Patrick et Duffy ont mené une réaction de transesterification dès 1853.

La vie du moteur Diesel a commencé en 1893, lorsque le célèbre inventeur allemand Rudolph Diesel a publié un document intitulé « the theory and construction of a rational heat engine ».

Le document décrit un moteur révolutionnaire dans lequel l'air est comprimé par un piston à très haute pression causant ainsi une température très élevée.

Dr. Rudolph Diesel conçut le premier moteur Diesel pour fonctionner à l'huile végétale.

Lors de l'exposition mondiale de Paris en 1900, on montra un petit moteur diesel qui marchait avec l'huile d'arachide.

Ce moteur marchait si bien que le changement de carburant fut remarqué par peu de visiteurs. En raison de sa haute température créée, le moteur était capable de fonctionner avec une variété d'huiles végétales.

Lors de la foire universelle à Paris en 1911, Dr Diesel a également fait fonctionner son moteur avec l'huile d'arachide et a déclaré « le moteur diesel peut être alimenté avec des huiles végétales et contribuera considérablement au développement des pays qui l'utilisent ».

Les camions de l'armée française reliaient Dakar à Alger fonctionnent à l'huile d'arachide.

L'une des premières utilisations de l'huile végétale transesterifiée pour alimenter des véhicules lourds a été vue en Afrique du sud avant la seconde guerre mondiale.

Le terme de « biodiesel » a été donné à l'huile végétale transesterifiée pour mieux rapprocher ses caractéristiques à celle du carburant diesel.

Ainsi l'utilisation des huiles végétales comme alternatives de carburant renouvelable en concurrence avec le pétrole a été proposée au début des années 1980, mais la production n'a commencé qu'après les années 1990.

Il est donc tout à fait possible de remplacer l'huile minérale par de l'huile végétale, reste à choisir la solution durable la plus adaptée à chaque pays, à son climat, à sa pluviométrie, à ses sols, à sa population.

III-2 Définitions

Un biocarburant est un carburant fabriqué à partir de matières premières végétales utilisé comme additif aux carburants traditionnels ou comme produit de substitution.

Les biocarburants de première génération sont répartis en deux grandes familles qui sont :

a) Première famille

Le biodiesel pour les moteurs diesel, qui est fabriqué à partir de plante contenant (colza, tournesol, soja, palme, ricin, jatropha etc...). l'huile végétale brute obtenue par simple pressage des grains d'une des plantes citée ci-dessus n'est généralement pas utilisée directement dans les moteurs diesel car elle est considérée comme un des carburant incompatible avec des moteurs modernes.

b) Deuxième famille

Le bioéthanol destiné aux véhicules à essence est un alcool produit par fermentation soit du sucre issu de plantes (betteraves, cannes à sucre) soit de l'amidon issu de céréales (blé, maïs).

Pour éliminer les difficultés techniques liées au stockage de l'éthanol, celui-ci est généralement converti par une réaction chimique en un éther dérivé de l'éthanol : l'ETBE (éthyl-tertio-butyl-éther). Cependant ce dernier (la deuxième famille) des biocarburants ne sera pas traité dans le cadre de ce projet, il est donné simplement en guise d'information.

Il y a 3 types de biocarburants suivant l'état physique (solide, liquide, gazeux) :

- Solides : biocombustibles solides
- Liquides : bio huile, biodiesel, bioéthanol
- Gazeux : biogaz, gaz de biosynthèse

Il est important de rappeler que seul le biodiesel parmi les biocarburants précités sera étudié.

Il convient de souligner qu'il existe deux autres filières appartenant à la catégorie des biocarburants de seconde génération : il s'agit de la filière lignocellulosique, carburant de transport fabriqué à partir de déchets agricoles et ligneux (bois, paille....) et de la filière algale.

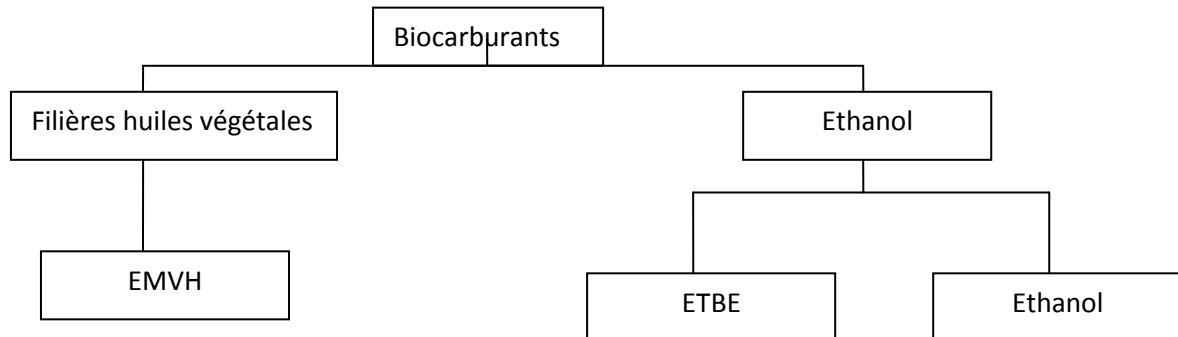


Figure 4 : les filières des biocarburants

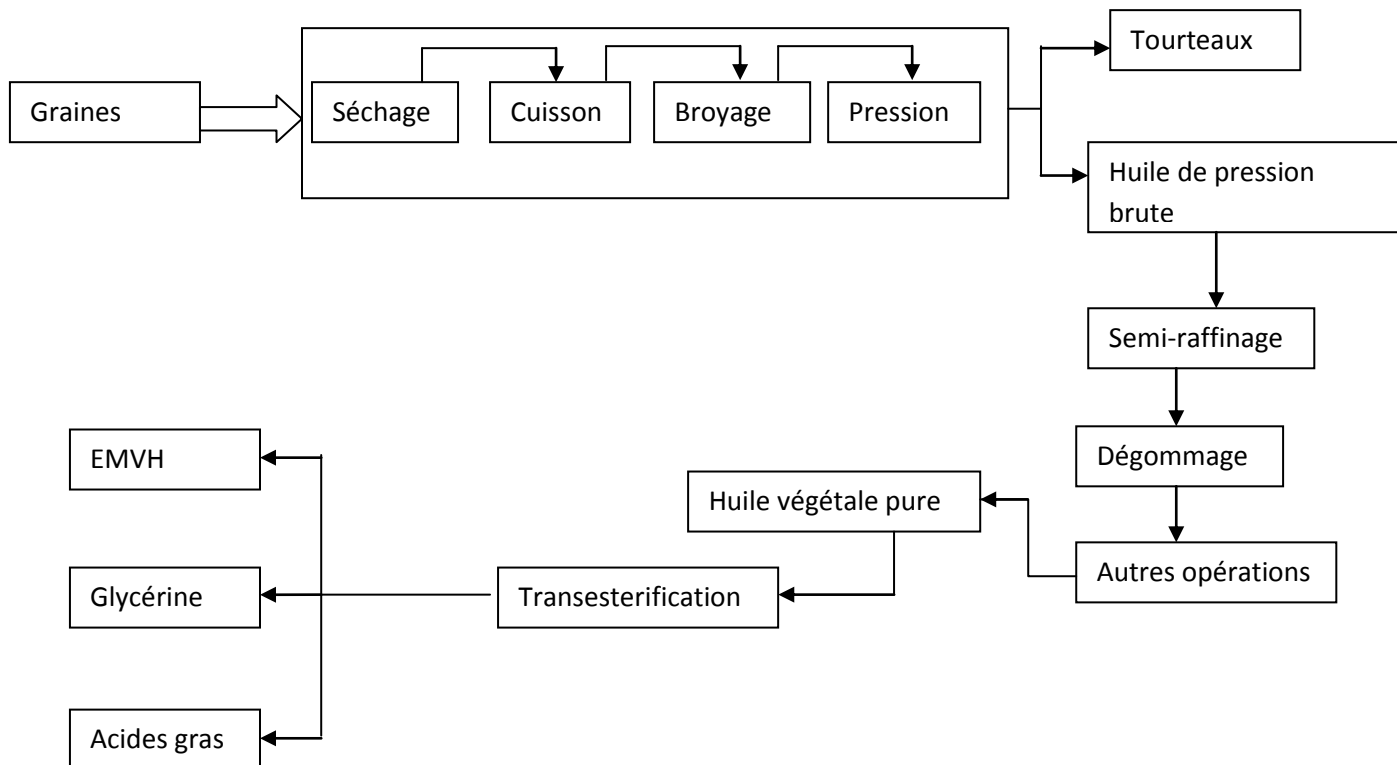


Figure 5 : les étapes de la transformation des huiles

III-3 Les esters d'huiles végétales et de graisses

Les huiles végétales et les graisses animales en réaction catalysée avec un alcool donnent un ester alkyl correspondant.

Cette réaction est connue sous le nom de transesterification.

Elle change complètement la composition chimique de l'huile qu'elle transforme en ester.

Au cours de cette réaction les huiles végétales réagissent avec des molécules de méthanol (ou d'éthanol) pour former des mono esters (ou éthyliques) (Ester Méthyliques d'huile Végétale : EMVH) et du glycérol. Ainsi les propriétés de l'huile sont changées, dès lors elle est comparable à un combustible diesel : c'est le biocarburant en question.

III-4 Historique sur la réaction de transesterification relatif aux huiles végétales

C'est une réaction chimique qui fait l'objet de plusieurs recherches dans le passé. Beaucoup de licences ont été délivrées à des chercheurs dans les années 40, pour avoir mis en place des brevets d'interventions relatifs à la conversion des huiles végétales en esters.

Nombreux de ces travaux consistaient à faire l'alkoolyse des triglycérides avec un catalyseur alcalin dans le but d'obtenir les esters correspondants.

Ces travaux étaient destinés à des utilisations purement chimiques (détergents par exemple).

Par la suite beaucoup d'investigations ont été faites sur les huiles et oléagineux, et des tests sur les esters correspondants dans chaque cas ont été réalisés par des instituts agréés dans le domaine. Par contre c'est seulement au lendemain de la première crise pétrolière dans les années 70 que beaucoup de chercheurs ont commencé à voir l'importance de ces esters.

C'est à ce moment qu'ils ont commencé à l'introduire dans des moteurs à injection directe.

III-5 But de la réaction de transesterification

La décomposition thermique d'une huile qui est un ester de glycérine, en l'absence d'oxygène conduit à la formation de glycérol et d'un mélange d'esters.

L'objectif d'une telle étude est l'utilisation des esters obtenus comme carburant diesel ; l'étude conduit en même temps à :

- a) L'élimination totale de la glycérine,
- b) La diminution du point d'ébullition de l'huile,
- c) La diminution du point éclair de l'huile,
- d) L'utilisation de la glycérine dans l'industrie chimique,
- e) L'utilisation des sous produits dans l'industrie du savon et des détergents.

III-6 La réaction proprement dite

La réaction de transesterification permet de raffiner l'huile presque la plus grande partie des phospholipides et des acides gras libres seront éliminés.

L'acide gras libre disparaît complètement avec les catalyseurs basiques.

En catalyseur acide, l'ester reste encore acide, ce qui risque de poser des problèmes.

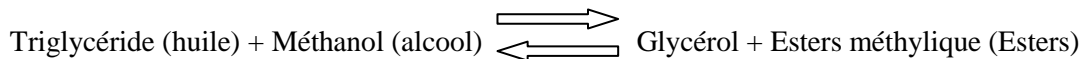
L'indice d'iode des esters méthyliques est pratiquement le même que celui des huiles brutes ; l'indice de saponification ne change pas.

L'indice de peroxyde et l'acidité doivent être mesurés à nouveau.

Lorsque la réaction est incomplète, il peut avoir présence de mono et di glycérides dans les esters. Il faut enlever les mono glycérides par filtration ou éviter d'en former.

Si l'alcool reste dans les esters, certains de leurs caractéristiques peuvent être améliorés (qualité à froid, courbes de distillation, viscosité), mais au détriment de l'indice de cétane et du point éclair.

La fabrication d'esters méthyliques ou éthyliques à partir des huiles végétales est donnée par la réaction de transesterification suivant l'équilibre :



III-7 Caractéristiques des biocarburants

1) Cas des gaz à effet de serre

Les gaz à effet de serre sont des gaz qui de par leurs propriétés physiques contribuent à l'effet de serre.

Les principaux gaz à effet de serre sont :

- Le dioxyde de carbone (CO_2) ;
- Le méthane (CH_4) ;
- Le protoxyde d'azote (N_2O) ;

En effet ces gaz absorbent le rayonnement infrarouge émis par la terre car ils en sont opaques.

Or en absorbant le rayonnement ils emprisonnent l'énergie thermique près la surface du globe ce qui va permettre à notre planète de garder une température moyenne de $+15^\circ\text{C}$ à sa surface.

Ce qui fait l'avantage de la biomasse comparée aux carburants fossiles est le fait que le bilan des GES de la biomasse ne perturbe pas le résultat global des GES de la biomasse tout au long de son cycle de vie est neutre.

Ainsi la biomasse ne perturbe pas le résultat global des GES car elle n'y ajoute pas plus qu'elle n'en enlève.

En effet au moment de leur croissance, les arbres consomment du dioxyde de carbone et ils en libèrent également lorsqu'ils meurent.

Par contre, l'exploitation de la biomasse par l'homme peut être une source d'émission de GES.

2) Indice de cétane

L'indice de cétane, caractérise l'aptitude à l'auto-inflammation des carburants diesels.

Cette caractéristique est très importante car elle influence directement le bon fonctionnement de la combustion et le délai d'inflammation.

3) Indice d'octane

L'indice d'octane est un nombre qui mesure la valeur antidétonante d'un carburant, c'est-à-dire la compression maximale que le mélange d'air et de carburant peut supporter après introduction dans le moteur, sans qu'apparaissent les phénomènes de détonation et d'auto-allumage. L'indice d'octane concerne les moteurs à essence.

4) Miscibilité

La miscibilité est la capacité du biocarburant à se mélanger de façon homogène avec d'autres carburants. Cette propriété est indispensable dans la production du biodiesel et du bioéthanol.

5) Viscosité

C'est la caractéristique d'un biocarburant à être plus ou moins fluide.

Elle dépend de la température. Plus cette dernière est élevée, plus le biocarburant est fluide.

III-8 Pourquoi raffiner les huiles végétales ? [2]

Les huiles végétales et les matières grasses sont indispensables à l'humanité car étant une source de nutriments et de matières premières industrielles.

L'huile végétale brute doit être raffinée avant son utilisation à des fins comestibles.

En effet, les huiles végétales brutes après extraction, contiennent des impuretés notamment des petites particules de graines, des produits toxiques (tels que pesticides, glycosides), des phospholipides, des métaux (tels que le fer et cuivre), de gommes et de cires qui sont présents dans l'huile à l'état de traces et qui doivent être éliminées pour anticiper sur des futurs problèmes de maintenance relatifs à l'obturation prématurée des filtres à gazole et des dépôts dans certaines parties du moteur.

1) Les acides gras libres

La graine des huiles végétales contient naturellement des acides gras libres.

Ils participent aux réactions biochimiques de la biosynthèse.

Ils proviennent également de la réaction d'hydrolyse enzymatique qui se produit dans les huiles brutes soit au cours de leur stockage.

Leur présence dans un corps gras peut être assimilée à celle d'un catalyseur d'oxydation.

2) Les procédés industriels de raffinage des huiles végétales

Nous allons donner théoriquement à titre d'information les différents procédés de raffinage que nécessite une huile végétale brute avant son utilisation à aucune fin que se soit. Le raffinage des huiles végétales comprend également les étapes suivantes :

- Le dégomme ;
- La neutralisation ;
- Le lavage ;
- Le séchage ;
- La décoloration ;
- La désodorisation ;
-etc.

Nous avons la présentation générale du raffinage de l'huile dans le flow-sheet de la page suivante.

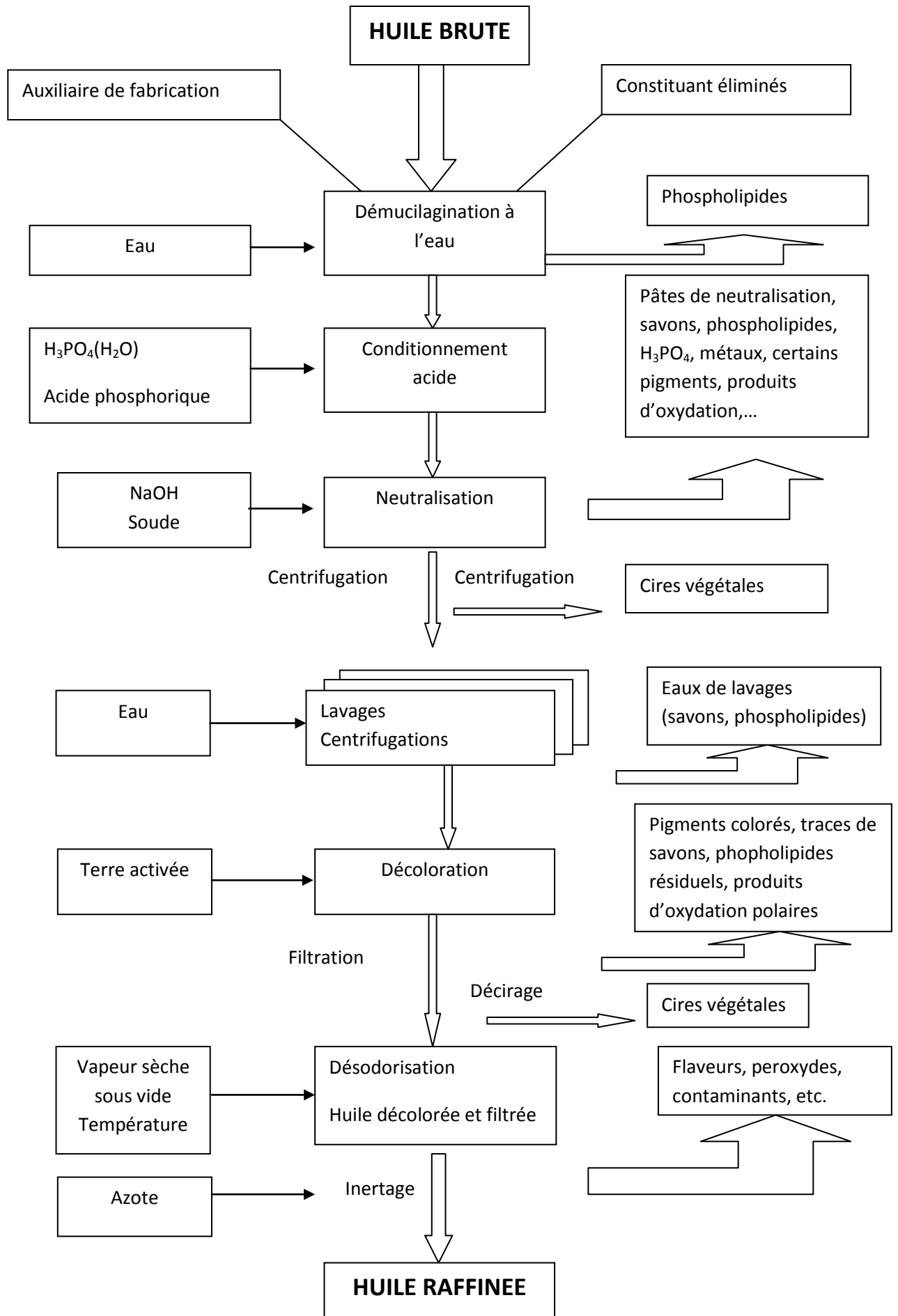


Figure 6 : raffinage de l'huile

a) Dégommage

Le dégomme ou la démucilagination a pour but d'éliminer de l'huile végétale brute les composés susceptibles de devenir insolubles par hydratation ou d'être éliminés avec la phase aqueuse (Glucides).

Il existe différents types de dégomme de l'huile végétale mais nous allons citer les plus généralement utilisés :

- le dégomme à l'eau qui consiste à utiliser de l'eau chaude qui insolubilise les phospholipides ainsi que diverses matières colloïdales.
- le dégomme à l'acide qui consiste à éliminer les phospholipides non hydratables.

b) Neutralisation

On peut raffiner l'huile végétale des acides gras libres de deux manières.

