



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT GENIE CHIMIQUE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Génie chimique

PROJET DE FABRICATION ARTISANALE DE SAVON A PARTIR DE L'HUILE DE JATROPHA CURCAS DANS LA REGION DE L'ITASY



Présenté par :

ANDRIAMANANTENA Tovoony Barison

Promotion 2006



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT GENIE CHIMIQUE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Génie chimique

PROJET DE FABRICATION ARTISANALE DE SAVON A PARTIR DE L'HUILE DE JATROPHA CURCAS DANS LA REGION DE L'ITASY



Présenté par : **ANDRIAMANANTENA Tovonony Barison**

Soutenu publiquement le 28 mars 2007 à 9h00 devant le jury composé de :

Président : Professeur RANDRIANOELINA Benjamin
Rapporteur : Docteur RAKOTOARISON Simon
Examineurs : Professeur ANDRIANARY Philippe Antoine
Professeur RANAIVONJARIVO Gabriely
Docteur ANDRIAMANDRANTO Daniel

Promotion 2006

REMERCIEMENTS

Quelque soit notre vouloir, une telle étude n'a pas pu être réalisée sans les grâces que Dieu nous a montrées depuis toujours, sans le soutien pédagogique, matériel, culturel et moral de notre entourage.

- Notre profonde reconnaissance va à **Monsieur RAMANANTSIZEHENA Pascal**, Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo pour la qualité des enseignements que nous avons reçus durant notre formation d'Ingénieur et pour l'autorisation de faire cette soutenance.
- Nous remercions également **Monsieur RANDRIANOELINA Benjamin**, Professeur titulaire de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, d'avoir accepté comme Président de jury de cette soutenance.
- Nos sincères remerciements s'adressent à **Monsieur RAKOTOARISON Simon** Enseignant chercheur à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, qui est notre rapporteur et qui nous donne de conseils si intelligents et instructifs, ses remarques nous ont été d'un précieux secours.
- Nous adressons intégralement notre profonde gratitude à Monsieur **ANDRIANARY Philippe Antoine**, Professeur et Chef de Département de la filière Génie Chimique à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo qui nous a fait confiance pour la réalisation de ce travail.
- Nous remercions aussi vivement **Monsieur ANDRIAMANDRANTO Daniel** Chef de Département du cycle Préparatoire, et Enseignant chercheur dans le Département Génie Chimique à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, et **Monsieur RANAIVONIRIVO Gabriely** Professeur à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo qui ont accepté de faire partie du jury pour évaluer notre étude.
- Nous tenons aussi à exprimer nos vifs remerciements à Monsieur **RAKOTOARIVELO Manitra**, Ingénieur Agronome responsable de la Filière jatropha au sein de BAMEX – USAID, qui nous a consacré son temps à nous aider, et n'a pas épargné ses efforts en nous donnant des conseils judicieux.
- Nous remercions tous les enseignants et les responsables de laboratoire du Département Génie Chimique de Vontovorona, qui nous ont formé durant nos années d'études et nous ont donné leur savoir faire tout au long notre formation dans cette école.
- Notre sincère reconnaissance s'adresse aussi à nos amis de classe qui ont contribué à une ambiance intellectuelle stimulante.
- Nous ne saurons oublier nos très chers parents et toutes nos familles.

Et enfin, nous adressons aussi nos vifs remerciements à tous ceux qui, de près et de loin nous ont accordé leur aide dans la réalisation de ce travail.

A tous et à toutes, que la grâce de Dieu vous incombe !