La méthode chimique qui consiste à les neutraliser à la soude et la méthode physique (entraînement à la vapeur).

C'est l'opération la plus délicate et la plus importante du raffinage.

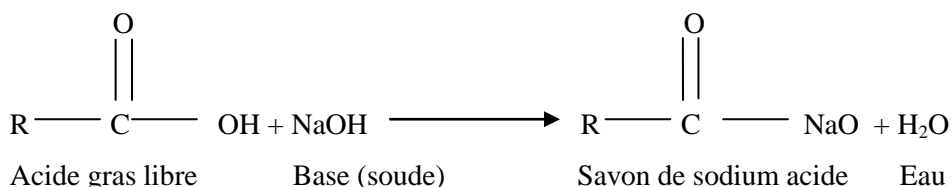
Il s'agit ici de la méthode chimique où la teneur en acides gras libres s'exprime en pourcentage d'acide palmitique.

La neutralisation par des bases élimine les acides gras libres sous forme de savon appelé communément « pâte de neutralisation » qui contiennent également les mucilages, diverses impuretés.

Cette réaction permet donc d'enlever la quantité d'acide qui ne participe pas dans la liaison glycéridique pour en faire un savon.

Nous allons en profiter pour définir l'indice de saponification (I_{sap}) qui consiste à évaluer la quantité de soude (NaOH) nécessaire pour neutraliser la totalité des acides gras libres contenus dans l'huile végétale.

La réaction de neutralisation des acides gras libres s'effectue selon l'équation suivante :



Pour avoir une bonne neutralisation, il faut bien doser avec la soude.

Un mauvais dosage entraîne un rendement médiocre en huile raffiné à cause de l'effet de la saponification parasite.

Plus l'huile est acide, plus la solution de soude peut être concentrée car les risques de saponification parasites sont plus faibles.

c) Le lavage

Le raffinage ne se résume pas seulement à la neutralisation des acides gras libres.

L'huile obtenue après neutralisation contient de petites quantités de savon en solution ou en fines suspension.

Ces impuretés qui ont pu s'échapper à l'opération de neutralisation doivent être éliminées par deux lavages successifs.

La première opération consiste à faire coaguler ces fines quantités de savon en utilisant une solution aqueuse de chlorure de sodium (NaCl) à 8-10% portée à une température de 95°C.

La seconde opération de lavage utilise un volume d'eau de 7 à 10% du volume de l'huile porté à 85%.

La séparation se fait par décantation.

d) Le séchage

L'huile neutralisée sortant du lavage présente une certaine humidité pouvant provoquer le colmatage des filtres concernés au niveau du moteur.

Le séchage a pour rôle de débarrasser l'huile de l'eau qu'elle contient ainsi que la disparition de la mousse formée en surface.

L'huile lavée est séchée généralement avec une température variant entre 105 à 110°C

e) La décoloration/

Cette opération consiste à éliminer les pigments colorés nuisibles à la couleur de l'huile et à sa conservation qui ont pu échapper en amont bien menées que correctement. Lors de cette opération sont adsorbées les impuretés notamment les métaux, les savons, les composés phosphatidiques et les hydrocarbures aromatiques.

C'est le phénomène d'adsorption. Il se fait en utilisant des terres décolorantes, du charbon actif, des silices spéciales ou des combinaisons de substances.

L'opération consiste à faire un mélange terre/huile porté à une température de 90°C dans un décolorateur.

La quantité de substances adsorbées et celle de substance résiduelle dissoute sont résumées par la formule de Freundlich suivante :

$$\log \frac{x}{m} = n \log C + k \quad (5)$$

Avec :

x : quantité de substances adsorbées.

m : quantité d'adsorption.

C : la quantité de substance résiduelle dissoute.

N : constante dépendant de la nature de l'adsorbant.

k : constante appelé capacité d'adsorption.

f) La désodorisation

La désodorisation a pour but d'éliminer les substances volatiles telles que les aldéhydes et les cétones et les acides gras qui sont responsables de l'odeur et du goût indésirables à l'huile.

La qualité de l'huile végétale désodorisée doit répondre à des valeurs normalisées en goût, acidité, couleur et indice de peroxyde.

L'opération consiste à injecter de la vapeur sèche dans l'huile portée à une température très élevée.

On peut alors en conclure ce paragraphe avec ce tableau dans la page qui suit.

Opérations	Composants éliminés	Composants parasites introduits
Dégommage (éventuel)	Mucilages, phospholipides et composés protidiques	Eau
Neutralisation Chimique	Acides gras libres Phosphatides résiduels Composés de dégradation d'origine oxydative Composés métalliques Gossypol (coton) Aflatoxine (arachide) Insecticides organophosphorés.	Savon Eau
Lavage	Savon, traces de soude Phosphatides résiduels	Eau
Séchage	Eau	
Décoloration	Pigments (carotéonides et chlorophyllien essentiellement) Savon Hydrocarbures polycycliques (si traitement au charbon actif)	Destruction des peroxydes et formation d'isomères à double liaisons conjuguées Acides gras libres (par acidification des savons)
Désodorisation	Acides gras libres Substances volatiles responsables de l'odeur et du goût. Peroxydes et produits de dégradation Pesticides organochlorés Stérols et tocophérols	Formation d'isomères géométriques de dimères

Tableau 5: les composés éliminé durant le raffinage.[2]

III-9 Application de la réaction de transesterification à l'huile de jatropha

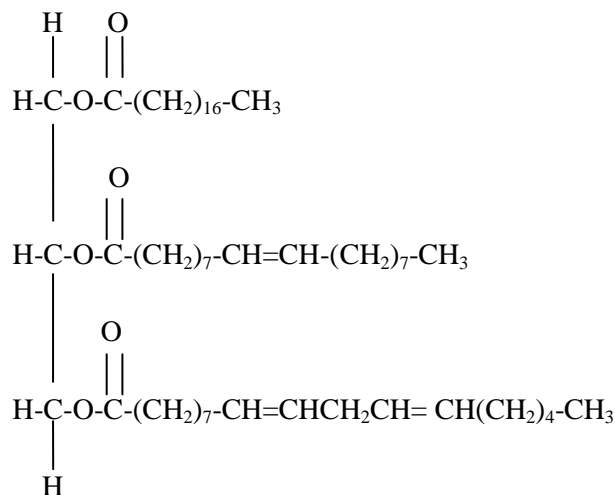
Le raffinage de l'huile de jatropha par la réaction de transesterification qui selon la définition précédente consiste à faire réagir de l'huile de jatropha avec un alcool pour donner les esters correspondants et du glycérol.

L'un des facteurs importants de cette réaction de conversion est la nature et la quantité de catalyseur (base) utilisé.

Il permet d'améliorer la vitesse de réaction et d'augmenter le rendement.

Il s'agit généralement de l'hydroxyde de sodium (NaOH) ou de l'hydroxyde de potassium (KOH).

La structure organique du jatropha curcas est la suivante :



La réaction de transesterification contribue au raffinage de l'huile de jatropha selon la figure suivante :

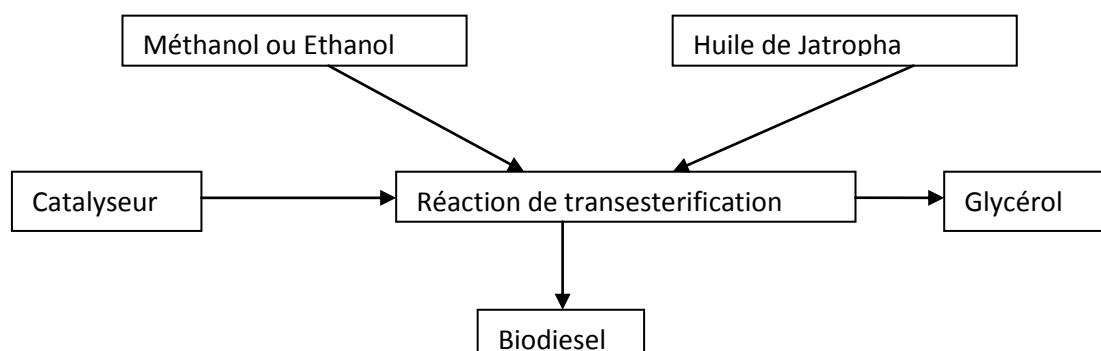


Figure 7: réaction catalysée de transesterification de l'huile de jatropha

Ainsi on obtient la réaction suivante

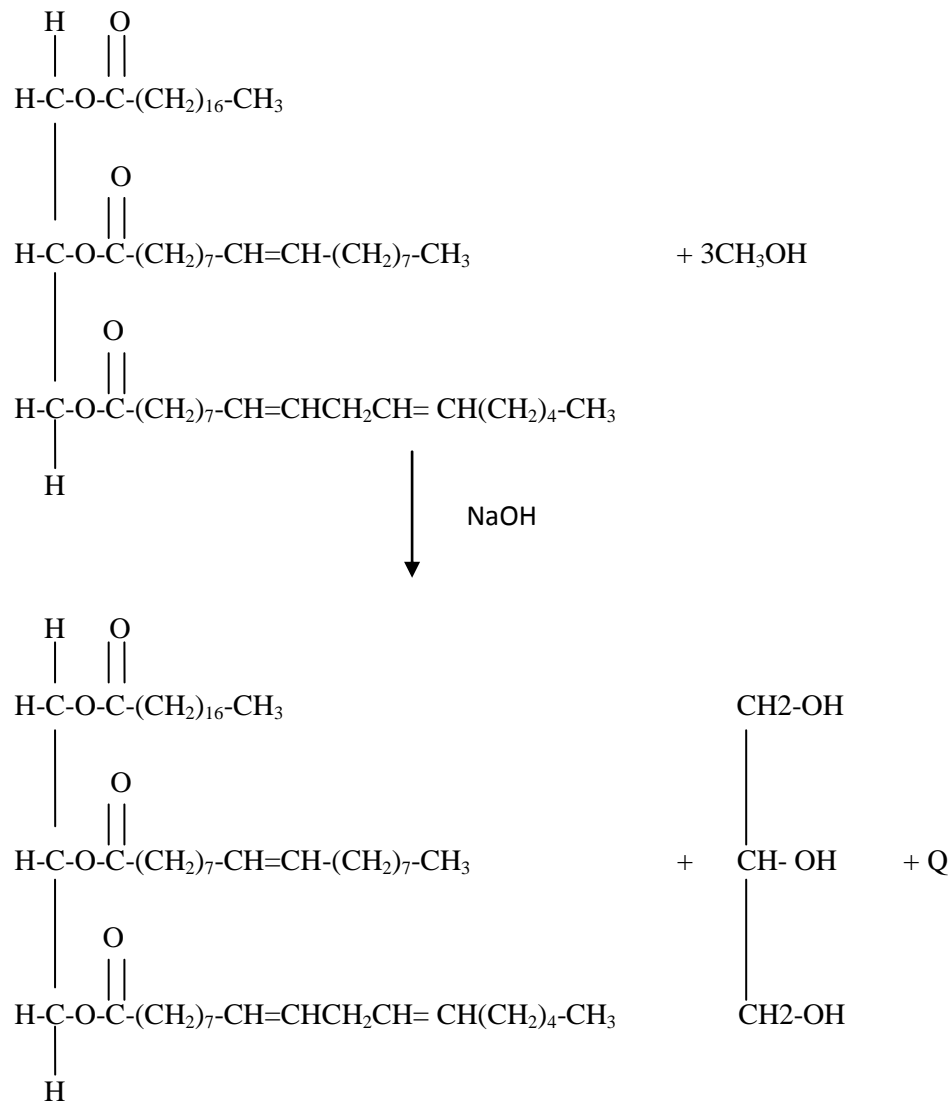


Figure 8: réaction de transesterification

a) La composition chimique :

L'huile de jatropha est constitué de : 7% d'acide stéarique, 50% d'acide linoléique et de 37% d'acide linolénique. Les autres acides sont présents sous forme de traces.

b) La masse molaire moyenne de l'huile de jatropha

Soit une masse m_H d'huile : les nombres de moles des différents composants peuvent s'écrire comme suit :

$$n(\text{acide stéarique}) = \frac{0,07}{284} m_H$$

$$n(\text{acide oléique}) = \frac{0,37}{282} m_H$$

$$n(\text{acide oléique}) = \frac{0,50}{280} m_H$$

$$\text{Nombre total de mole } n_T = m_H \left(\frac{0,07}{284} + \frac{0,37}{284} + \frac{0,50}{280} \right)$$

$$n_T = 3,344249 \cdot 10^{-3} m_H$$

Les fractions molaires :

$$X_{\text{ac.Stéarique}} = \frac{0,07 m_H}{284 \cdot 3,344249 \cdot 10^{-3} m_H} = 7,37\%$$

$$X_{\text{ac.Oléique}} = \frac{0,37 m_H}{282 \cdot 3,344249 \cdot 10^{-3} m_H} = 39,23\%$$

$$X_{\text{ac.Linoléique}} = \frac{0,50 m_H}{280 \cdot 3,344249 \cdot 10^{-3} m_H} = 53,39\%$$

$$M = \sum_{i=1}^3 X_i M_i$$

$$M = X_{\text{ac. Stéa}} \cdot M_{\text{ac. Stéa}} + X_{\text{ac. oléiq}} \cdot M_{\text{ac.oléiq}} + X_{\text{ac. lino}} \cdot M_{\text{ac. lino}}$$

$$M = ((7,37 \times 284) + (39,23 \times 282) + (280 \times 53,39)) \times \frac{1}{100}$$

$$M = 281,0514 \text{ g/mol}$$

c) Quelques considérations sur le glycérol :

Le glycérol, encore appelé propane 1-2-3 triol ou glycérol est un alcool tri hydraté, visqueux et au goût sucré. Il a été découvert en 1779 par SHEELE.

Il est présent naturellement dans toutes les huiles végétales sous forme de glycérides et se retrouve comme sous-produit quand ces huiles sont saponifiées ou transesterifiées ou dans la production d'acide gras.

Le glycérol peut être produit à des fins commerciales par synthèse à partir du propylène. Son utilisation est diverse ; elle s'étend aux industries pharmaceutiques, cosmétiques, aux pâtes dentifrices, aux résines synthétiques et aux industries de tabac et alimentaires.

Le terme glycérol s'applique seulement au propane 1-2-3 triol pur et celui de glycérine au produit commercial purifiée qui contient plus de 95% de glycérol.

Plusieurs qualités de glycérine sont disponibles sur le marché, la différence réside dans la composition en glycérol, la couleur, l'odeur et les traces d'impuretés.

Propriétés :

A température ambiante, le glycérol est généralement sous sa forme cristallisée car il a tendance à se sous refroidir et sa température de congélation se diminue grandement quand on le mélange à l'eau.

Ex : 66,7% glycérol + 33,3 % eau forment un mélange eutectique qui se solidifie à -46,5°C

Propriétés	Valeurs
Température de fusion à 1bar	18, 17°C
Température d'ébullition	
0,53 kPa	14,9°C
1,33 kPa	166,1°C
13,33 kPa	222,4°C
101,3 kPa	290°C
Densité à 25°C	1,262
Pression de vapeur	
50°C	0,33 Pa
100°C	526 Pa
150°C	576 Pa
200°C	61 000 Pa
Tension de surface (20°C)	36,4 Mn/m
Viscosité 20°C	1499 mPa.s
Chaleur de vaporisation	
55°C	88,12 J/mol
95°C	76,02 J/mol
Chaleur de formation	667,8 kJ/mol
Conductivité thermique	0,28W/m.K
Flash point	177-199°C
Température d'inflammation	204°C

Tableau 6:
caractéristique physique
du glycérol [2]

CHAPITRE IV : MODE D'EXTRACTION DE L'HUILE

IV 1 Introduction

L'extraction de différentes huiles végétales de première pression à froid, avec une presse, est encore une technique empirique puisqu'on agit sur des produits vivants d'une grande diversité de genres et de qualités. Le principe de l'extraction d'huile, qui est en fait une séparation liquide/solide, doit remplir les conditions suivantes pour que l'on puisse obtenir une huile et un tourteau de qualité :

- Etre en capacité de presser des graines de différentes qualités ou maturité dont le taux d'humidité peut varier. La machine doit donc avoir une certaine polyvalence ce qui ne va pas sans difficultés.
- Assurer une pression progressive, contrôlée dans le temps, sans effet de trituration qui aide à la libération de principes amers ou de phospholipides en grande quantité. Pour la même raison, limiter l'élévation de la température consécutive à la pression.

- Assurer une certaine pression pour obtenir un taux d'extraction satisfaisant pour des raisons de rentabilité. Une bonne presse est celle qui sera capable, dans son environnement technique, de remplir ce cahier des charges dans un compromis acceptable.

IV 2 Historique

Dans l'antiquité, la machine répondant à ces critères était la presse à levier, ce qui permit à Archimède de le constater. Bien souvent, elle était composée d'un tronc d'arbre fiché dans une paroi, une falaise, ou dans une muraille et dont l'autre extrémité était chargée de quelques tonnes de roches ou munie d'un cabestan. Par un astucieux système de mouflage, il suffisait de décharger et recharger quelques centaines de kilos pour obtenir ce mouvement et donc la pression.

S'ensuivit la presse à vis verticale, puis la presse hydraulique. Le fonctionnement alternatif de ces machines ne favorise pas leur rendement ; il n'en demeure pas moins que la presse hydraulique est encore largement utilisée de nos jours, pour des huiles rares et de très haute qualité, ainsi que pour certaines graines dont la composition ne permet pas l'emploi d'une machine moderne travaillant en continu. Il en va de l'huile comme de l'eau de vie ou de l'essence de plantes, la première coulée est la bonne.

Bien sûr, on rallonge, mais pas trop. Mais pour des raisons de rentabilité son utilisation n'est pas adaptée à une solution économique viable, lorsqu'il s'agit de grandes quantités, ou pour des quantités moindres lorsqu'on ne dispose que de peu de temps. Aujourd'hui, hormis cette presse alternative, nous disposons de deux types de machines travaillant en continu, que l'on différencie par le sens de leur poussée.

Ce sont toutes des machines à vis sans fin. Elles sont bien connues sous le nom de :

- presse à barreaux ou à disques
- presse à tube ou à vis

IV 3 Les différent type de presse [6] [7]

IV 3 1 La presse à barreaux

Les presses à barreaux ou à disques possèdent une vis conique étagée ; le diamètre augmente dans le même sens que l'avancée de la graine. Cette vis est enfermée dans une cage cylindrique composée de barreaux (longitudinaux) ou de disques (transversaux) dont l'écartement et l'étagement sont très précisément réglés.

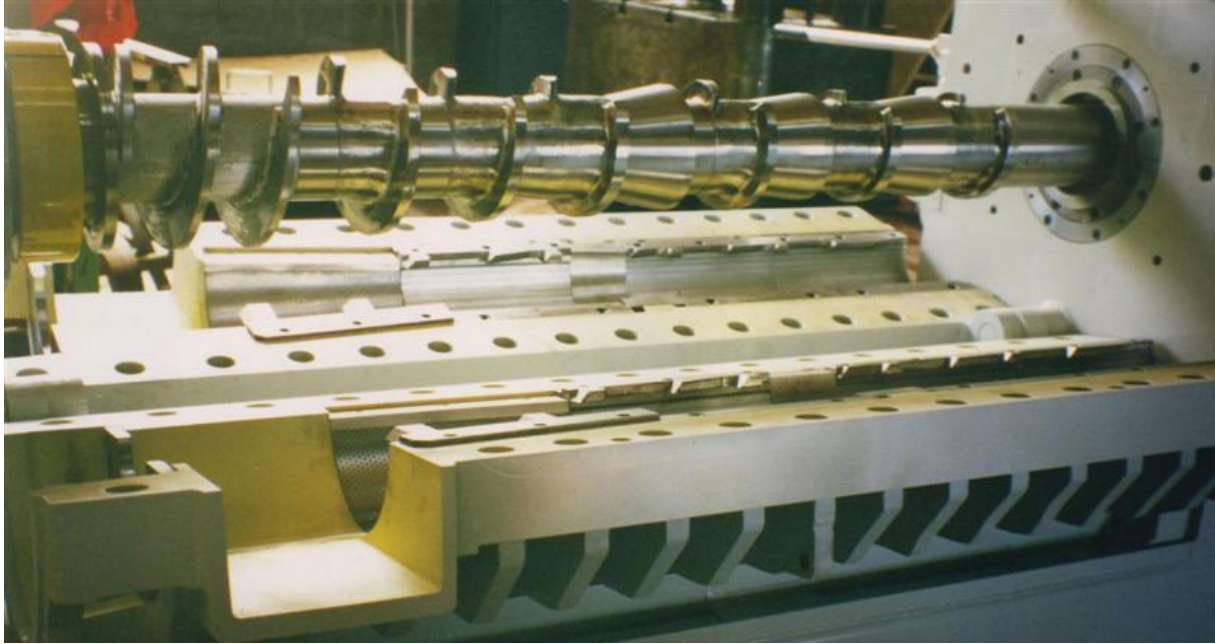


Photo 3 : presse à barreaux

. Vis de machine à barreaux, tout l'art du métier. De ce fait, l'effort principal est radial. Les graines sont donc comprimées entre la vis et le cylindre de la cage. La sortie de l'huile se fait sur le pourtour de la cage, par les intervalles entre les barreaux ou les disques. Le tourteau est évacué en bout de vis, sur sa périphérie, généralement sous forme de "chips". La matière avance dans un entonnoir, poussée par un pas de vis agressif, la pression augmente avec son déplacement (trituration importante, les cages sont renforcées contre la torsion). Du fait du rétrécissement de la section de passage, l'huile est purgée vers les intervalles de la paroi, sur toute la longueur. C'est le principe du laminage, la pression est obtenue par une diminution du volume de la machine sur sa longueur, sous amenée constante. La longueur de la vis ainsi que ses diamètres, la progression de ceux-ci, le diamètre de la cage, l'étagement des barreaux, leur nombre, les différents écartements, tous sont calculés en fonction de plusieurs paramètres tels que la vitesse ou la quantité de graines amenée ainsi que le type de graines, dans la recherche d'un certain débit et d'un taux d'extraction honnête. Ici entre en jeu le savoir faire et l'expérience du constructeur, la qualité des aciers et de l'usinage. Un espace mal adapté entre les barreaux, insuffisant, va dégrader une extraction correcte, réduire le débit de la presse, voire atteindre le bourrage, car l'huile n'est pas séparée et ne peut quitter la cage. Avec un espace trop important, le

débit côté huile, augmentera avec un faible taux d'extraction car la cage ne retiendra plus la matière solide qui fuira avec l'huile. De même le jeu entre la vis et la cage, appelé entrefer, doit être adapté à chaque type de graine. Par exemple l'entrefer doit être plus généreux pour du tournesol que du colza. Ainsi tel réglage pour une graine ne conviendra pas, peu ou moins, ou pas du tout pour une autre.

Phénomène physique bien connu, l'élévation de la pression engendre une élévation de température favorisant l'extraction de gommes et de cires indésirables. Ceci est combattu par la limitation de la vitesse de la machine à une dizaine de tours minutes, réglant ainsi le temps de traversée de la matière en réduisant du même coup la trituration. La cage peut atteindre une température de plus de 70° Celsius. L'huile, en quittant la machine, emporte une partie des calories contribuant ainsi à son refroidissement. Il en est de même pour les tourteaux. Beaucoup de ces machines sont munies d'un obturateur manuel, permettant un réglage de la pression interne, par la variation de la section du passage de sortie du tourteau en créant un frein à son débit. Idéalement, il n'existe donc qu'un seul réglage pour chaque graine selon son taux d'humidité. Pour changer de graine il faut donc systématiquement démonter chaque barreau et régler son écartement. Certains contournent la difficulté en changeant la cage complète, ce qui demande un investissement conséquent. De par leur conception, ces machines génèrent un taux élevé de pied ou sédiment, d'où l'obligation de leur adjoindre un filtre presse ou un filtre dit vertical afin de débarrasser l'huile de ce sédiment qui peut dans certaines conditions atteindre 50 %.



Photo 4 : les sédiments

Dans d'autres circonstances, elles génèrent des huiles colloïdales. Ce sont principalement des machines industrielles qui sont adaptées, depuis peu, par les constructeurs au système agricole, car à l'origine, se sont des machines faites pour presser à chaud, puis à l'aide de solvants des quantités industrielles de

produits qui subiront plusieurs traitements physico-chimiques. Leur qualité va de l'excellent au médiocre, leur capacité d'une trentaine de kilos de graines à l'heure jusqu'à plusieurs tonnes. Elles sont sensibles à la variation d'humidité des graines et nécessitent un déburrage systématique avant l'arrêt sous peine de casse.

IV 3 2 La presse dite « à tube » ou « à vis »

Les presses dites à vis ou à tube sont munies d'une vis cylindrique, enfermée comme son nom l'indique dans un tube perforé sur une partie de sa longueur. Son ancêtre est sûrement le couple mortier-pilon. L'effort se fait dans le sens de l'axe de la machine, la graine est poussée au fond et comprimée, l'huile reflue vers le tube perforé. Le tourteau sort au bout de l'axe par un orifice calibré, souvent interchangeable qui agit comme un frein au débit du tourteau.

Le déplacement de la matière, translatif avec peu de rotation, triture peu la matière, l'état de surface des aciers est prépondérant. L'huile est purgée sur quelques dizaines de millimètres. La pression est obtenue sans variation de volume. La matière comprime la matière, c'est un pressage très efficace si certaines conditions sont respectées. L'obstacle est constitué par le drainage de l'huile une fois séparé par la pression. Elles peuvent être beaucoup plus pointues dans leur utilisation qu'une machine radiale. Comme pour les machines à barreaux, la difficulté réside dans leur conception : c'est un équilibre entre quantité amenée, vitesse, temps, volume, pression, rapport diamètre de vis/longueur, diamètre et nombre de trous de sortie selon le type de graine et son taux d'humidité ; enfin, la pression doit être différentielle pour favoriser le reflux de l'huile.

La variation d'un critère devrait entraîner un réglage des autres. Mais souvent le seul critère variable est la vitesse, d'où des résultats variables également, du mieux à l'exécration. Elles sont plus sensibles aux variations du taux d'humidité de la graine que les machines radiales qui privilégient le temps de passage par la longueur de la vis, l'épaisseur de la matière moindre, la pression, et des vitesses très lentes pour limiter l'échauffement. Ce sont deux types de machines aux principes et à la méthode opposés.

Souvent décriées, à juste titre d'ailleurs, car affublées de tares chroniques dues pour certaines à leur conception et à leurs distributeurs, elles sont accusées de mal dégraisser. Quelques une possèdent deux étages de compression, c'est bien, parce que le premier ne dégraisse pas. Jusque là, avant l'engouement de l'huile végétale carburant, ces presses étaient utilisées majoritairement par des huiliers artisanaux en filière courte pour des huiles alimentaires nobles, souvent en bio. Tout allait bien. Dès lors, elles se sont vues comparer à des machines de dix fois leur poids et de quatre à huit fois leur prix lors d'essais de différents organismes agricoles et souvent en méconnaissance de leur fonctionnement.

Ce genre de machines possède néanmoins des avantages que des machines radiales n'auront jamais : elles génèrent peu de sédiment, peu de phospholipides et des huiles qui décantent rapidement. Beaucoup moins onéreuses, beaucoup plus légères, d'une construction facile, elles sont

excellentes dans les petits débits (max 45 l/h soit 100 kg/h), imbattables sur le rapport prix/rendement et sur la comparaison du poids et de la puissance. A titre d'exemple les 40 kg/heure pèse le dixième du poids d'une machine à barreaux, grâce au sens de l'effort, ne coûte que la moitié du prix, et ne demande que 1500 Watts.

Nous avons été souvent agréablement surpris des résultats obtenus pour peu que l'on comprenne leur fonctionnement et que l'on sache les régler. De plus, elles sont capables de presser toutes sortes de graines sans modifications majeures.

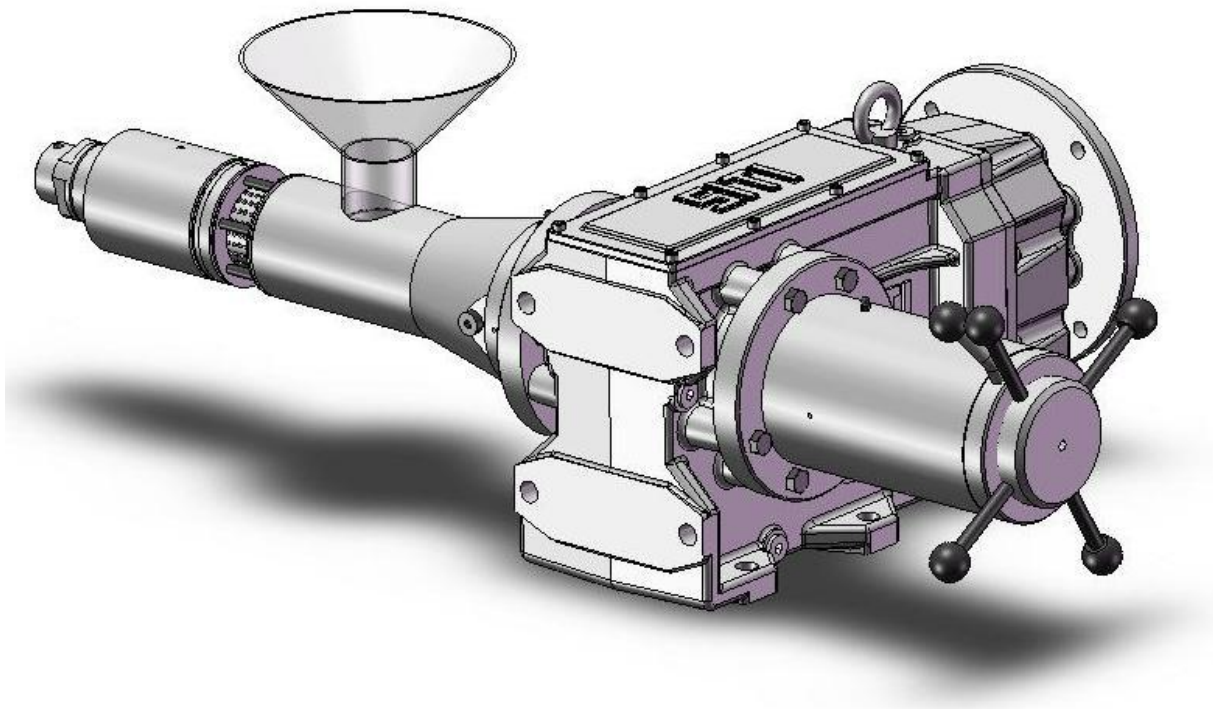


Photo 5 : presse à tube

IV 4 Les étapes à suivre pour l'extraction de l'huile [3]

IV 4 1 Préparation et torréfaction des graines

Pour préparer les graines afin de procéder à l'extraction de l'huile, elles doivent être chauffées au soleil sur une feuille en plastique noire pendant plusieurs heures ou bien dans une poêle à frire pendant 10 minutes.

IV 4 2 Pressage

Les graines sont conduites d'une manière dans la zone de pressage où l'huile sera extraite.

Comment la pression est-elle créée ?

Les noix de palme sont acheminées de la trémie d'approvisionnement vers le cône de sortie par le principe de la vis d'Archimède. Comme le cône obstrue partiellement la sortie, la pression monte dans la chambre constituée par le panier et les fourreaux. La montée de pression est aussi créée partiellement par le tourteau comprimé qui se trouve à la sortie du fourreau qui complète l'action du cône. Comme la pression dans le panier est importante, les noix de palme sont écrasées, et l'huile ainsi extraite s'échappe par le chemin le plus facile, c'est à dire l'interstice entre les barres du panier. Cet interstice est par contre trop étroit pour laisser passer le tourteau qui est évacué via le cône de sortie.

IV 4 3 Purification de l'huile

Il y a 3 façons de purifier l'huile :

- La sédimentation :

C'est la méthode la plus facile pour obtenir de l'huile claire, mais il faut une semaine pour que le sédiment soit réduit à 20 – 25 % du volume d'huile brute

- La cuisson avec de l'eau :

Le procès de purification peut être accéléré en faisant bouillir l'huile avec à peu près 20% d'eau. On doit continuer à laisser bouillir jusqu'à ce que l'eau se soit évaporée (plus de bulles de vapeur d'eau). Après quelques heures l'huile devient claire.

- Le filtrage :

Passer l'huile à travers un filtre est un processus très lent et il n'a pas d'avantage par rapport à la sédimentation. Il n'est pas recommandé.

PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE ET REALISATION

INTRODUCTION

L'une des façons les plus courantes de lutter contre la déforestation et l'érosion des terres est le reboisement. L'homme participe à la déforestation en se procurant du bois de chauffe. Cette action cause des dommages énormes au patrimoine forestier. Pour stopper cette tendance, il faudra offrir à l'homme une solution de substitution. C'est dans cette optique que nous encourageons nos compatriotes de changer les ressources énergétiques habituelles et cesser cette pratique qui détruit notre pays. C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent projet.

Notre objectif est de réaliser une presse manuelle d'un faible coût qui sera le moyen logistique pour la vulgarisation de l'utilisation de ce produit dans le monde rural.

Ce travail permettra donc d'empêcher d'une certaine manière que les populations rurales coupent les arbres pour en faire du bois de chauffe car il leur suffira pour avoir du combustible de ramasser les tourteaux des presses et de les sécher.

La filière jatropha ayant des caractéristiques calorifiques assez intéressantes pourra être une forme de substitution du carburant ainsi que du charbon de bois et de bois de chauffe pour les populations habitant à proximité des plantations.

CHAPITRE V : PRESENTATION DU PROJET

V 1 Objectif du projet

Nous rappelons que le présent thème nous a été proposé par CICAPE.

L'objectif du projet est de contribuer à la lutte contre la désertification dans toute l'île ainsi que la valorisation des déchets métalliques pour en fabriquer des presses manuelles.

V 2 But du projet

Le but du projet est de protéger les secteurs Est et nord Est de Madagascar où la production de vanille est la plus favorable. Car selon nos enquêtes effectuées durant la préparation de notre licence en Génie Industriel, les agriculteurs utilisaient le jatropha comme support à ce type de culture. Donc le rendement du jatropha doit être à peu près comme le rendement de la vanille.

En second lieu, le projet offre une substitution d'énergie dans les foyers éloignés et aussi une source d'emploi pour les riverains.

V 3 Description général du projet

Dans la proposition faite par l'ONG, le contexte d'études nous a été présenté de la manière suivante.

Le projet vise à impliquer les populations de la zone du littoral dans des actions forestières axées sur la lutte contre la désertification. Le projet s'appuie sur le concept de la planification itérative, c'est à dire qu'au terme de chaque année, les résultats des activités entreprises seront identifiés, analysés et évalués afin de conclure si les moyens et les méthodes utilisés sont satisfaisants ou si des modifications doivent être apportées dans le but d'améliorer les résultats. Les actions seront conceptualisées et planifiées conjointement avec les bénéficiaires et seront mises en œuvre via un plan annuel d'action. Les principales activités de la première année ont été la préparation du cadre de référence biophysique et la poursuite des activités de reboisement et de protection. Le cadre de référence biophysique servira de guide dans la définition des actions du projet afin de s'assurer que les activités réalisées seront compatibles avec la capacité des écosystèmes. Les actions seront réévaluées régulièrement et les résultats serviront d'intrants au processus de mise à jour des plans annuels d'actions.

CHAPITRE VI : DETERMINATION DES DONNEES NECESSAIRES A LA CONCEPTION DE LA PRESSE

VI 1 Dispositif expérimental pour effectuer les essais

Pour les divers essais de compactage, le dispositif utilisé est essentiellement composé par:

- Une presse universelle qui est munie d'un système vis écrous permettant l'application d'une force d'intensité variable avec un maximum de 2000 kN ;
- Deux plateaux de compression dont l'un est fixe et l'autre mobile et lié par la vis de pression ;
- Un entonnoir pour guider les huiles ainsi extraites ;
- Un récipient de réception de produit ;
- Un sac pour contenir les graines durant le pressage

Une pression de compactage désirée est obtenue en appliquant à l'aide de la presse universelle la force correspondante qui est obtenue en actionnant le levier d'abattage.

VI 2 Recherche du mode optimal de préparation des graines avant le pressage

Notre souci principal est d'avoir un produit totalement pur propre et raffiné. Donc notre objectif est de trouver la meilleure procédure de traitement du produit pour qu'on ait totalement extrait un maximum d'huile dans les graines.

Pour cela, on a essayé trois types de préparations :

- a) Les graines sont séchées au soleil après la récolte et le décorticage pendant quelques jours, puis elles sont directement envoyées dans les sacs où elles seront pressées tout de suite après.
- b) Après les préparations préliminaires, les graines seront ensuite chauffées avant d'être pressée. Cette méthode s'avère efficace mais n'extrait pas encore la totalité de l'huile contenue dans les tourteaux. Pour les récupérer on a choisit de récupérer les sacs remplis de tourteaux pour les chauffées dans l'eau et une fois refroidit on peut observer des gouttelettes d'huile sur l'eau.
- c) La troisième méthode consiste cette fois ci à effectuer un broyage des graines de telle manière que l'on obtient des broyats avant d'être mis dans les sacs pour ensuite passer dans la zone de pressage.

Pour chaque mode de préparation utilisé, on prend les graines ainsi préparé et on la soumet au pressage à différentes forces. Ces forces converties en pression nous donnent des pressions variant de 25 bars à 1 bar. 25 bars est la pression maximale que l'on peut obtenir avec une presse manuelle de dimensions standards.

A ces différentes pressions on remarque que :

- Le produit final obtenu après pressage avec le premier mode de préparation présente un peu de broyat et on peut constater qu'on n'a pas extrait la totalité d'huile prévue.
- Le second mode de préparation par contre présente une petite augmentation par rapport au premier, mais il existe encore de l'huile dans les tourteaux.
- Le troisième mode de préparation est le meilleur car il nous donne une meilleur rendement et un produit totalement propre et facilite le traitement après pressage.

D'après ces données on a choisit d'établir le diagramme suivant :

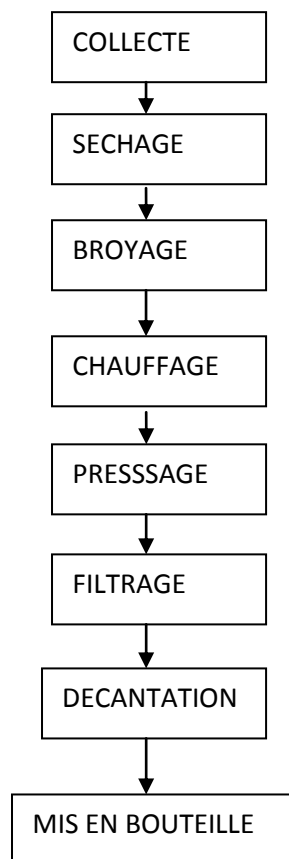


Figure 9: processus de production

VI 3 Recherche de la pression optimale de pressage

Il s'agit de déterminer la pression nous donnant la meilleure extraction c'est-à-dire un maximum d'huile avec un minimum de tourteau. Le mode de préparation utilisé est bien sur le troisième mode.

Les pressions appliquées sont celles pouvant être appliquées par une presse manuelle de dimensions standards, c'est-à-dire des pressions inférieures à 25 bars.

Les pressions donnant les meilleures extractions se situent dans l'intervalle de 4 bars à 8 bars.

Pour des pressions inférieures à 4 bars, on remarque que le produit n'est pas bon et les tourteaux présentent encore des particules d'huiles.

Par contre au dessus de 8 bars presque la totalité du produit est extraite des graines.

Donc la pression optimale de pressage se situe entre 4 bars et 8bars. Lors de la conception de la presse, nous prendrons une pression de pressage de 6 bars.