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : LE JATROPHA CURCAS	10
I.1. Historique : [16], [17].....	10
I.2. Caractéristiques botaniques : [16], [17].....	10
I.3. Caractéristiques écologiques : [16], [17].....	10
I.4. Jatropha, plantes médicinales : [2], [8], [w4], [w13],	11
I.5. Jatropha pour l'agriculture : [2], [8], [w4], [w13],.....	11
I.6. Jatropha en tant que matière industrielle : [w4].....	11
I.7. Méthode de culture : [8], [12], [w4], [w16].....	12
I.7.1. La plantation directe.....	12
I.7.2. La transplantation.....	12
I.7.3. L'inter-cultivation :	12
I.8. Jatropha, substitut du diesel : [1], [2], [12], [w14], [w16], [w22].....	13
I.9. Autres utilisations de jatropha curcas sur le plan économique : [8], [11], [12], [w14], [w16].....	14
I.10. Jatropha pour la fabrication de savon et de shampoing: [8], [11], [w4], [w6], [w13], [w15], [w16].....	15
I.11. Les recherches en cours sur le jatropha en tant que combustible et engrais : [12]	15
CHAPITRE II : Le savon.....	17
II.1. Définition et propriété du savon : [6], [9], [13], [w21].....	17
II.1.1. L'hydrolyse du savon : [6].....	17
II.1.2. Action détergente : [13], [15], [w21].....	18
II.1.3. Les substances à activités inter faciales : [6].....	18
II.1.4. Les propriétés des solutions du savon : [5], [w3], [w17], [w18].....	19
II.2. Les matières premières pour la fabrication de savon : [5], [w3], [w5], [w17], [w18], [w21] ;	20
II.2.1. Les corps gras :	21
II.2.1.2. Propriétés physiques.....	24
II.2.1.3. Propriétés chimiques.....	24
II.2.2. Les alcalis :	26
II.2.2.1. La soude caustique : NaOH.....	26
II.2.3. Les autres matières premières :	27
II.3. Les procédés de fabrications du savon : [5], [6], [9], [w3], [w21].....	29
II.3.1. Savon de ménage	32
II.3.2. Savon de toilette.....	41
II.4. Appareillages pour la fabrication du savon :	42
CHAPITRE I : « LA PLANTATION ET L'ENTRETIEN EFFECTUES JUSQU'A PRESENT ».....	44
IV. La pépinière	44
V. La plantation.....	45
VI. L'entretien	47

CHAPITRE II : « ESSAIS EXPERIMENTAUX DE PRODUCTION DE SAVON AU NIVEAU LABORATOIRE ».....	48
I. Extraction de l'huile par les graines :.....	48
I.1. Les matériels :.....	48
I.2. Mode opératoire :.....	49
I.3. Rendement en huile :.....	49
I.4. Prétraitement du corps gras :.....	49
II.1. Les matériels et les matières premières :.....	51
II.2. Les essais des différents procédés :.....	52
II.2.1. Procédé avec la soude caustique :.....	52
II.2.2. Procédé avec la potasse caustique :.....	55
II.3. Tests des produits :.....	57
Conclusion :.....	57
CHAPITRE I : CULTURE.....	60
I.1. Lieu de plantation :.....	60
I.2. Climatologie :.....	61
I.3. Méthode de culture adoptée.....	61
I.4. Définition de surfaces cultivées :.....	62
I.5. Simulation de production.....	62
II.1. La presse Bielenberg :.....	63
II.2. La presse industrielle :.....	63
II.3. La presse locale :.....	63
Conclusion :.....	63
CHAPITRE III : VALORISATION D'HUILE EN TANT QUE SAVON.....	65
CHAPITRE IV : Etude économique DE LA FABRICATION DE savon.....	66
IV.1. Etude des rentabilités pour la fabrication de savon :.....	66
IV.2. Valeur actuelle nette (VAN) :.....	69
CHAPITRE V : ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL.....	71
V.1. Analyse de l'état initial et de son environnement.....	71
V.1.1. Cadre géographique et économique.....	71
V.1.2. Caractéristiques physiques du site et des environs :.....	77
V.1.4. Hydrogéologie et hydrologie.....	78
V.1.5. Milieu humain.....	78
V.2. ANALYSE DES EFFETS DU PROJET.....	81
V.2.1. Schéma général de l'exploitation.....	81
V.2.2. Impact sur le milieu humain.....	82
V.3. LES RAISONS DU CHOIX DU PROJET.....	84
V.3.1. Choix du site.....	84
V.4. MESURE DE REDUCTION DES NUISANCES.....	86
V.4.1. Règles de sécurité à respecter lors la production artisanale du savon de ménage :	86
MESURES DE PROTECTION.....	86
V.4.2. PRECAUTION pour l'utilisation DE LA SOUDE.....	87
CONCLUSION GENERALE.....	89
BIBLIOGRAPHIE.....	60