CHAPITRE VII PROCESSUS DE DESIGN DE LA PRESSE

VII 1 Caractéristiques des presses

VII 11 Type de presse

Nous différencions les presses suivant la source d'énergie:

- Manuelle: dans ce cas le compactage est assuré par une ou plusieurs personnes au moyen d'un système de levier ou de pilon.
- Mécanique: le compactage se fait par un système de levier ou de pilonnage qui est actionné mécaniquement par un moteur à essence, diesel ou électrique.
- Hydraulique: l'énergie d'un moteur est transmise au plateau de compactage par l'intermédiaire d'un système hydraulique.
- Pneumatique: l'énergie du moteur est transmise à un pilon par l'intermédiaire d'un système pneumatique.

VII 1 2 Mode de compression

La compression peut se faire suivant deux modes:

- Pression statique, le compactage est assuré par le rapprochement relativement lent de deux surfaces entre lesquelles se trouve le produit à presser, qui est retenue latéralement.
- Pression dynamique, le pressage est obtenu par un pilonnage du produit dans un moule. La pression exercée sur les graines est difficilement contrôlable.

VII 2 Définition du problème

Problème :

Conception d'une presse manuelle pour produire de l'huile à partir des graines oléagineuses.

a) Données :

- Le produit à presser est un sac rempli de graine préchauffée ;
- Extraire le maximum d'huile avec un minimum de tourteau

b) Objectifs :

1- Objectifs primaire :

- Simplicité de la presse
- Facilité d'utilisation

- Peu encombrant
- Facilité de fabrication

2- Objectifs secondaires :

- Transport aisé
- Entretien facile
- Accessibilité de toutes les parties mécaniques

c) Restrictions :

- Coût de fabrication faible
- Pression finale de compression : 25 bars
- Dimension des plateaux : (200mm x 200mm)
- Longueur de course : 500 mm
- Matériau de fabrication de la presse existent sur le marché malgache.

VII 3 Proposition de solution

Il s'agit à cette étape de proposer plusieurs solutions et d'en donner les caractéristiques principales. Dans cette phase du design, il est très important de ne pas bloquer l'imagination créative c'est à dire en d'autres termes qu'on doit répertorier toutes les solutions qui nous viennent en tête sans restriction aucune.

On s'inspirera aussi des presses déjà existantes pour des applications similaires ou pour des applications différentes.

Solution 1

Pour cette presse le pressage est assuré par le convoyage des graines dans le fourreau.

La liaison entre la vis sans fin et le bâti se fait par l'intermédiaire de deux roulements à billes pouvant supporter des efforts axiaux.

Le mouvement de rotation est donné à la vis à l'aide d'une manivelle placée à l'extrémité de la vis sans fin.

L'extraction se fait dans le fourreau qui à l'aide de ses fentes laisse échapper l'huile. A l'autre bout de la vis sans fin se trouve la filière qui dégage ainsi les tourteaux.

Légende :

- 1 : Axe vis sans fin
- 2 : Manivelle
- 3 : Vis M12
- 4 : Rondelle
- 5 : Clavette
- 6 : Couvercle
- 7 : Roulement à bille
- 8 : Bâti
- 9 : Joint en caoutchouc acrylonitrile butadiène
- 10 : Trémie
- 11 : Vis M12 (couteau)
- 12 : Panier
- 13 : Vis d'assemblage
- 14 : Fourreau
- 15 : Circlips
- 16 : Entretoise

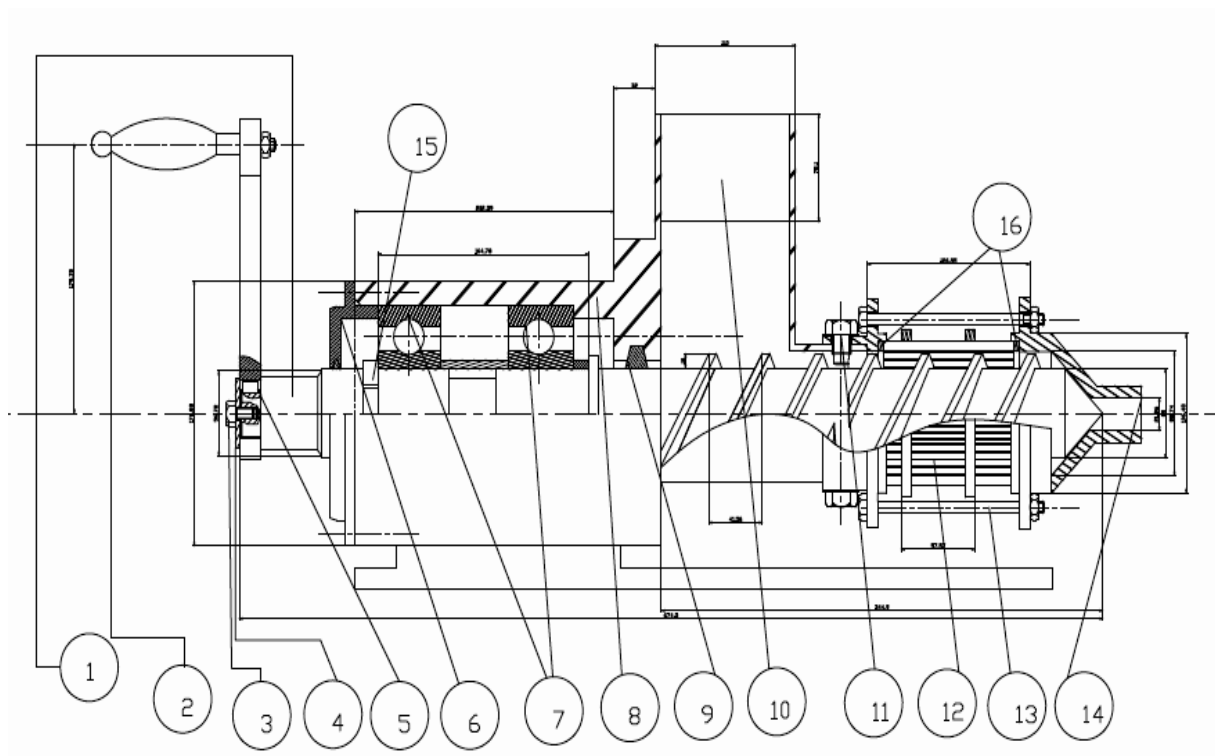


Figure 10 : extrudeuse manuelle

Solution 2 :

C'est une presse dont le système de compactage est composé d'un mécanisme vis écrou. Au bout de la vis nous avons un plateau qui assure la compression des graines.

Le levier de compression est fixé par un anneau d'abattage fixé à l'autre bout de la vis de pression.

Le sac est alors placé entre les deux plateaux. L'huile ainsi extraite est recueillie par un entonnoir avant d'être reçu par une cuvette.

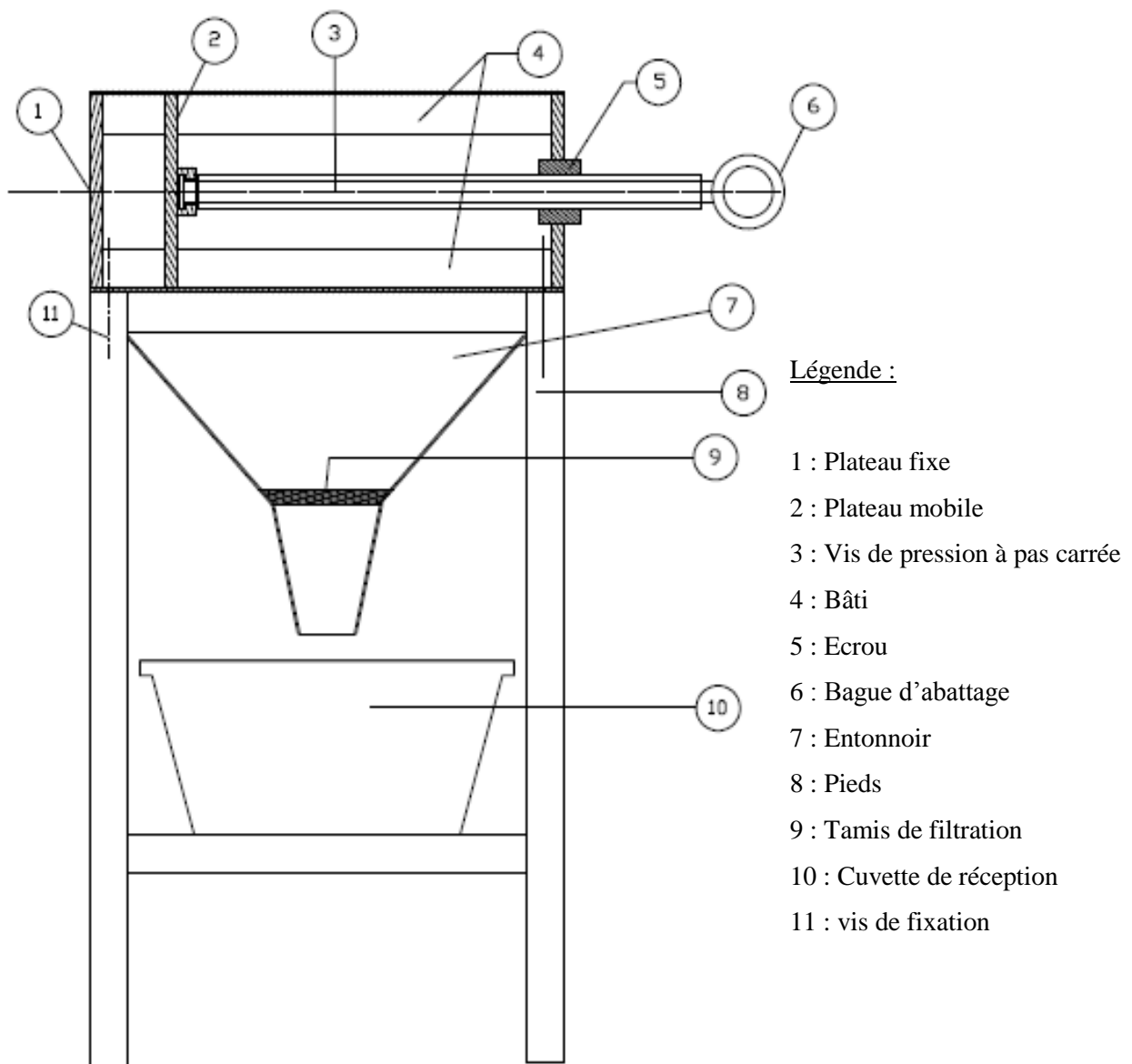


Figure 11 : presse manuelle à plateau manœuvré par un system vis-écrou

Solution 3 :

Cette presse est constituée d'un système assez complexe qui assure les deux fonctions principales c'est à dire le compactage et le démoulage.

Le système est en fait composé de deux mécanismes manivelle-coulisseaux. Un mécanisme supérieur qui permet le compactage et un autre inférieur chargé du démoulage. Les deux mécanismes sont reliés par une came qui en phase de compactage élimine le mécanisme de démoulage et actionne ce dernier une fois qu'on ouvre le couvercle supérieur du moule.

Il faut noter que le coefficient de frottement entre la came et le levier de démoulage doit être faible d'où la nécessité d'un choix minutieux de leurs matériaux de fabrication.

Légende :

- 1- plateau de démoulage
- 2- plateau de compression
- 3- levier de compression
- 4- came
- 5- levier de démoulage

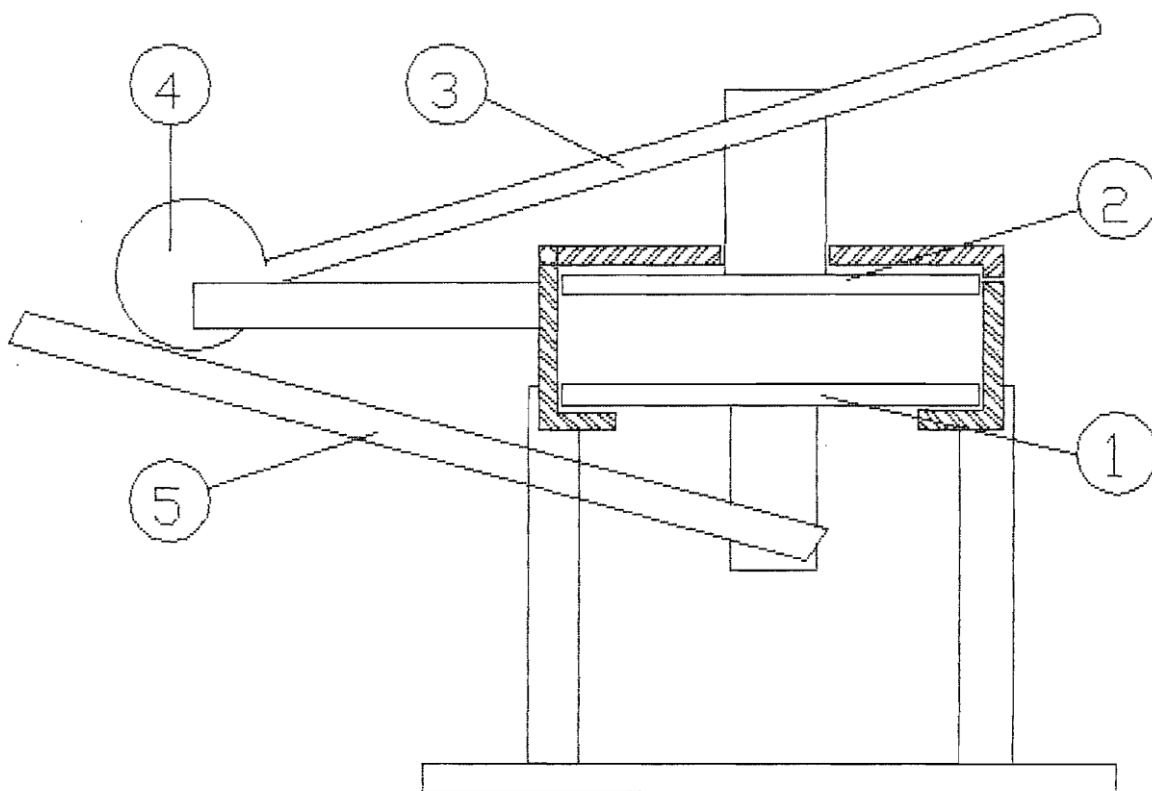


Figure 12 : presse manuelle à levier

VII 4 Etude de praticabilité

A ce stade de la mise au point de la presse, l'analyse des besoins, les buts et les spécifications de la presse ont été établis au meilleur de notre connaissance. Il s'agit maintenant à travers l'étude de praticabilité de disséquer toutes les solutions qui ont été trouvées lors de la génération de solutions et de voir si elles répondent aux critères que l'on s'était fixé au préalable. Il va donc falloir pour chaque solution répondre à différentes questions telles que:

- Les objectifs sont-ils atteints ?
- Les restrictions sont-elles respectées ?
- La solution ne se heurte-t-elle pas à des problèmes de réalisation ?

Nous prendrons donc les solutions une par une et nous essaierons de voir si elles satisfont aux prescriptions de départ.

Solution 1 :

Le principal défaut de cette solution est que sa fabrication ne sera pas très simple du fait de l'usinage de la grande vis. Mais on peut obtenir le meilleur rendement car l'huile sera facilement extraite des graines et ce type de machine est facile à motoriser, d'où le travail à grande série ne sera pas un problème. Par contre son coût est largement à la hausse vue les détails techniques présents.

Solution 2 :

Ici nous avons affaire avec une presse assez simple, et paraissant facile à réaliser. Mais contrairement pour la solution précédente le travail en grande série nécessite une planification des tâches et la motorisation de ce type de presse est assez complexe.

Solution 3 :

C'est une presse qui présente un démoulage mécanique très sure. Son principal inconvénient est sa complexité du fait de l'utilisation de deux mécanismes manivelle-coulisseaux. Sa réalisation apparaît à première vue délicate.

De cette étude de praticabilité nous avons pu donner des indications valables pour chaque solution, nous avons aussi pu voir les avantages et les inconvénients de chacune d'entre elles. Il va maintenant falloir choisir la solution finale entre ces différentes solutions.

VII 5 Choix de la solution finale

De l'étude de praticabilité nous remarquons qu'il existe deux solutions qui satisfont en générale aux critères de départ, il s'agit des solutions 1 et 2. C'est donc entre ces deux solutions que notre choix va s'opérer.

Il existe plusieurs techniques de décision. Notre choix se porte sur la solution n°2 car vue la situation, la solution 1 nécessite un coulage de précision avec une grande connaissance de ce technologie. Cette solution est très efficace à la production en grande série, par contre elle est coûteuse que la deuxième solution.

Donc il ressort que c'est la solution 2 est la meilleure. C'est donc sur elle que notre choix va se porter.

CHAPITRE VIII DIMENSIONNEMENT DE LA PRESSE

VIII 1 Calcul de la longueur de course après pressage ou le taux de réduction

La chambre de pression est remplie de graine de Jatropha déjà préparée, le taux de remplissage est variable. On mesure ensuite la longueur initiale « L » du produit dans la zone de pressage qui est ensuite pressé à 6 bars. Après, on mesure la longueur finale « l » après pressage. En faisant le rapport L/l , on obtient « t » le taux de réduction.

D'après la théorie, on connaît que les graines de jatropha peut contenir 35 à 40% d'huile. D'où on peut déduire que :

$$l = L - (L \times 35\%)$$

Donc :

$$t = \frac{L}{L - (L \times 35\%)} \quad (6)$$

Supposons que $L = 500$ mm on a :

$$t = 1,538 \text{ ou on prend } t = 1,54$$

VIII 2 Rendement de la presse

On a tiré de l'expérience réalisé que 35% de l'huile supposé contenue dans les graines est extraite alors qu'il devait y avoir 38% selon le tableau n°4. Pour récupérer les 3% on a procéder au chauffage du sac de pressage dans l'eau bouillante afin de recueillir les gouttelettes d'huile sur la surface de l'eau. On a alors le rendement :

$$\eta = \frac{\text{volume de l'huile extraite}}{\text{volume d'huile supposée dans les graines}} = \frac{35\%}{38\%} = 0,92$$

$$\text{Soit } \eta = 0,92$$

VIII 3 Analyses des forces

Les schémas isolés des différents éléments du système de compression sont les suivants :

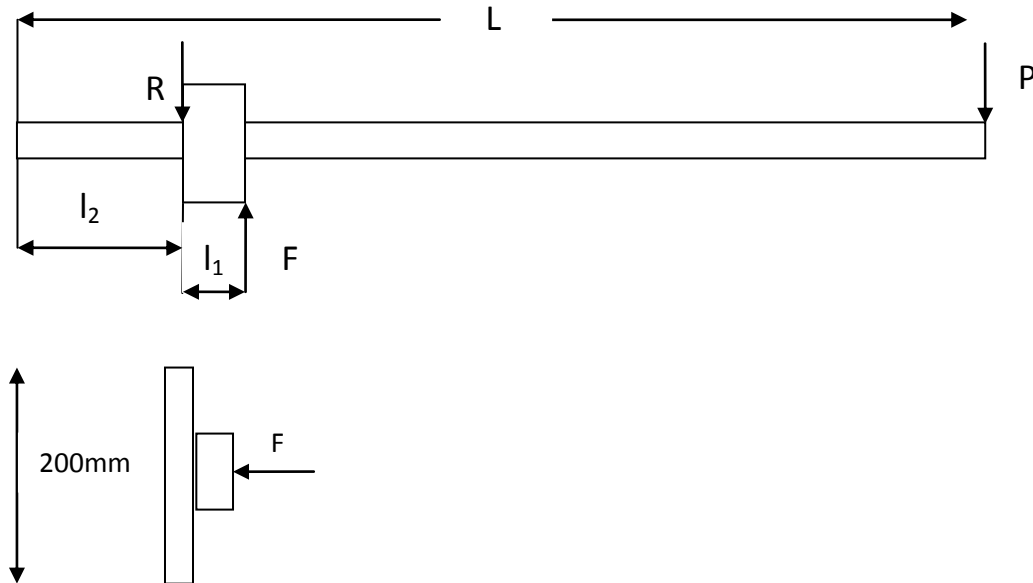


Figure 13 : schéma isolé du système

- La force F qui est la résultante de la pression sur la plaque de compression est égale à :

$$F = P_0 \times A$$

Avec $P_0 = 6 \cdot 10^5$ Pascals : pression optimale de pressage vue précédemment.

$A = 200\text{mm} \times 200\text{mm}$: section du plateau.

$$\text{Donc } F = 6 \times 10^5 \times 0,2 \times 0,2 = 24000 \text{ N}$$

- Nous pouvons à ce moment calculer la longueur du levier de compression d'après le schéma de corps libre du levier.

R : réaction du pivot ou bague d'abattage

P : force susceptible d'être appliquée par un homme moyen

$$P = M \times g = 70 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

On suppose que $l_1 = 60\text{mm}$

$$P \times L = F \times l_1 \text{ d'où } L = \frac{F \times l_1}{P}$$

On obtient $L = 2,09 \text{ m}$

On peut alors déduire aussi $R = P - F = 24000 - 687$

$$R = 23313 \text{ N}$$

VIII 4 Calcul de l'épaisseur du plateau de compression

Faisons les hypothèses simplificatrices suivantes :

- La charge appliquée par la vis de pression est une charge ponctuelle concentrée.
- On transforme la charge ponctuelle en une charge uniformément répartie sur toute la surface.

La charge devient donc $(6 \times 10^5 \text{ N/m}^2) \times 0,2 = 120 \text{ kN/m}^2$.

On a donc :

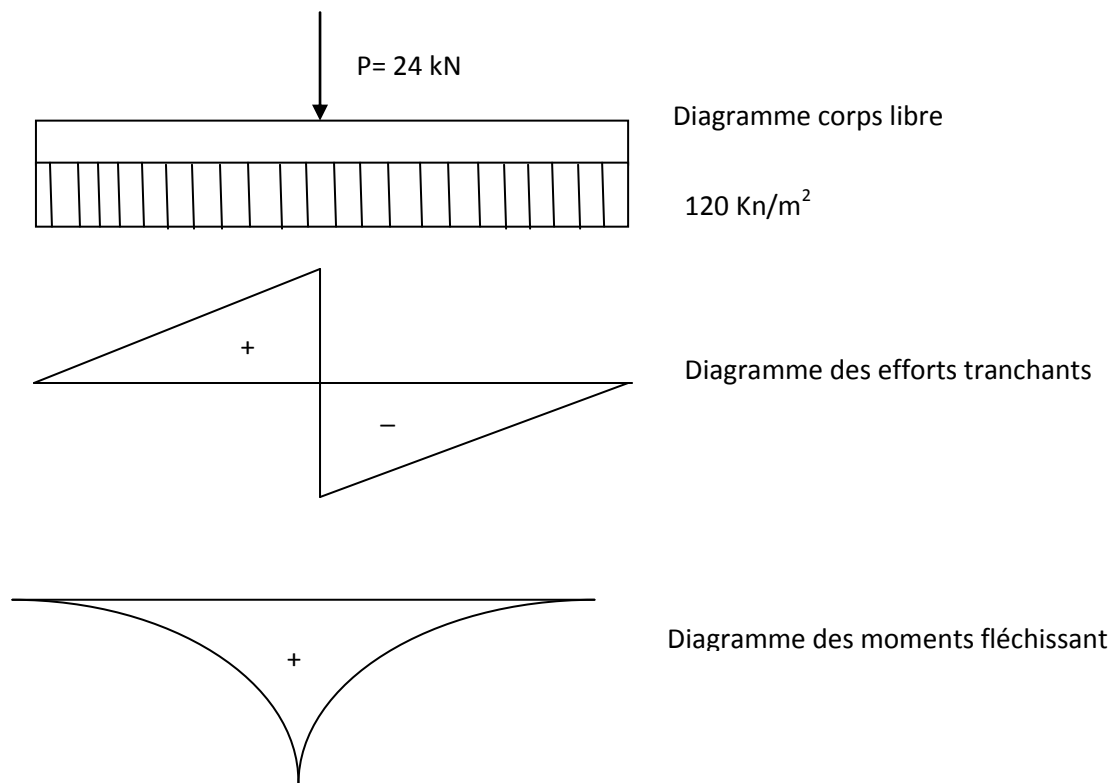


Figure 14 : diagramme des forces

- Calcul des efforts tranchants :

A gauche de la charge concentrée P on a

$$V = P_0 x \text{ pour } 0 \leq x \leq L/2$$

A droite de P on a

$$V = P - P_0 x \text{ pour } L/2 \leq x \leq L$$

- Calcul du moment fléchissant maximum : M_{\max}

$$\text{On a } M_{\max} = \frac{PL^2}{8} = \frac{120000 \times 0,2^2}{8} = 600 \text{ Nm}$$

On a choisi alors $e = 12 \text{ mm}$

VIII 5 Dimensionnement de la vis mère [9][15]

Quand on applique un effort de traction à la vis comme pour une éprouvette de traction, on peut observer le graphique ci-dessous.

Tout mode de serrage doit s'assurer que la contrainte dans la vis ou le goujon ne dépasse jamais le point A (limite élastique), même après serrage quand on applique en service les forces extérieures sur l'assemblage.

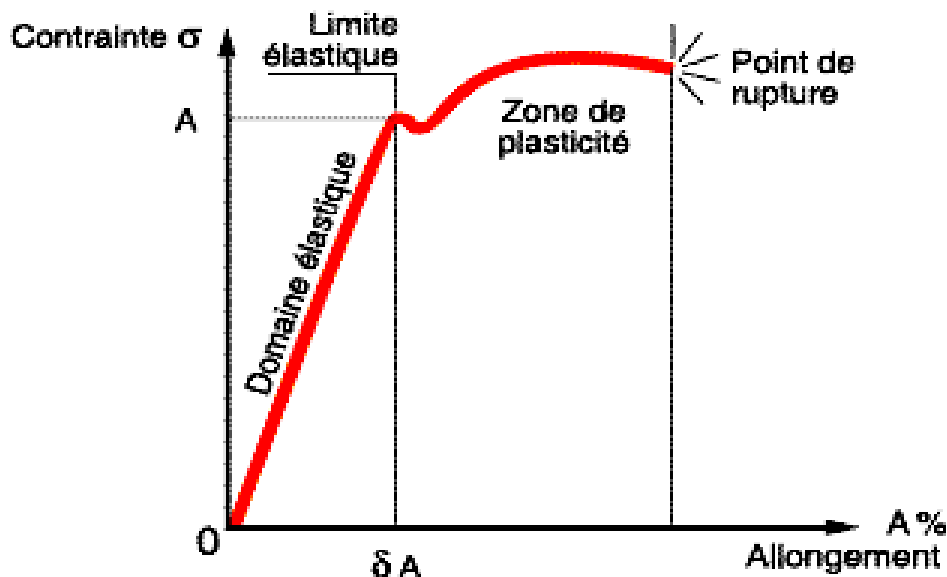


Figure 15 : diagramme d'élasticité pour l'acier

Quand on parle de matériaux, il faut considérer les caractéristiques suivantes :

E : module d'élasticité longitudinale ou module d'Young :

$$E = \frac{F}{S} / \frac{\Delta L}{L} = \frac{FL}{S\Delta L} = \frac{\sigma L}{\Delta L}$$

Où F= effort ; S= section ; L= longueur ; ΔL = élongation

Pour l'acier E est compris entre 200000 à 210000 MPa

V : coefficient de Poisson ou taux de contraction latérale :

$$V = \frac{\Delta d}{d} / \frac{\Delta L}{L}$$

En général pour :

- l'acier : 0,27 à 0,30
- l'aluminium : 0,33 à 0,36
- le caoutchouc : 0,49

K : coefficient de compression uniforme

$$K = \frac{dV}{dP} = \frac{3(1-2\nu)}{E} \quad \text{pour les liquides : } K \text{ est sensiblement égale à } 0$$

G : module d'élasticité transversale ou module de cisaillement :

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad \text{pour l'acier : } 77000 \text{ à } 82000 \text{ MPa}$$

Rm : limite de rupture

Re : limite élastique

A : % allongement au moment de la rupture

➤ **Couple de serrage et force de précharge**

- Seule une précharge correcte procure un assemblage fiable :
 - précharge trop faible : risque de desserrage
 - précharge trop forte : risque de déformation des pièces à assembler, ou de rupture de la vis.
- La précharge est fonction du couple de serrage appliqué sur la vis et du coefficient de frottement.

Qu'est ce que la précharge ? (Fo)

C'est la force en Newton qui met les pièces en pression lors du serrage de la vis.

Qu'est ce qu'un couple de serrage ? (Cs)

Le couple est une force appliquée au bout d'un bras de levier.

- Pour savoir la dimension de la vis d'après ces critères, il faut alors consulter l'annexe.

CHAPITRE IX : SELECTION DES MATERIAUX

Ce chapitre s'inspire de la méthode dite « d'Ashby », qui consiste à regarder le matériau d'abord comme un ensemble de propriétés, à partir desquelles l'ingénieur réalise sa conception. La méthode est ici utilisée d'une manière expérimentale.

Les objectifs sont les suivants :

- Familiarisation avec la démarche de sélection des matériaux dans la conception (cahier des charges, fonction d'objectif, contraintes de conception et sélection proprement dite).
- A cette occasion comparaison des propriétés des grandes familles de matériaux, et retour sur les phénomènes physiques conditionnant ces propriétés.

Le chapitre s'ouvre sur une présentation plus détaillée de la démarche de conception qui sera mise en œuvre dans la réalisation.

Introduction

Dans ce chapitre, on étudiera chaque pièce de notre machine c'est-à-dire, de justifier nos choix grâce aux fonctionnalités respectives de chaque élément. Voir si on a besoin de traité nos matériau ou non.

Les laboratoires de contrôle disposent de moyens et de méthodes variés pour mesurer les qualités d'une surface traitée (rugosimètre, brillance-mètre, analyses chimiques diverses, métallographie).

Dans les laboratoires d'étude et de recherche, on dispose de moyens d'investigation plus fins permettant, grâce au traitement informatique des résultats, de retracer une cartographie en 2 dimensions (voire en 3) de la plupart des propriétés de la surface : répartition des éléments, des composés et des types de liaisons, cartographie des rugosités, des potentiels électrochimiques ou des capacités d'interface, etc.

Dans l'atelier, le contrôle de la préparation de surface fait appel à des méthodes plus « rustiques ». La qualité d'un nettoyage s'apprécie par la mouillabilité de la surface, l'homogénéité de teinte d'un film de buée (de respiration par exemple), par l'absence de salissures entraînées par essuyage avec un chiffon ou un papier blanc. La rugosité s'apprécie à l'œil ou par comparaison avec des étalons. Des contaminants particuliers peuvent faire l'objet de tests normalisés (taux de chlorures et de sulfates résiduels).

De ces caractéristiques exigées qu'on a essayé de choisir nos matériaux cités ci- après.

IX-1 Les plateaux de pression [9][10][11]

Dans les contextes qu'on a vus auparavant, ces deux plateaux doivent être épais pour pouvoir supporter les efforts actionnés par la vis mère. Théoriquement ces éléments sont en contact permanent d'huile durant le travail d'où ces matériaux sont automatiquement enduits de matière anticorrosif mais pour l'optimisation il est préférable de les imprégner de peinture anti-rouille.

D'après la désignation normalisée, on a remarqué et opter pour les aciers à usage mécanique pouvant subir d'énormes effort. Donc ces deux plateaux devraient être E 360

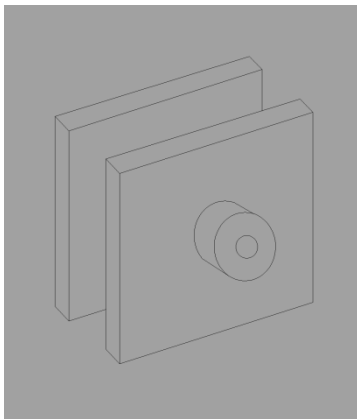


Figure 16 : les deux plateaux

IX-2 Le Bâti ou carter

C'est l'élément qui supporte les deux plateaux, il doit être rigide pour résister à l'effort de compression. Pour faciliter le guidage et le glissement du plateau mobile on a préféré d'utiliser des fers corners 5. Celui-ci doit être loin de la corrosion pour que l'établi ne s'écroule pas sur lui-même.

D'où il faut appliquer une couche de peinture anti rouille.

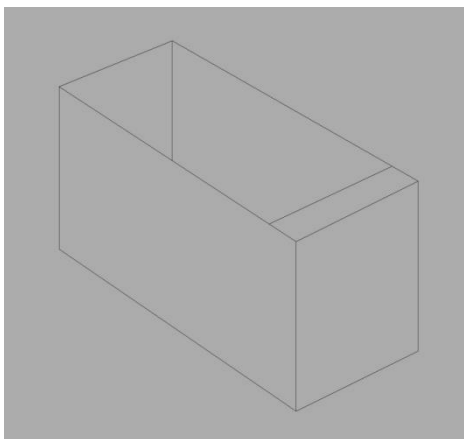


Figure 17 : le bâti

IX-3 La vis mère

Sans doute c'est la pièce motrice de la machine. Pour exercer l'effort voulu, elle doit être traitée auparavant par la société qui la produise. Il est convenable d'utiliser des vis mère à pas carrée car c'est plus résistant. C'est elle qui fait avancer le plateau mobile et de ce fait entraîne l'augmentation de pression et les matériaux utilisés sont généralement les aciers ST37 et ST52.



Photo 6 : vis à pas carrée

IX-4 Le levier

Le réglage de la pression est très important : si la pression est trop faible, une partie de l'huile ne sera pas extraite, si elle est trop importante la machine risquera d'être bloquée. Il est alors nécessaire de choisir des fers tors pour ce genre de pièce. Suivant la norme on a choisi le S 355.

IX-5 L'entonnoir

Les parties qui sont au contact de l'huile sont généralement en acier inoxydable, une partie de ce même matériau a été montée sur les côtés de la presse (carter) et protègent efficacement des projections de liquide provoquées par la pression. D'une manière générale, ces carters sont de forme simple pour faciliter les opérations de nettoyage et n'offrent pas de zones mortes où pourraient être retenus les liquides.

Comme cet élément doit être inoxydable, on a choisi le X 4 Cr Mo S 18.

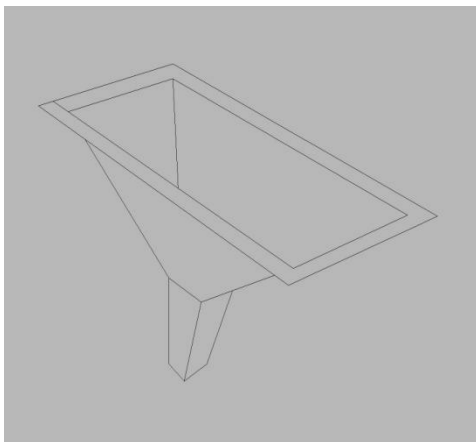


Figure 18 : l'entonnoir

IX- 6 Cuvette de réception

C'est à partir de cet ustensile qu'aura lieu le début du traitement d'huile après pressage. Donc il est préférable d'utiliser des matériaux plastiques ou acier inoxydable pour faciliter la décantation.

IX-7 Les pieds

Cette partie de l'appareil doit être rigide pour supporter le poids total de la machine et l'effort de pressage ainsi que divers risque de trépidation causée par le manœuvre. Un large choix s'ouvre donc pour satisfaire ces exigences comme le bois, les aciers (corners), les fontes... Esthétiquement et vu le poids de l'engin on a préféré d'utiliser des corners.

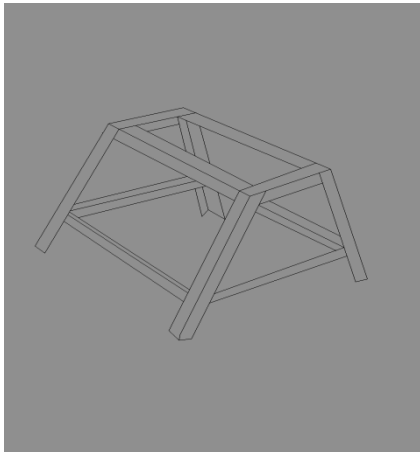


Figure 19 : pied

CHAPITRE X: TRAITEMENT DE L'HUILE APRES PRESSAGE

INTRODUCTION

Les exigences de « qualités carburant » sont différentes de celle des huiles alimentaires. Elles dépendent également du type d'oléagineux traité : coprah et palme ne contiennent pas de cires comme le tournesol, lequel contient peu de gommes comparé au colza. Par ailleurs, elles sont liées aux procédés d'extraction utilisée : les huiles brutes industrielles sont chargées de phosphore et de cires ce qui n'est pas le cas des huiles artisanales. D'autre part, la qualité dépend de la manière dont on extrait l'huile mais aussi de la qualité de la graine ou du fruit récolté ainsi que de son stockage avant pressage.

Pour favoriser une certaine qualité de l'huile végétale carburant, il est nécessaire de ne pas laisser trop de temps entre la préparation et l'extraction.

X 1 Normalisation [12][13][14]

Pour améliorer la qualité des huiles végétales, on procède à une série de traitement. Pour les huiles naturelles carburant, les traitements sont simples mais les huiles doivent respecter les exigences citées ci-dessous :

- Elles doivent contenir peu de matières insolubles. Moins de 500 ppm après une filtration à 10 microns.
- Elles ne doivent pas contenir plus de 50 ppm de phosphore (révélateur des phospholipides. On mesure leur taux par le dosage du phosphore).
- Elles ne doivent pas contenir plus de 500 ppm de cires.

Pour répondre à ces différents critères et à la normalisation des huiles végétales carburant, on effectue une décantation puis une filtration afin d'éliminer les impuretés et de diminuer la teneur en phospholipides et en cire.

X 2 Décantation et filtration [12][13][14]

Le procédé de décantation est simple. Il consiste à mettre en série des cuves et à introduire l'huile d'après pressage. Les matières les plus lourdes sont entraînées au fond des cuves. Le trop plein passe dans la cuve suivante et ainsi de suite jusqu'à clarifier suffisamment l'huile.

La figure ci-dessous, nous montre un des procédés de décantation. Il a la particularité d'avoir des vannes afin d'éliminer les matières en fond de cuve. Les simples cuves en cascade sont efficaces mais elles ont l'inconvénient de devoir être nettoyées régulièrement.

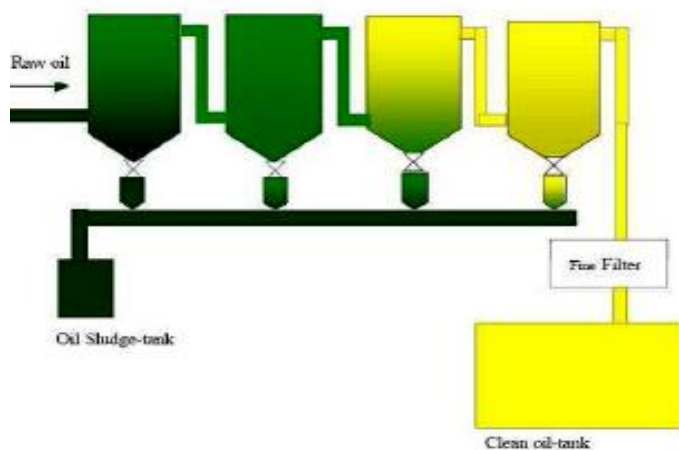


Figure 20: décantation d'huile

Pour utiliser l'huile dans un moteur ou comme combustible en chaudière, il est nécessaire de nettoyer l'huile par filtration. Celle-ci s'effectue soit directement en sortie de presse, soit après des phases de décantation. Il est préférable de l'effectuer après décantation afin de minimiser le temps de filtration et les problèmes rencontrés lors de la filtration d'une huile chargée en impuretés (obstruction des filtres, usure du matériel de filtration...).

Dans le cas d'utilisation en chaudière une filtration à 10 μ m est généralement suffisante. Mais pour éviter l'encastrement des filtres à gazole des moteurs, il faut une filtration afin de minimum de l'huile de 5 μ m, mais on peut raffiner jusqu'à une porosité de 1 μ m. Plus on utilisera un filtre de fine porosité plus on optimisera la qualité de l'huile ; mais on aura un temps de filtration beaucoup plus long.