ANNEXES.....	62
Notes.....	64

Liste des tableaux

Tableau n°01 : « récoltes attendues par hectare ».....	13
Tableau n°02 : « Comparaison du gasoil et du bio gasoil »:.....	13
Tableau n°3 : « comparaison l'engrais avec celui du biologique sur le marché ».....	16
Tableau n°4 : « Avantages et inconvénients des procédés à chaud et à froid ».....	42
Tableau n°5 : Premier essai « Fabrication de savon sans additif et sans borax avec la soude caustique » Procédé mi-cuit.....	52
Tableau n°6 : Deuxième essai « Fabrication de savon sans additif et sans borax avec la soude caustique » Procédé mi-cuit.....	53
Tableau n°7 : Troisième essai « Fabrication de savon avec additif et avec borax ».....	53
Tableau n° 8: Quatrième essai « Fabrication de savon avec additif et sans borax »	53
Tableau n°9 : Cinquième essai « Fabrication de savon avec additif et avec borax ».....	54
Tableau n°10 ' : Sixième essai « Fabrication de savon sans additif, sans borax avec la soude caustique ». Ici nous avons traité l'huile et en plus nous avons additionné du parfum.....	55
Tableau n°11 : Septième essai « Fabrication de savon par procédé mi-cuit avec la potasse caustique ».....	55
Tableau n°12 : Huitième essai « Fabrication de savon par procédé mi-cuit avec la potasse caustique ».....	55
Tableau n° 13 : neuvième essai « Fabrication de savon par procédé à froid avec la potasse caustique ».....	56
Tableau n°14 : dixième essai « Fabrication de savon liquide à partir de la pâte de savon obtenue précédemment ».....	57
Tableau n°15 : onzième essai « Fabrication de savon liquide à partir de la pâte de savon »	57
Tableau n°16 : simulation de production.....	62
Tableau n°17 : comparaison des presses.....	63
Tableau n°18 : valorisation d'huile de jatropha en tant que savon.....	65
Tableau n°19 : Investissements nécessaires	66
Tableau n° 20 : Dépense de fonctionnement de la fabrication de savon de la plantation jusqu'à la première période de récolte.....	67
Tableau n°21 : Dépense de fonctionnement de la fabrication de savon entre la première et deuxième période de récolte.....	68

Tableau n°22 : Dépense de fonctionnement de la fabrication de savon entre la deuxième et la troisième période de récolte.....	69
Tableau n°23 : VAN.....	70
<u>MESURES DE PROTECTION.....</u>	<u>86</u>
<u>Notes.....</u>	<u>64</u>

Liste des figures

fig.01 : Action détergente.....	18
Fig. 02 : Hydrolyse de savon.....	19
Fig.03 : Détachement des impuretés	20
Fig.04 :	31
Fig.05 :	34
Fig.06 :	36
Fig.07 :	40
Fig.11 : plante à transplanter.....	46
Fig.12 : tige pour bouture.....	46
Fig.13 :graine de jatropha.....	46
Fig.14 : culture pleine d'herbe.....	47
Fig.15 : entretien	47
Fig.16 : les terrains pour la plantation.....	47
Fig.17 : nettoyage de la presse	48
Fig.18: désinstallation pour la nettoyage de la presse.....	48
Fig.19 : presse mécanique à alimentation discontinue.....	49
Fig.20 : alimentation de la presse.....	49

INTRODUCTION

Actuellement, la production locale de savon à Madagascar n'arrive pas à satisfaire le besoin de la population. Nous sommes encore dans l'obligation d'importer soit ses composantes soit le savon lui-même.

Toutefois, notre pays est à vocation agricole, l'espace à cultiver reste sous exploité, il en est de même des ressources humaines. En particulier, le jatropha curcas, omniprésent dans toute l'île, représente une des espèces médicinales, protectrices de l'environnement et cosmétiques (détergents). Les plantes sont alors devenues bien plus que de simples végétaux, elles sont actuellement de véritables sources de molécules à intérêt technologique et de revenus.

D'ailleurs, cette espèce ne fournit non seulement de l'huile pour la fabrication de bio diesel mais nous pouvons aussi la transformer pour la fabrication de savon.