Il existe plusieurs systèmes de filtration :

- à cartouche. Les cartouches, qui doivent être changées tous les 6000 à 8000 litres, éliminent les particules supérieures à $1\mu\text{m}$. Ces filtres sont interdits pour les usages alimentaires en raison des composés utilisés pour leur fonctionnement mais utilisables de l'huile carburant.
- à plaque. Des cadres de filtration en coton ou en polypropylène retiennent les impuretés. L'huile est « recirculée » à travers le « gâteau » formé par les impuretés jusqu'à ce qu'on atteigne le degré de filtration souhaité (filtration par accumulation).

Une autre technique consiste à faire passer l'huile sous pression entre cadres (filtration tangentielle). L'huile ne se fait alors qu'un seul passage.

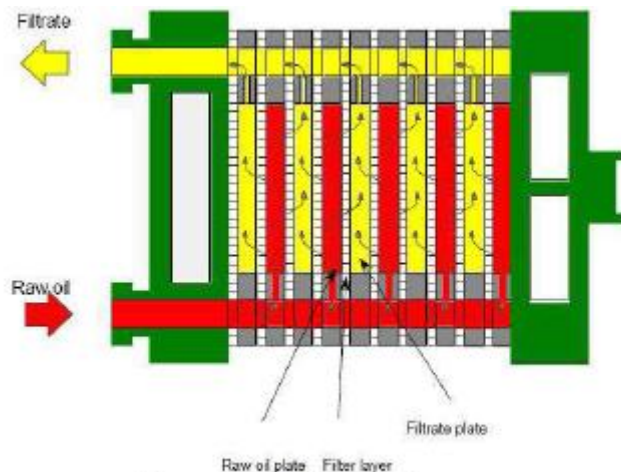


Figure 21: **Exemple de filtre à plaque**

- à membrane. Des poches existent en différentes matières et plus plusieurs grades de filtration (100 à $1\mu\text{m}$). la plupart sont lavables et peuvent être utilisées 3 à 4 fois. Ces poches sont adaptées aux petites productions (<1000 litres /jour) telles que celles des circuits courts.

Pour obtenir une huile carburant filtrée à $1\mu\text{m}$, il est préférable de procéder à deux filtrations successives. La première filtration permet d'éliminer toutes les particules de tailles supérieures à la porosité du filtre choisi (par exemple $50\mu\text{m}$) pour éliminer toutes les particules d'une taille supérieure à $1\mu\text{m}$.

L'emploi d'une seule filtration entraîne des colmatages du filtre dont la fréquence est fonction du taux d'impuretés de l'huile à traiter. L'intérêt d'une bonne étape de décantation apparaît ici, même si cette dernière mobilise volumes et espaces dans ateliers de production.

X 3 Stockage et distribution [12][13][14]

Afin de minimiser la pollution d'une huile végétale, il est favorable de stocker des graines plutôt que l'huile. Car le stockage de l'huile reste un poste exigeant de qualité et de propreté (citerne propres et réservées à l'huiles végétale). La distribution de la citerne aux réservoirs doit également respecter la propreté de l'huile.

Pour favoriser une bonne conservation de l'huile, des précautions de stockage devront être appliquées telles que :

- l'utilisation d'un matériel adapté : cuves insensibles à l'acidité en raison de la présence d'acide gras libre. Les cuves en métal sont à éviter car le cuivre et le fer favorise l'oxydation de l'huile. Sans être en inox, elles peuvent être en polyester par exemple (on évitera les PVC). Elles doivent être hermétiques pour protéger l'huile de la poussière et de l'oxygène de l'air.
- la conservation des cuves à une température constante pour éviter l'oxydation, elles doivent être abritées de la lumière et de l'humidité,
- le nettoyage régulier des cuves.

Au cours de la distribution, il faut éviter de pomper au fond des cuves. Cette précaution est à prendre en considération car une décantation se poursuit lors du stockage donnant ainsi des fonds de cuve de moins bonne qualité. Cette remarque est valable pour tous les carburants.

CHAPITRE XI ETUDE ECONOMIQUE

A côté des développements actuels, qui seront traités plus en détail plus tard, le Jatropha fut utilisé à Madagascar comme tuteur des plantations de vanille et de poivre, ainsi que pour la clôture de champs et de fermes.

De plus, on trouve, par endroits spécifiques, d'autres utilisations:

- « épées » de graines de Jatropha (sans écorce) comme bougie
- huile extraite par cuisson à des fins cosmétiques
- utilisation des résidus de la production d'huile comme engrais
- feuilles et jus comme plante médicinale.

La source d'énergie primaire la plus importante à Madagascar est le bois (81%), suivi par les hydrocarbures fossiles à 14%. Le bois est surtout utilisé pour la préparation de la nourriture, soit directement, soit sous forme de charbon de bois. Malheureusement, le cuiseur utilisant l'huile de Jatropha n'est pas encore au point pour une utilisation à grande échelle, et ainsi, la substitution du bois de feu par l'huile de Jatropha n'est pas encore envisagée.

Cependant, l'huile de Jatropha est déjà utilisable sans raffinage comme carburant de moteurs diesel à chambre de précombustion, et par transestérification, elle peut être utilisée comme carburant biodiesel par tous les moteurs diesel. Ainsi, elle possède le potentiel pour couvrir les besoins en huile minérale de 14%, et elle pourra jouer un rôle important dans la couverture des besoins énergétiques de Madagascar.

XI 1 Acteurs principaux de la culture de Jatropha à Madagascar [16]

Jatropha, comme on l'a déjà dit, est planté depuis longtemps à Madagascar comme tuteur des plants de vanille et de poivre. Mais, depuis quelques années, des acteurs se sont manifestés pour la promotion de la culture de Jatropha. Suivant le mode de culture, ces acteurs peuvent être groupés en deux:

XI 1 1. Production sur de grandes plantations

Il existe de grands investisseurs, tels que D1 Oils, Tom Investment ou GEM, qui prévoient la plantation de Jatropha sur des grandes surfaces, afin de produire du biodiesel pour le marché national ou international.

XI 1 2. Production sur de petites surfaces

Des programmes de développement de l'espace rural ou de lutte anti-érosive, ERI ou PLAE, essayent d'améliorer le niveau de revenu des zones rurales et soutiennent la plantation de Jatropha pour l'utilisation locale.

Par la suite, des informations sont réunies sur les différents acteurs. Certaines de ces informations proviennent de source tierce, dont la fiabilité reste à vérifier. A côté des acteurs qui sont déjà actifs depuis quelques années, quelques grandes prévisions d'investissement sont présentées.

XI 2 Présentation de D1 Oils Madagascar

D1 Oils (www.d1africa.com) est une entreprise britannique ayant pour but la production de l'huile de Jatropha et de ses dérivées. En dehors de Madagascar, D1 Oils cultive aussi du Jatropha dans d'autres pays d'Afrique australe (Mozambique, Swaziland et Zambie). Le but est d'offrir de l'huile de Jatropha, et/ou du biodiesel au Jatropha à des prix internationalement compétitifs en alternative aux carburants fossiles, à court terme plutôt sur le marché national, à moyen et long terme surtout sur le marché international, en raison des restrictions du marché national.

D1 Oils ne cultive pas encore des surfaces appartenant à la société, mais essaye de trouver des paysans pour une culture sous contrat. Dans ce but, D1 Oils distribue gratuitement des semences et apporte une certaine expertise de la culture de Jatropha. Dans tout Madagascar, la culture sur 20.000 ha est envisagée. Entre 2.000 et 3.000 ha sont déjà cultivés, en majorité par les plants issus de pépinière, mais aussi par la multiplication par boutures. Actuellement, une évaluation est en cours les emplacements exacts des plantations, leur taille et la qualité des plantations. Etant donné qu'environ 1000 paysans sous contrat de D1 Oils dans les différentes régions produisent sur des sites dispersés, les travaux requis pour cette évaluation exigent un effort considérable. Les endroits principaux sont les Régions Boeny, Vakinankaratra et Alaotra Mangoro. Dans cette dernière, le Jatropha sert aussi à la lutte anti-érosive.

D1 Oils a payé initialement aux paysans un prix d'environ 100 AR par kilogramme de semences de Jatropha. Actuellement, le prix d'achat atteint environ 200 AR ou plus. Dans certaines régions, il n'y a pas de problèmes pour trouver des paysans qui s'engagent dans le contrat, par exemple à Alaotra Mangoro. Dans d'autres régions (par exemple Bongolava), il est plus difficile de convaincre les paysans. Suivant des informations non confirmées, les paysans qui avaient conclu un contrat avec D1 Oils, ont proposé leur récolte de Jatropha à d'autres acheteurs, au lieu de la vendre à D1 Oils. D1 Oils est actuellement à la recherche de surfaces propres à l'entreprise, afin d'accélérer le processus de plantation.

Pour l'extraction, une presse de TinyTech (Inde) est disponible, qui permet d'extraire environ 25% d'huile de semences froides. Par réchauffement préalable des graines, plus de 30% d'huile sont extractibles. Des essais avec semences décortiquées ont donné un taux d'extraction de 47%.

Selon Raff James, gérant de la société Bio Energy Invest, l'entreprise prévoit de planter 2.500 ha pour D1 Oils à proximité de Mahajanga. 130 ha ont déjà été cultivés, exclusivement avec du Jatropha Curcas, cultivés initialement en pépinières. Du côté de D1 Oils, un prix d'achat de 50 US\$ / tonne de

noix de Jatropha fut garanti. 250 US\$ ont été proposé pour une tonne d'huile de Jatropha. Selon Mme Sally Ross, gérant de D1 Oils Madagascar, aucun contrat n'a encore été conclu.

*** Difficultés et obstacles :**

- Trouver des paysans qui participent au modèle du contrat
- Paysans et petits entrepreneurs se heurtent au problème d'acquisition de droits de cultiver des surfaces convenables (dans la région Alaotra Mangoro, la situation paraît s'améliorer par l'introduction du « guichet foncier »)
- Concernant le financement, le problème se pose car les banques ne sont pratiquement pas prêtes à octroyer des crédits pour la culture de Jatropha; à cela s'ajoute la contrainte des taux d'intérêt élevés des crédits bancaires à Madagascar.
- Dans la région de Mahajanga: destruction partielle de grandes surfaces de culture par les ravageurs, en particulier des criquets
- feu de brousse
- manque de cadre légal de biocarburants: il n'est pas clair, à quel degré l'huile de Jatropha et le biodiesel seront soumis à l'impôt etc.

XI 3 EcoRegional Initiatives (ERI)

Le programme EcoRegional Initiatives (ERI) qui est financé par USAID, intervient dans deux endroits à Madagascar: premièrement le long du corridor forestier Andringitra –Ranomafana (ERI Fianarantsoa), deuxièmement le long du corridor Andasibe/Mantadia – Zahamena (ERI Toamasina). En principe, ERI propose la culture de Jatropha dans les deux régions avec des incitatifs financiers. Le but du programme est l'amélioration de la situation socio-économique dans les régions d'intervention, mais aussi l'amélioration du système de culture, la réduction du risque d'érosion, etc.

a) ERI Fianarantsoa

Jusqu'à aujourd'hui, environ 600 ha de Jatropha ont été cultivés principalement en cultures mixtes et comme tuteurs de vanille dans des communes au bord du chemin de fer FCE, pour la majorité des plantes issues de pépinières.

Pour faciliter le transport, on est passé de la culture préalable en pots à la culture directe aux champs. La multiplication par boutures est réalisée avec grand succès. Cependant, il y a un manque de plantes mères afin de réaliser la dissémination exclusivement par boutures. A Tolongoïna, une presse de Bielenberg a été mise à la disposition de la Fédération Koloharena (FKH) afin de presser l'huile. Les premiers 80 kg de fruits ont déjà été récoltés et furent pressés localement par les membres de la FKH. La transformation ultérieure en savon n'a pas encore été réalisée. L'huile fut livrée directement à Fianarantsoa.



Photo 7 : Jatropha comme tuteur de vanille

b) ERI Toamasina

Dans la zone d'intervention en Région Alaotra Mangoro, environ 80 ha ont été plantés jusqu'ici avec le soutien d'ERI. Il s'agit uniquement de plantes cultivées préalablement en pépinières. Les terres sont dégradées à un niveau tel que la croissance reste largement au dessous de leur potentiel, vu que les conditions climatiques (environ 1500 mm de précipitations) sont plutôt favorables à la croissance des plantes de Jatropha. En conséquence, la campagne actuelle propose d'ajouter de la bouse de zébu.

*** Difficultés et obstacles :**

- Difficultés par rapport à la sécurité des droits fonciers
- Manque de connaissances parmi les paysans locaux sur le potentiel d'utilisation et de transformation de l'huile de Jatropha amenant une réticence à la culture et à la récolte.
- Manque d'organisation dans l'utilisation et l'entretien de la presse de Bielenberg (la presse est dans un très mauvais état)
- Mauvaise performance de la presse de Bielenberg (seulement 1kg de graines de Jatropha/h)
- Manque de moyens financiers

XI 4 Plantation à l'échelle des petits exploitants

Sur le plan général, il est difficile de donner un bilan unique sur la rentabilité de la production de Jatropha, vu les grandes variations des conditions à Madagascar. Ces variations concernent, en premier lieu, les données naturelles (climat, sol), qui sont responsables des résultats très différents concernant le rendement et les coûts de l'entretien de la plantation. En deuxième lieu s'ajoutent les conditions de transport qui entraînent des grandes distorsions de prix à l'intérieur du pays. L'analyse économique est encore différente si les plantes sont cultivées surtout contre l'érosion, et que leur utilisation pour la production de savon ou l'huile lampant passe au deuxième rang.

Pour avoir des points de repère pour la question de la rentabilité, nous développons une considération des coûts et bénéfices sur la base des hypothèses suivantes :

1. Le terrain de la culture de Jatropha ne serait pas utilisé autrement: il n'y a pas de coûts d'opportunité.
2. Jatropha n'est pas planté en monoculture (ce qui, d'habitude, va de pair avec une plus grande pression par les ravageurs)
3. Des mains-d'œuvre sont disponibles, payés au salaire minimum de 300 Ar/h.
4. Une presse est disponible. Les coûts d'amortissement sont calculés à raison de 30 Ar/kg. Pour obtenir un litre d'huile, il faut 5 kg de graines (ou de noix).
5. Le plus grand facteur des coûts en culture issue des paysans est la récolte. Suivant les conditions locales, les paysans récoltent entre 1 et 2 kg/h. Nous utilisons une valeur moyenne de 1,5 kg/h.
6. Une valeur moyenne de 50 Ar/kg de noix de Jatropha est fixée pour les coûts de la culture et de son entretien.
7. Le tourteau de pressage est utilisé comme engrais, ce qui contribue à élever le rendement.
8. Le tourteau de pressage n'est pas évalué en terme monétaire, car destiné exclusivement à la fertilisation des plantes.
9. D'autres effets positifs de la culture de Jatropha, tels que la réduction des dégâts de l'érosion, la protection contre le feu, etc. ne sont pas évalués en terme monétaire.

Sous ces conditions, la production d'un litre d'huile de Jatropha coûte environ 1.700 Ar:

	Coûts (Ariary)
Plantation et entretien de la culture	250
Récolte de 5 kg de noix de Jatropha	1.000
Amortissement et entretien de la presse de	150
Main d'œuvre pour le pressage de 5 kg de noix de Jatropha	300
Coût de production pour 1 litre d'huile	1.700

Tableau 7 : coût d'exploitation artisanale

Dans le cas de ces coûts de production, l'utilisation de l'huile de Jatropha est rentable:

- pour se substituer au pétrole lampant. Le pétrole lampant coûte environ 2.000 Ar/l en zone rurale et l'huile de Jatropha brûle sensiblement plus longtemps que le pétrole.
- comme matière première pour la production de savon. Le savon de Jatropha peut être produit à bien moins de 2.000 Ar/kg, le prix dépend surtout des effets d'échelle; le prix de vente moyen de savon de qualité moyenne en zone rurale est 4.000 Ar/kg.
- pour se substituer au diesel, dont le prix en zone rurale se situe autour de 2.500 Ar/l.

ERI achète les noix de Jatropha à 400 Ar/kg, afin d'inciter les paysans à la culture de Jatropha. Même à ce prix, une utilisation locale comme substitution au pétrole lampant ou pour la production de savon est rentable. Cependant, à ce prix, le Jatropha ne peut plus concurrencer le diesel.

XI 5 Production à l'échelle industrielle

XI 5 1 Production de l'huile végétale

Le calcul se présente de façon différente pour une production à grande échelle. BAMEX a établi une évaluation détaillée pour ce cas. Considérant les hypothèses souvent très optimistes de cette analyse, elle fut soumise à une reconsidération plus réaliste par C. Zebrowski (société Bionerr). Nous présentons ici un sommaire bref sur la base de l'évaluation par C. Zebrowski (l'analyse détaillée est donnée dans l'annexe):

1. Le terrain de la culture de Jatropha ne serait pas utilisé autrement : il n'y a pas de coûts d'opportunité).

2. Jatropha est cultivé en monoculture. Nous savons par les expériences de D1 Oils et GEM, que ce mode de culture est accompagné par une infestation élevée de ravageurs, allant jusqu'à une perte totale. Donc, les coûts de l'entretien et de l'installation de la plantation augmentent.
3. De l'autre côté, nous pouvons calculer avec un rendement élevé (4t/ha) et une durée réduite du temps de récolte (20kg/jour).
4. En somme, les coûts pour la plantation, l'entretien et la récolte s'élèvent à 250 Ar/kg.
5. Une presse Tinytech est utilisée avec un taux d'extraction de 25%. Les coûts de l'extraction, incluant l'amortissement, sont de 450 Ar/litre.

Sous ces conditions, la production de 1 litre d'huile de Jatropha coûte environ 1.900 Ariary

	Coûts par litre d'huile de Jatropha (Ariary)
Plantation, entretien, et récolte (250 Ar/kg × 4 kg)	1.000
Amortissement et entretien de la presse Tinytech	450
Coûts d'investissement (intérêt)	280
Management du projet (environ 10 % des coûts)	170
Production de 1 litre d'huile de Jatropha	1.900

Tableau 8: coût d'exploitation à l'échelle industriel

Ce prix n'est que faiblement inférieur au prix du diesel à la pompe à Madagascar, qui est actuellement 2.150 Ar/l. Donc, la rentabilité dépend de façon cruciale du traitement fiscal, qui n'est pas encore clair, et des coûts de transport qui s'y ajoutent. Actuellement, l'utilisation nationale sera encore soumise à la TVA de 18 %, 20 % à partir de janvier 2008, ce qui donnera un prix de 2.280 AR à partir du 1.1.2008.

XI 5 2 Production de biodiesel

Si l'huile est destinée à la production du biodiesel, des solvants peuvent être utilisés à l'extraction. Par cette méthode, l'huile peut être extraite à presque 100 %. Avec un taux d'extraction d'environ 35 %, 3 kg de noix de Jatropha suffisent pour 1 l d'huile, aboutissant à un prix d'environ 1650 AR/l d'huile de Jatropha. Il est difficile d'évaluer les coûts de la transesterification. L'USDA a établi un tel calcul en septembre 2003: Sur la base d'un investissement de 30 millions Euro pour une

unité de 60.000 tonnes par an et un prix de 265 €/t de méthanol, le USDA a estimé les coûts de la transesterification à environ 0,18 €/l de biodiesel, équivalent à presque 500 AR/l. Le bilan net donne un prix de production de 2.150 AR/l biodiesel. Le processus de transesterification fournit d'autres produits secondaires, telle la glycérine, dont la commercialisation est importante pour la rentabilité du processus global.

XI 6 Analyse de marché et vulgarisation de la presse

Notre presse est de fabrication artisanale. Le coût du prototype est évalué dans l'annexe ci-joint, la performance de ce type de machine réside surtout dans sa grande capacité de presser une quantité de graines par rapport aux autres types de presse manuelle qui varie selon la longueur de course voulue mais qui est comprise entre 0 à 500 mm. Et que son rendement est égale à 0,92 soit 92% de l'huile sera extraite.

Vue alors le coût de l'appareil (annexe) on peut alors estimer qu'elle est rentable.

CHAPITRE XII ETUDE SUR L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIO-ECONOMIQUE

Pour mieux comprendre ce chapitre nous allons étudier successivement les chances et risque sur la plantation de jatropha. Nous voulons pour cela illustré nos idées avec de brève analyse de marché.

XII.1 Chances [17][18][19]

Pour pouvoir estimer le potentiel de Jatropha à Madagascar, il faut différencier les modes de production en petite exploitation et à l'échelle industrielle, à cause des différences dans la structure des coûts. Cette différence va essentiellement de pair avec l'approvisionnement des différents niveaux du marché (local, régional, national et international), même si ces niveaux ne sont pas entièrement séparés.

XII 1 1 Situation précédente

En 2008, le marché est très effrité et caractérisé par un certain non transparence. En même temps, les coûts élevés de transport et de transaction empêchent le développement d'un marché «parfait ». Ainsi dans le passé, D1 Oils à Mahajanga n'a proposé aux paysans que 100 Ar par kilogramme de noix de Jatropha, tandis que ERI propose 400 Ar/kg dans sa zone d'intervention. Dans la région d'Ambalavao, un prix allant jusqu'à 500 Ar/kg fut payé ; le litre d'huile de Jatropha y coûte 4.000 Ar, un prix qui sera certainement bien supérieur au prix du marché, dès qu'un marché de Jatropha plus étendu se développe.

Par la dynamique à cette époque

- une série d'acteurs et des paysans s'intéressent à la culture de Jatropha dans presque tout Madagascar
- des forces agissent pour un équilibrage du marché. Ainsi, D1 Oils a déjà augmenté son prix d'achat de noix de Jatropha à 200 Ar/kg ou plus.

XII 1 2 Evolution future

Cette tendance devrait continuer dans les mois et années à venir. Mais les coûts du transport élevés devront maintenir une différenciation du niveau des prix.

a) Potentiel pour la production par les petits paysans:

Quand on veut estimer le potentiel de la production par les petits paysans, il faut déterminer :

- le nombre de ménages concernés

- la consommation moyenne des marchandises qui sont substituables par l'huile de Jatropha.

A Tolongoïna, une enquête fut menée auprès de plusieurs magasins pour estimer la demande d'un ménage moyen de 4 personnes. Les valeurs suivantes furent obtenues :

- environ 150 g de savon par semaine
- environ 14 bougies par semaine (36g)
- environ 350 ml de pétrole lampant par semaine

Quand on remplace ces produits par l'huile de Jatropha, on obtient la demande annuelle d'un ménage moyen:

- environ 6 litres d'huile pour le savon
 - environ 46 litres d'huile au lieu des bougies
 - environ 14 litres d'huile au lieu du pétrole lampant
- au total, environ 66 litres d'huile par an.

Calcul pour Madagascar

Le facteur dont l'estimation est la plus difficile est le nombre de ménages, qui pourraient utiliser l'huile de Jatropha au lieu des savons, bougies et pétrole lampant traditionnels. Pour illustrer ce potentiel énorme, une estimation conservatrice sera avancée:

Avec une population de 18 millions et un taux de 75 % de la population rurale, on obtient un potentiel d'environ 3,4 millions de ménages ruraux (à 4 têtes). Même si seulement 50 % adopteront la possibilité de substituer le savon, les bougies et le pétrole lampant par l'huile de Jatropha, on obtiendrait une demande annuelle de 118 millions de litres d'huile. Sur la base du prix de 2.000 AR par litre d'huile de Jatropha, ce chiffre représente un potentiel de marché de 135 millions US\$, uniquement dans le monde rural.

Ce calcul ne tient pas compte de l'éventualité que les paysans peuvent aussi produire pour le marché régional qui inclut les ménages des villes, et qu'ils pourraient substituer une partie du diesel par l'huile de Jatropha.

b) Potentiel d'une production industrielle :

- Le marché national

Nous ne considérons pas ici les possibilités de la production nationale de savon ou d'autres produits cosmétiques, car la production des paysans doit y être aussi pris en considération. Il s'agit surtout du carburant diesel, dont le potentiel de marché sera étudié ci-après:

En 2006 à Madagascar, environ 401.000 tonnes de diesel ont été consommées, dont 88.000 tonnes par JIRAMA pour la production de courant électrique.

Marché de l'huile de Jatropha: En plus des 88.000 tonnes de diesel pour JIRAMA, d'autres 10% (31.000 t) de la consommation de diesel pourraient être remplacés par l'addition de l'huile de Jatropha. Il en résulte un potentiel de substitution de diesel de 119.000 t par l'huile de Jatropha, ce qui représente une surface de plantation d'environ 119.000 ha. Par la production de biodiesel de Jatropha, la totalité de la demande annuelle de diesel à Madagascar (401.000 t en 2006) pourrait être substituée.

La question de la rentabilité économique de l'utilisation de l'huile de Jatropha pour le marché national dépendra :

Premièrement de l'évolution des prix des carburants fossiles et

Deuxièmement d'une législation adéquate qui permettra l'utilisation des biocarburants. Des mesures incitatives avec les lois régissant les biocarburants pourraient être une exonération d'impôts ou l'addition obligatoire de biocarburants.

➤ Le marché international

Si l'huile de Jatropha deviendrait compétitive sur le marché international, un marché géant sera ouvert. En particulier, l'augmentation de la part du biodiesel dans les carburants diesel qui est prévue en Europe, amènera une augmentation de la demande qui se répercutera aussi sur les prix.

Au cours de l'année passée, le prix de l'huile de palme est passé de 500 US\$ à actuellement 900 US\$ la tonne (ceci correspond à peu près au prix du diesel fossile). L'huile de Jatropha ne peut pas encore être produite à ce prix. Les 1.900 AR par litre qui ont été calculés, donnent un prix de presque 1.200 US\$ par tonne pour l'huile de Jatropha.

Pour atteindre le potentiel énorme des marchés internationaux des biocarburants, trois facteurs seront décisifs:

a. Le développement des prix du marché. Si l'évolution de l'année passée devait continuer, un très grand potentiel du marché se développerait. La législation des pays industrialisés jouera un rôle, comme l'obligation d'ajouter du biocarburant qui peut entraîner une poussée du prix.

b. Des mesures incitatives à l'intérieur de Madagascar qui pourraient entraîner une multiplication des cultures et, par une infrastructure améliorée, une réduction des coûts de production.

c. L'établissement d'une chaîne efficace de production, de la plantation au transport, jusqu'à la transformation et la commercialisation.

XII.2 Obstacles et difficultés liés aux cultures et à l'utilisation de Jatropha

Par la suite, nous donnons un aperçu des obstacles majeurs pour une multiplication des cultures de Jatropha:

XII.2.1 Culture [17][18][19]

- Il s'agit d'une plante sauvage, dont le rendement fluctue largement. Ainsi, elle demande encore un effort considérable en matière de sélection et de recherche.
- Il y a un grand déficit de connaissances parmi les paysans sur les possibilités de Jatropha, y compris sur les meilleures méthodes de culture et des conditions de croissance de Jatropha. Ce fait est d'autant plus important que les expériences d'une partie du pays ne sont pas transférables sur d'autres régions.
- Le manque de connaissances sur le stockage optimal des noix de Jatropha récoltées entraîne une perte totale ou, au moins, de mauvais résultats de germination.
- Le manque d'eau pendant la saison de plantation a entraîné de grandes pertes au sud du pays.
- En culture de plantation, la pression des ravageurs augmente. Il existe un risque élevé de pertes, allant jusqu'à la perte totale, par exemple par les criquets.
- Actuellement, l'acquisition de semences est un problème. (C'est pour cette raison que GEM a remplacé une grande partie de ses cultures par Jatropha Mahafalensis)
- Il n'y a pas d'expériences sur les conséquences des cultures de Jatropha (en particulier en monoculture) sur l'environnement et des cultures voisines (par exemple allélopathie)

XII.2.2 Droits fonciers

- De grandes difficultés, fréquemment citées comme les plus grands obstacles, sont dues au droit foncier et à l'utilisation de terrains non sécurisés. Ils rendent la recherche de droits d'exploitation à long terme difficile, aussi bien pour les petits paysans que pour les investisseurs.

XII.2.3 Financement

- Dans le secteur des petits exploitants – de même dans le secteur des petits entrepreneurs – il est difficile d'obtenir les moyens financiers (crédits) nécessaires pour des plantations de grande envergure et pour des presses d'extraction.
- En plus, les taux d'intérêt élevés des crédits, tels qu'ils sont pratiqués à Madagascar, empêchent les investissements.

XII.2.4 Législation

La législation est déterminante pour la rentabilité, en particulier pour la production à l'échelle industrielle. Beaucoup de questions restent ouvertes. Malgré le grand intérêt, Jatropha n'a pas encore un lobby fort.

- Quel sera le cadre légal pour la production et la commercialisation de l'huile de Jatropha et du biodiesel (exonération d'impôts, conditions en zone franche, etc.)?
- Est-ce que la loi créera une demande nationale, par exemple par le mélange requis de biodiesel au diesel?
- Est-ce que l'Etat va favoriser la recherche et le développement du secteur de Jatropha?

XII.2.5 Extraction

- Il n'y a que peu de personnes qui ont des expériences dans l'utilisation des presses; par le passé, ce fait a entraîné une perte de qualité du matériel avec des mauvais résultats par rapport à la durée de l'extraction et du taux de l'extraction.
- Le problème de financement des presses a pour conséquence que des presses ne sont disponibles qu'à un petit nombre d'endroits. Par conséquent, la motivation pour planter le Jatropha dans des endroits reculés ou d'y récolter les plantes existantes, est faible.
- Si les noix sont décortiquées avant le pressage, le taux d'extraction augmente. Cependant, il n'existe pas encore une technologie adéquate pour ce processus.
- Il n'existe pas de production nationale de presses motrices.
- L'extraction par caléfaction rend l'huile inappropriée pour les moteurs diesel.

XII.2.6 Transesterification

- Il n'y a pas encore d'expériences à Madagascar avec le processus de transesterification de l'huile de Jatropha. Ceci rend une évaluation économique difficile. Les connaissances à Madagascar sur les propriétés du biodiesel à l'huile de Jatropha sont limitées.

XII.2.7 Autres transformations et utilisation

- Les paysans ne disposent pas d'un savoir-faire pour transformer l'huile de Jatropha en savon ou pour fabriquer des lampes.
- Il n'y a pas d'études à long terme des effets sur les moteurs diesel quant à l'utilisation de l'huile de Jatropha comme additif au diesel.

CONCLUSION

Nous pouvons tirer les conclusions suivantes:

- Il existe des grandes variations et des écarts par rapport au rendement de la culture dans les différentes régions et par rapport aux différents modes de culture. Il importe de collecter systématiquement et d'évaluer les expériences avec de telles variations.
- Le fait que Jatropha est une plante sauvage avec une haute variabilité de rendement et de la teneur en huile, exige un travail intensif de culture. Des activités individuelles par des acteurs différents doivent être renforcées et combinées.
- Un centre de recherche qui traiterait les différents aspects de la culture, du traitement et de l'utilisation de Jatropha, doit être mis en place.

D'après le rendement de la presse, on peut extraire le maximum d'huile par rapport à d'autre type de presse qui est aussi peu encombrant d'où facilité de montage et démontage. Vue aussi la rentabilité offerte par ce type de machine est meilleur car le coût de la machine est très vite amorti, donc il est à prévoir une certaine vulgarisation à travers le pays et la possibilité de couplage avec un moteur électrique.

- Pour résoudre le problème de manque de réglementation, des experts professionnels devront s'associer au processus de législation
- Pour résoudre le problème des droits d'utilisation de terrains non sécurisés, les activités des acteurs du secteur doivent être renforcées.
- Toutes les possibilités d'investissement dans la plantation et le traitement de Jatropha par la population rurale sont à améliorer.
- Les connaissances sur la culture et les utilisations de Jatropha et ses produits sont à diffuser.
- Probablement, Jatropha a le potentiel pour améliorer l'environnement et l'économie des ménages ruraux, mais il a aussi le potentiel d'avoir une influence négative sur l'environnement et l'économie, soit en accaparant les sites favorables, soit par le déboisement des forêts primaires. De tels effets négatifs doivent être évités.
- La culture de Jatropha à grande échelle doit être vue sous l'aspect d'une utilisation optimale des ressources au service de l'énergie. Sous cet aspect, d'autres cultures à vocation énergétique, par exemple la production de biomasse pour le biogaz, doivent être prises en considération, afin d'éviter des erreurs de décision.

Table des matières

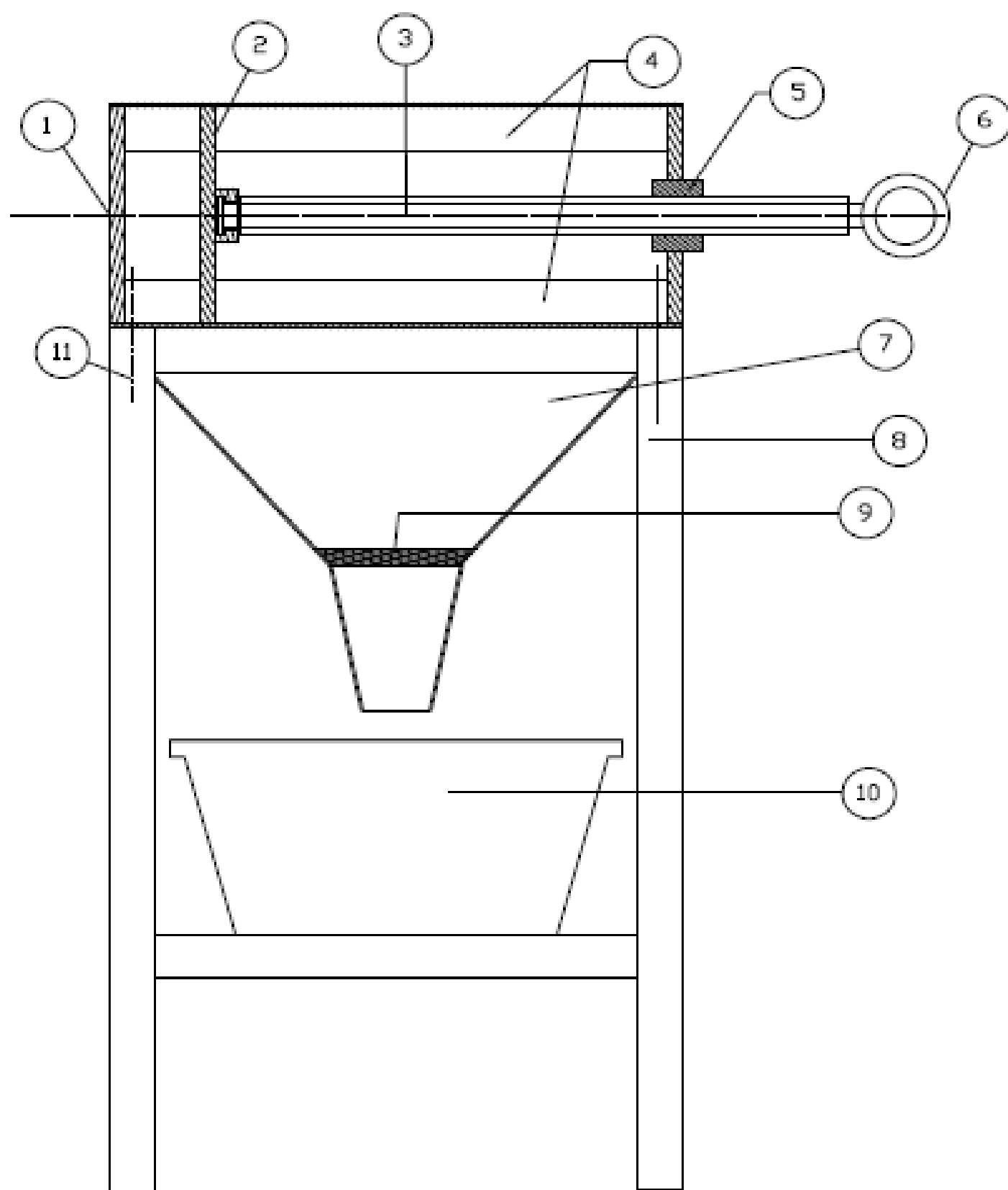
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES HUILES VEGETALES	2
INTRODUCTION	2
I-1 La filière oléagineuse à Madagascar	4
I-1-1. Description de la filière	4
I-1-2 Production	6
I-1-3 Transformation	7
I-2 Caractérisation des huiles végétales	7
I-2-2-2 Le point éclair	9
I-2-2-3 L'indice de saponification	10
I-2-2-4 Indice d'iode	12
CHAPITRE II : NOTION SUR LE JATROPHA	13
II-1 Introduction	13
II-2- Les différents types et caractéristiques de jatropha	14
I-3 Le Jatropha curcas	14
II.3.1 Description botanique	14
II.3.2 Production	15
II.3.2.1 La multiplication générative (graines)	15
II .3.2.2 La multiplication végétative (boutures)	15
I-4 Composition chimique	16
I-5 Différents usages du jatropha	16
I-5-1 Utilisation dans l'agriculture	16
I-5-2 Utilisation de l'huile	17
CHAPITRE III : PRODUCTION DE BIODIESEL A PARTIR DE L'HUILE DE JATROPHA	20
III-1 Historique	20
III-2 Définitions	21
III-3 Les esters d'huiles végétales et de graisses	22
III-4 Historique sur la réaction de transestérification relatif aux huiles végétales	23
III-5 But de la réaction de transestérification	23
III-6 La réaction proprement dite	24
III-7 Caractéristiques des biocarburants	24

III-8 Pourquoi raffiner les huiles végétales ?	25
III-9 Application de la réaction de transesterification à l'huile de jatropha	32
CHAPITRE IV : MODE D'EXTRACTION DE L'HUILE.....	36
IV 1 Introduction	36
IV 2 Historique	36
IV 3 Les différent type de presse	37
IV 3 1 La presse à barreaux	37
IV 3 2 La presse dite « à tube » ou « à vis »	39
IV 4 Les étapes à suivre pour l'extraction de l'huile.....	40
IV 4 1 Préparation et torréfaction des graines.....	40
IV 4 2 Pressage.....	41
IV 4 3 Purification de l'huile	41
INTRODUCTION	42
CHAPITRE V : PRESENTATION DU PROJET	43
V 1 Objectif du projet	43
V 2 But du projet	43
V 3 Description général du projet	43
CHAPITRE VI : DETERMINATION DES DONNEES NECESSAIRES A LA CONCEPTION DE LA PRESSE....	44
VI 1 Dispositif expérimental pour effectuer les essais	44
VI 2 Recherche du mode optimal de préparation des graines avant le pressage	44
VI 3 Recherche de la pression optimale de pressage.....	46
CHAPITRE VII PROCESSUS DE DESIGN DE LA PRESSE	47
VII 1 Caractéristiques des presses.....	47
VII 1 1 Type de presse.....	47
VII 1 2 Mode de compression	47
VII 2 Définition du problème	47
VII 3 Proposition de solution.....	48
VII 4 Etude de praticabilité.....	52
VII 5 Choix de la solution finale	53
CHAPITRE VIII DIMENSIONNEMENT DE LA PRESSE	54
VIII 1 Calcul de la longueur de course après pressage ou le taux de réduction.....	54
VIII 2 Rendement de la presse	54
VIII 3 Analyses des forces	55
VIII 4 Calcul de l'épaisseur du plateau de compression	56