Dans ce travail, nous prenons le cas d'une étude concernant la fabrication de savon. En effet, ce contexte nous amène à entamer une étude approfondie dans le présent mémoire intitulé : **«Projet de fabrication de savon artisanal à partir de l'huile de jatropha curcas dans la Région de l'Itasy »** dont les objectifs sont de développer les connaissances, d'améliorer les techniques de fabrication de savon et d'améliorer la production vivrière.

Notre travail se subdivise en trois grandes parties : la première consiste en l'étude bibliographique concernant le jatropha curcas et le savon, le second évoque l'étude expérimentale et à la fin nous procédons à l'étude de faisabilité technico-économique et environnementale de la production artisanale de savon à partir de 100.000 pieds de plantes de jatropha curcas.

PREMIERE PARTIE : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I : LE JATROPHA CURCAS

I.1. Historique : [16], [17]

Jatropha CURCAS appartient à la famille des plantes euphorbiacées. Il provient de l'Amérique du Sud. Son fossile a été découvert à Belen (Peru) il y a 70 millions d'années. Il a été par la suite transporté par les commerçants portugais et arabes vers d'autres continents en tant que plantes médicinales.

Le botaniste Carl Von Linne (Référence mondial en tant que fondateur de la botanique) lui a donné le nom de Jatropha du grec « Jatro » signifiant Docteur et « Trope » signifiant nutrition.

En Inde, Le Jatropha Curcas a été découvert dans des conditions semi-sauvages, utilisées généralement comme haie vive pour protéger les cultures contre le bétail d'élevage, qui ne mangent pas ce genre de plantes.

I.2. Caractéristiques botaniques : [16], [17]

Le Jatropha est un arbuste de la famille des euphorbiacées. Il atteint une hauteur de 3 à 4 mètres avec un pétiole long, les feuilles présentent 3 à 5 lobes et les églés atteignent 10 cm à 15 cm à la fin des branches. La capsule de fruit est de 2,5 cm à 4 cm de diamètre. Il peut pousser partout même dans les sols salin, acide, sablonneux, gravillonneuse... Il a une préférence pour le sol alcalin.

I.3. Caractéristiques écologiques : [16], [17]

Comme il peut pousser dans des zones arides, il contribue à l'amélioration de la pluviométrie de celles-ci. Il résiste à la sécheresse et ne demande qu'un minimum de 600 mm de pluviométrie annuelle.

Mises à part ces caractéristiques édaphiques, le Jatropha contribue étonnement à l'amélioration du microfacine pour la fertilité du sol : ses feuilles tombent en saison sèche ou hivernale autour de ses racines. En symbiose avec des champignons qui s'y trouvent (mycorrhiza), il remédie la déficience en phosphate du sol. Les feuilles tombantes forment un humus végétal favorable à l'activité des vers de la terre.

A cause de sa capacité de rétention du sol, le Jatropha, qui résiste à la sécheresse, convient à des sols érodés voire désertiques. Dans certaine région de l'Afrique de l'ouest, comme le Mali, le désert de Sahara, la plantation de

Jatropha s'avère être une solution de récupération du sol. Ceci a donné une formation d'humus et ne nécessite aucunement l'achat de fertilisants coûteux. Cette technique a été étendue ultérieurement dans le Sahel.

Le Jatropha permet alors la création rapide d'espace vert et d'une éco réhabilitation rapide. Dans cette optique, l'Inde prévoit quelques 125 millions d'hectares de sols à régénérer par la plantation de Jatropha.

I.4. Jatropha, plantes médicinales : [2], [8], [w4], [w13],

Le Jatropha présente les caractéristiques médicinales suivantes :

- Purgatives et laxatives
- L'alcaloïde « jatrophine » a des caractéristiques cancéreuses.
- Une application externe est envisageable pour des maladies dermatologiques et le rhumatisme, la sciatique, la paralysie.
- En Java, il est appliqué en tant que stimulateur de croissance des cheveux.
- Des vertus dentaires lui sont aussi attribuées : dents blanches et protection des gencives.

Comme le Jatropha présente des produits toxiques, l'extraction de ces produits à des consommations humaines demande des technologies perfectionnées. Il est déconseillé pour l'alimentation humaine ou de bétail malgré la présence notable des protéines.