VIII 5 Dimensionnement de la vis mère.....	57
CHAPITRE IX : SELECTION DES MATERIAUX.....	59
IX-1 Les plateaux de pression	60
IX-2 Le Bâti ou carter	60
IX-3 La vis mère.....	61
IX-4 Le levier	61
IX-5 L'entonnoir	61
IX- 6 Cuvette de réception.....	62
IX-7 Les pieds	62
CHAPITRE X: TRAITEMENT DE L'HUILE APRES PRESSAGE	63
INTRODUCTION	63
X 1 Normalisation	63
X 2 Décantation et filtration	64
X 3 Stockage et distribution	65
CHAPITRE XI ETUDE ECONOMIQUE	67
XI 1 Acteurs principaux de la culture de Jatropha à Madagascar.....	67
XI 1 1. Production sur de grandes plantations.....	67
XI 1 2. Production sur de petites surfaces.....	67
XI 2 Présentation de D1 Oils Madagascar	68
XI 3 EcoRegional Initiatives (ERI)	69
XI 4 Plantation à l'échelle des petits exploitants	71
XI 5 Production à l'échelle industrielle.....	72
XI 5 1 Production de l'huile végétale.....	72
XI 5 2 Production de biodiesel.....	73
XI 6 Analyse de marché et vulgarisation de la presse	74
CHAPITRE XII ETUDE SUR L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIO-ECONOMIQUE	75
XII.1 Chances.....	75
XII 1 1 Situation précédente.....	75
XII 1 2 Evolution future	75
XII.2 Obstacles et difficultés liés aux cultures et à l'utilisation de Jatropha	78
XII.2.1 Culture.....	78
XII.2.2 Droits fonciers.....	78
XII.2.3 Financement.....	78
XII.2.4 Législation.....	79

XII.2.5 Extraction	79
XII.2.6 Transesterification	79
XII.2.7 Autres transformations et utilisation.....	79
CONCLUSION.....	80

ANNEXES



Désignation	Prix unitaire(Ariary)	Nombres
Plateau de compression	19000	2
Vis mère	30000	1
Corner 5	8000	2
Corner 4	7000	2
Tôle 0,25	10000	1
Peinture	10000	1
Vis de fixation	600	4
Levier	21000	1

Coût total de la réalisation	115 600
------------------------------	---------

Coût de la réalisation

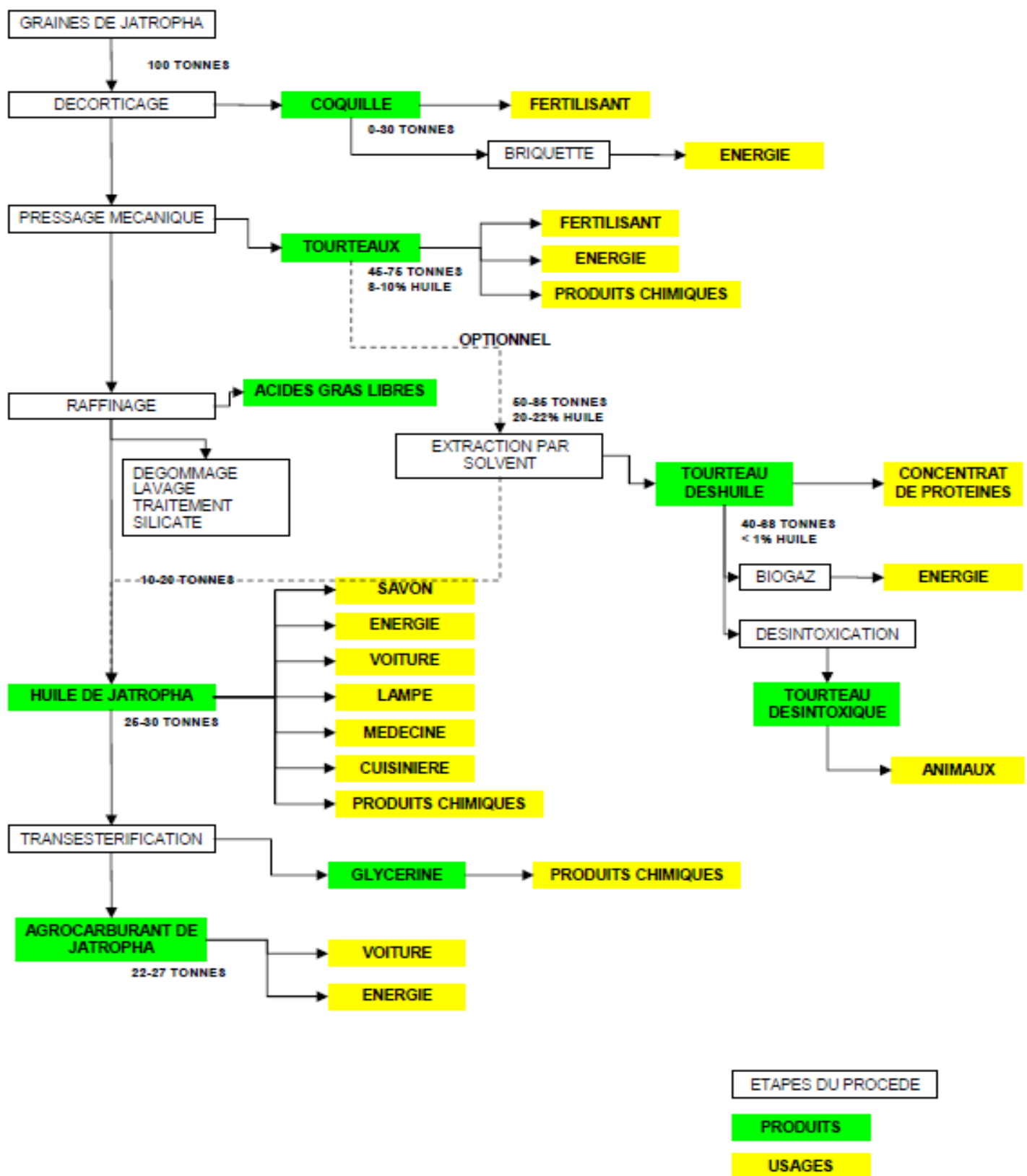






















Diagramme de diverse exploitation du jatropha

$\mu = 0.10$ tableau de serrage pour visserie phosphatée ou zinguée, lubrification adaptée de bonne qualité (μ = coefficient de frottement moyen)




ISO 272			Classes de qualité boulonnerie acier ISO 898-1													
																
d mm	ISO mm	mm	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo
1,6**	0,35	3,2	0,060	260	0,084	364	0,096	416	0,128	555	0,144	624	0,189	815	0,221	954
2**	0,40	4	0,126	492	0,177	604	0,202	690	0,270	921	0,303	1 036	0,396	1 352	0,463	1 582
2,5**	0,45	5	0,261	718	0,365	1 006	0,417	1 150	0,556	1 588	0,626	1 724	0,82	2 251	0,96	2 684
3	0,50	5,5	0,44	1 077	0,62	1 508	0,71	1 724	0,95	2 298	1,09	2 586	1,40	3 976	1,64	3 951
4	0,70	7	1,08	1 868	1,44	2 615	1,65	2 988	2,20	3 985	2,49	4 484	3,23	5 858	3,78	6 849
5	0,80	8	2,03	3 053	2,85	4 275	3,25	4 885	4,34	6 514	4,92	7 335	6,3	9 568	7,4	11 196
6	1	10	3,53	4 310	4,95	6 034	5,6	6 896	7,5	9 195	8,53	10 336	11	13 506	12,9	15 805
8	1,25	13	8,5	7 904	11,9	11 066	13,6	12 647	18,2	16 863	20,63	18 968	26	24 768	31	28 984
10	1,50	16	16,8	12 580	23	17 612	27	20 128	36	26 838	41	30 197	52	38 418	61	46 128
12	1,75	18	29	18 337	40	25 672	46	29 339	62	39 119	70	44 022	91	57 457	106	67 236
14	2	21	46	25 175	65	35 245	74	40 280	99	53 707	111	60 251	145	78 882	170	92 309
16	2	24	71	34 597	100	48 436	115	55 356	158	73 808	173	83 165	225	108 406	263	126 858
18	2,5	27	99	42 034	139	58 932	159	67 351	220	92 440			313	131 897	366	154 348
20	2,5	30	140	54 059	196	75 682	225	86 494	311	119 003			440	169 385	515	198 216
22	2,5	34	192	67 511	269	94 515	307	108 017	424	148 374			602	211 534	704	247 540
24	3	36	241	77 845	338	108 983	387	124 552	534	171 437			758	243 914	887	285 432
27	3	41	355	102 333	498	143 350	569	163 829	784	225 110			1 114	320 832	1 304	375 442
30	3,5	46	483	124 491	677	174 287	773	199 185	1 067	274 030			1 515	390 072	1 773	456 467
33	3,5	50	653	155 083	915	217 116	1 046	248 132	1 442	341 347			2 048	485 926	2 397	568 637
36	4	55	841	182 032	1 177	254 845	1 346	291 252	1 855	400 571			2 636	570 369	3 085	667 453
39	4	60	1 088	218 667	1 523	306 135	1 741	349 868	2 399	481 158			3 410	685 159	3 990	801 782
42**	4,5	65	1 348	250 311	1 887	350 435	2 156	400 497	2 965	550 683			4 223	784 306	4 941	917 805
45**	4,5	70	1 681	292 970	2 353	410 158	2 690	468 752	3 698	644 534			5 267	917 973	6 164	1 074 223
48**	5	75	2 032	329 254	2 845	460 956	3 251	526 807	4 470	724 359			6 367	1 031 663	7 450	1 207 265
52**	5	80	2 608	395 006	3 651	553 008	4 172	632 009	5 737	869 013			8 171	1 237 685	9 562	1 448 354
56**	5,5	85	3 255	456 159	4 557	638 622	5 208	729 854	7 161	1 003 543			10 199	1 423 298	11 935	1 672 582
60**	5,5	90	4 032	532 893	5 645	746 050	6 451	852 629	8 871	1 172 865			12 634	1 669 732	14 785	1 953 941
64**	6	95	4 856	602 793	6 798	843 911	7 769	964 470	10 683	1 326 146			15 215	1 888 753	17 805	2 210 243

*Classe 8-8a jusqu'à d=16mm, 8-8b à partir de d=118 mm

$\mu = 0.15$ tableau de serrage pour visserie noire ou zinguée, lubrification sommaire (état de livraison) (μ =coefficient de frottement MOYEN)

ISO 272			Classe de qualité boulonnerie acier ISO898-1													
																
d mm	ISO mm	mm	Os	Fo	Os	Fo	Os	Fo	Os	Fo	Os	Fo	Os	Fo	Os	Fo
1,6**	0,85	3,2	0,075	284	0,105	327	0,120	374	0,160	499	0,180	561	0,285	732	0,275	857
2**	0,40	4	0,159	388	0,222	544	0,254	621	0,339	829	0,381	932	0,498	1 217	0,582	1 424
2,5**	0,45	5	0,330	648	0,463	907	0,529	1 036	0,705	1 382	0,793	1 555	1,04	2 030	1,21	2 375
3	0,50	5,5	0,57	972	0,80	1 362	0,91	1 556	1,21	2 075	1,38	2 335	1,79	3 048	2,09	3 567
4	0,70	7	1,30	1 685	1,83	2 359	2,09	2 696	2,78	3 594	3,16	4 044	4,09	5 279	4,79	6 178
5	0,80	8	2,59	2 759	3,62	3 862	4,14	4 414	5,5	5 886	6,27	6 626	8,1	8 645	9,5	10 116
6	1	10	4,49	3 891	6,2	5 448	7,1	6 226	9,5	8 302	10,84	9 334	14,0	12 194	16,4	14 269
8	1,25	13	10,9	7 145	15,2	10 003	17,4	11 432	23	15 242	26,34	17 146	34	22 388	40	26 198
10	1,50	16	21	11 379	30	15 930	34	18 206	46	24 275	52	27 313	67	35 655	79	41 724
12	1,75	18	37	16 594	52	23 231	59	26 550	79	35 401	90	39 835	116	51 995	136	60 845
14	2	21	59	22 789	83	31 905	95	36 463	127	48 618	143	54 570	187	71 408	219	83 563
16	2	24	93	31 385	130	43 939	148	50 216	198	66 955	224	75 422	291	98 340	341	115 079
18	2,5	27	128	38 123	179	53 373	205	60 998	283	83 746			402	119 454	471	139 787
20	2,5	30	182	49 039	254	68 655	291	78 463	402	107 941			570	153 657	667	179 811
22	2,5	34	250	61 326	350	85 857	400	98 123	552	134 806			783	192 157	917	224 865
24	3	36	313	70 616	438	98 863	500	112 986	691	155 489			981	221 266	1 148	258 928
27	3	41	463	93 042	649	130 259	741	148 868	1 022	204 577			1 452	291 534	1 700	341 157
30	3,5	46	628	113 045	880	158 263	1 005	180 872	1 387	248 811			1 969	354 209	2 305	414 500
33	3,5	50	854	141 009	1 195	197 412	1 366	225 614	1 884	310 343			2 676	441 828	3 132	517 033
36	4	55	1 096	165 409	1 534	231 573	1 754	264 655	2 418	363 974			3 435	518 282	4 020	606 501
39	4	60	1 424	198 910	1 994	278 474	2 279	318 257	3 139	437 669			4 463	623 253	5 223	729 339
42**	4,5	65	1 760	227 588	2 464	318 624	2 816	364 141	3 872	500 694			5 515	713 110	6 453	834 491
45**	4,5	70	2 203	266 613	3 085	373 258	3 525	426 580	4 847	586 548			6 903	835 386	8 079	977 579
48**	5	75	2 659	299 530	3 722	419 342	4 254	479 248	5 849	658 966			8 330	938 528	9 748	1 098 277
52**	5	80	3 425	359 684	4 795	503 558	5 480	575 495	7 335	791 306			10 731	1 127 011	12 558	1 318 843
56**	5,5	85	4 270	415 172	5 978	581 240	6 832	664 275	9 394	913 378			13 379	1 300 871	15 656	1 522 236
60**	5,5	90	5 306	485 416	7 428	679 583	8 490	776 666	11 673	1 067 916			16 625	1 520 971	19 455	1 779 860
64**	6	95	6 382	548 969	8 935	768 556	10 212	878 350	14 041	1 207 731			19 998	1 720 102	23 402	2 012 885

$\mu = 0.20$ tableau de serrage pour visserie revêtue ou non. Montage à sec (μ = coefficient de frottement moyen)

ISO 272			Classe de qualité boulonnerie acier ISO898-1													
			5.6		5.8		6.8		8.8		9.8		10.9		12.9	
d mm	ISO mm	mm	Os	Fo	Os	Fo	Os	Fo	Os	Fo	Os	Fo	Os	Fo	Os	Fo
1,6**	0,35	3,2	0,086	210	0,120	294	0,137	335	0,183	447	0,206	503	0,269	657	0,315	769
2**	0,40	4	0,183	349	0,256	488	0,293	558	0,390	744	0,439	837	0,573	1 093	0,671	1 279
2,5**	0,45	5	0,383	582	0,536	815	0,612	931	0,816	1 242	0,918	1 397	1,20	1 824	1,40	2 134
3	0,50	5,5	0,66	874	0,92	1 224	1,06	1 399	1,41	1 866	1,60	2 099	2,07	2 740	2,43	3 207
4	0,70	7	1,51	1 514	2,11	2 120	2,42	2 422	3,22	3 230	3,66	3 635	4,74	4 744	5,5	5 552
5	0,80	8	3,00	2 481	4,20	3 473	4,81	3 970	6,4	5 293	7,27	5 958	9,4	7 774	11,0	9 098
6	1	10	5,2	3 498	7,2	4 893	8,3	5 598	11,1	7 464	12,57	8 392	16,3	10 962	19,1	12 828
8	1,25	13	12,6	6 426	17,7	8 997	20	10 283	27	13 710	30,62	15 423	39	20 137	46	23 565
10	1,50	16	25	10 238	35	14 334	40	16 382	53	21 843	61	24 575	78	32 082	92	37 542
12	1,75	18	43	14 934	60	20 908	69	23 895	92	31 860	105	35 849	136	46 795	159	54 760
14	2	21	69	20 514	97	28 719	111	32 822	148	43 763	167	49 142	218	64 277	255	75 218
16	2	24	108	28 280	152	39 592	174	45 248	232	60 331	262	67 944	341	88 611	399	103 694
18	2,5	27	149	34 324	209	48 054	239	54 919	330	75 421			469	107 549	549	125 856
20	2,5	30	213	44 188	298	61 863	341	70 700	471	97 253			667	138 456	781	162 023
22	2,5	34	293	55 298	411	77 418	470	88 478	648	121 574			920	178 269	1 077	202 762
24	3	36	366	63 630	513	89 083	586	101 809	809	140 084			1 148	199 376	1 343	233 313
27	3	41	544	83 910	762	117 474	871	134 257	1 201	184 517			1 706	262 920	1 997	307 672
30	3,5	46	737	101 914	1 032	142 679	1 180	163 062	1 628	224 292			2 311	319 331	2 704	373 685
33	3,5	50	1 004	127 210	1 406	178 094	1 607	203 536	2 216	279 953			3 148	398 593	3 684	466 438
36	4	55	1 288	149 174	1 803	208 844	2 060	238 679	2 840	328 236			4 036	467 413	4 723	546 973
39	4	60	1 677	179 487	2 348	251 282	2 683	287 179	3 697	394 919			5 255	562 393	6 150	658 119
42**	4,5	65	2 070	205 323	2 898	287 452	3 312	328 516	4 554	451 710			6 486	643 344	7 590	752 849
45**	4,5	70	2 596	240 641	3 635	336 897	4 154	385 025	5 712	529 410			8 136	754 008	9 520	882 350
48**	5	75	3 130	270 321	4 383	378 449	5 009	432 514	6 887	594 706			9 809	847 006	11 478	991 177
52**	5	80	4 041	324 763	5 657	454 668	6 465	519 620	8 889	714 478			12 661	1 017 590	14 816	1 190 797
56**	5,5	85	5 034	374 739	7 048	524 635	8 054	599 582	11 075	824 426			15 773	1 174 182	18 458	1 374 043
60**	5,5	90	6 266	438 337	8 772	613 672	10 026	701 340	13 785	964 342			19 634	1 373 457	22 976	1 607 237
64**	6	95	7 533	495 676	10 546	693 947	12 052	793 082	16 572	1 090 488			23 603	1 553 119	27 620	1 817 480

*Classe 8-8a jusqu'à d=16 mm, 8-8b à partir de d=118 mm

Auteur : RAKOTONDRABE Zaraso Mathieu Auguste

Titre : « Etude et conception de presse manuelle pour des graines oléagineuses de Madagascar »

Nombre de pages : 80

Nombre de tableaux : 8

Nombre de figures : 21

Nombre de photo : 7

Annexes : 6

RESUME :

L'objectif de ce travail était d'optimiser et vulgariser l'énergie renouvelable à base d'huile végétale pour remplacer éventuellement le pétrole dans les villages loin de la capital où l'électricité constitue encore des problèmes.

L'huile issue du pressage manuelle a été d'abord caractérisée afin de vérifier sa qualité ainsi que son usage.

Une analyse critique de procédé a permis de connaître les différents types de presse pour bien établir le choix de méthodes.

Enfin, on a réalisé un prototype pour justifier nos recherches dans le but d'étudier l'impact socio-économique qui en résulte. On a alors constaté que Madagascar a fortement besoin de cette idée pour aider sa population face au manque d'énergie et l'inflation mondiale du prix du pétrole et afin de proposer aux localités une autre source de revenue et que chaque foyer fabrique eux même leur huile alimentaire que industriel.

Mots clés : Jatropha, presse à huile, transesterification, saponification, tourteaux

ABSTRACT :

The objective of this work was to optimize and disseminate renewable energy-based vegetable oil to eventually replace oil in villages far from the capital where electricity is still problems.

The oil from the manual pressing was first characterized to ensure its quality and its use.

A critical analysis process has to know the different types of media to clearly determine the choice of methods.

Finally, we made a prototype to support our research in order to study the socio-economic impact that results. It was found that Madagascar is a strong need for this idea to help its people about the lack of energy and global inflation in oil prices and to offer communities an alternative source of income and that each home makes them even their edible oil as industrial.

Keywords: Jatropha, oil press, transterification, saponification, cake

Directeur de mémoire: Docteur RANARIVelo Michel

Adresse de l'auteur : Lot IVH 46 B Ambodimita Antananarivo 101

Contact : 033 29 758 27

E-mail : zarasoamathieuauguster@yahoo.fr