I.5. Jatropha pour l'agriculture : [2], [8], [w4], [w13],

Mise à part la création d'humus cités dans les chapitres précédentes, le tourteau de Jatropha est riche en Azote, Phosphore, Potassium et peut être utilisé comme fertilisant, par exemple dans la culture de palmier à huile.

Il joue d'autre part un rôle de phytoprotective contre certaines pestes végétales et pathogènes. Il sert de fumigène pour les punaises, et à endormir les poissons (expérience en Philippines).

I.6. Jatropha en tant que matière industrielle : [w4]

Le Jatropha produit une huile à haute valeur de saponification. Dans certains pays, cette huile est utilisée dans la fabrication de savon et dans l'industrie cosmétique comme en Chine.

Des briques ardentes, ainsi que des bougies, et la préparation de laines ont été d'autres applications de cette huile.

Les tourteaux sont utilisés comme matières premières dans la confection de certaines plantes et fibres synthétiques.

Le tronc du Jatropha curcas donne une teinte bleu foncée utilisée dans la coloration textile du coton. C'est ainsi que la CMDTC (Compagnie Malienne du Développement Textile) l'a adopté comme colorant, mais aussi pour améliorer le rendement de ses champs de coton, tout en les protégeant du bétail.

I.7. Méthode de culture : [8], [12], [w4], [w16]

I.7.1. La plantation directe

Labourer le sol une ou deux fois selon sa nature, les graines sont plantées directement dans le sol une à une. Les graines saines germent au bout de 4 semaines. Les graines malades seront remplacées.

I.7.2. La transplantation

Le terrain est préparé en plate bande de 30x30x30 cm, elle est remplie d'engrais organiques à raison de 400 g par plate bande.

Séparer des gaines de polypropylène où les graines sont enfouies à 6 cm de profondeur. La gaine est remplie de fertilisant organique à proportion 7 :10 :5 à 100 g par polypropylène plus de 400 g de sol. Les plantes seront arrosées régulièrement. La germination se fait au bout de 4 semaines. Les graines malades seront remplacées.

I.7.3. L'inter-cultivation :

Le terrain sera libre de toute mauvaise herbe tout le temps. Une culture mixte de 3 à 4 semaines n'est pas à exclure, tout en laissant la lumière du soleil aux autres cultures. Par exemple, en Egypte et en Afrique Saharienne, le Jatropha est planté en inter culture avec la canne à sucre, le palmier à huile, le cocotier, les arbres fruitiers, les légumes, les piments, les tomates.

La distance entre les arbres est de 2mx2m. On compte alors 2500 d'arbres par hectare. Les récoltes attendues se présentent comme suit :

Tableau n°01 : « récoltes attendues par hectare »

Année de plantation	Récoltes attendues par hectare (en kg)
1 ^{ère}	0
2 ^{ème}	0
3 ^{ème}	2500
4 ^{ème}	7500
5 ^{ème} et plus	10000

Une graine de Jatropha contient :

- 6,62% d'humidité ;
- 18,2% de protéine ;
- 33% d'huile ;
- 17,3% d'hydrate de carbone ;
- 15,50% de fibre ;
- 4,5% de cendres.
- Kernel : 50 à 60%

I.8. Jatropha, substitut du diesel : [1], [2], [12], [w14], [w16], [w22]

L'huile de Jatropha a la puissance idéale de l'huile diesel. De plus, l'émission polluant est quasiment négligeable. Le gasoil représente 40 millions de tonnes de la demande mondiale annuelle de carburant sur 100 millions de tonnes. Il est principalement utilisé dans le transport, l'industrie et l'agriculture.

Tableau n°02 : « Comparaison du gasoil et du bio gasoil »:

Propriétés	Huile curcas	Huile gasoil
Viscosité (cPo)	52,6	3,60
Densité spécifique	0,917-0,923	0,841-0,85

(15°C/4%)		
Point de solidification	2,0	0,14
Indice de cétane	51.0 (38)	47.8.59
Point d'ignition (°C)	110-340	80
Résidus de carbone (%)	0,64	<0,05<0,15
Sulfure	0,13-0,16	<1.0<1.2

L'essai a été effectué sur un moteur de KUBOTA Diesel à 4 cylindres en ligne et un moteur YANMAR avec succès. Cependant, le point d'ignition élevée, et la viscosité posent un problème au niveau du démarrage.

Le processus d'estérification par mélange de l'huile de Jatropha avec le méthanol, l'éthanol, ou un peu d'hexane liquéfié, donnant un ester de méthyle ou d'éthyle résout le problème. L'éthanol ou le méthanol peut être extrait à partir de la canne à sucre, quoiqu'il nécessite des processus industriels complexes avec des problèmes environnementaux.

Elle remplace aussi le pétrole lampant pour la cuisine et l'éclairage sans odeur nocive comme le pétrole.

1.9. Autres utilisations de jatropha curcas sur le plan économique : [8], [11], [12], [w14], [w16]

Plantation de Jatropha, outil de développement socio-économique

La plantation de Jatropha permet de récupérer les terres non cultivables, ainsi l'Inde projette de cultiver quelques 175 millions d'hectares, le Sahel projette de régénérer une région désertique.

Il est source d'emploi en milieu rural. Dans le cas d'Hubei en Tanzanie, l'énergie a permis d'améliorer les infrastructures publiques telles les hôpitaux, les écoles, etc....

- substitution de bougie
- plante mellifère pour l'apiculture
- tuteur de vanille
- lutte contre l'érosion des sols
- clôture des champs (haie vive)

I.10. Jatropha pour la fabrication de savon et de shampooing: [8], [11], [w4], [w6], [w13], [w15], [w16]

Parallèlement à cet intérêt énergétique, l'huile de Jatropha offre la possibilité de confectionner du savon et des savonnettes, du combustible pour la cuisson et le chauffage....

Les caractéristiques des graines de jatropha se divisent en 2 parties:

- Amande: 63,5%
- Coques: 36,5%

Teneur en huile : graine arrivée à maturité

- Amande + coque: supérieur à 40%
- Amande seule : 68%

L'huile contenue dans la graine est de 35 à 40 %. Elle contient 21 % d'huile et 79% d'insaturé en acide gras.

Valeur du Jatropha CURCAS (huile)

- valeur acide : 38,20
- Saponification : 199,0
- Iodine : 101,7
- Viscosité 3 (Acide gras) : 40,4
- Constituants en acides gras:
 - Acide oléique : 39,48%
 - Acide linoléique : 39,41%
 - Acide palmitique : 14,56%
 - Acide stéarique : 5,94%
 - *Insaponifiable*: 2%

I.11. Les recherches en cours sur le jatropha en tant que combustible et engrais : [12]

Des recherches sur la technique pour enlever la toxine contenue dans le tourteau de jatropha afin de pouvoir l'utiliser comme provende dans l'alimentation animale sont encore en cours.

Le tourteau de jatropha est riche en Azote et Phosphore en comparaison avec un engrais biologique sur le marché.

Tableau n°3 : « comparaison l'engrais avec celui du biologique sur le marché »

	N	P	K	Mg	Ca
Tourteau obtenu par presse industrielle	5,33%	0,86%	1,81%	0,84%	0,35%
Tourteau obtenu par presse artisanale	5,24%	1,17%	1,93%	1,10%	0,67
Engrais Biologique sur le marché actuel à M/car	0,62%	0,59%	0,61%	0,68%	1,82%

L'utilisation du tourteau en tant qu'engrais peut s'avérer bénéfique pour l'agriculture et la commercialisation pourra également constituer une source de revenu significatif pour les producteurs au même titre que l'huile. A titre de rappel, trois tonnes de graines de jatropha permettent d'obtenir une tonne d'huile et un peu moins de deux tonnes de tourteaux.

Nous avons également pensé à la valorisation du tourteau en tant que combustible. On peut penser le mettre sous la forme de briquette, cette recherche a été réalisée en même temps avec cette fabrication de savon à base de jatropha.

CHAPITRE II : LE SAVON

II.1. Définition et propriété du savon : [6], [9], [13], [w21]

Le savon est généralement défini comme la combinaison d'acide gras et d'alcalis obtenus par la réaction de corps gras animaux et végétaux variés avec de la soude ou de la potasse caustique, la première produisant un savon dur et la seconde un savon mou.

Ces deux savons se dissolvent facilement dans l'eau chaude ou dans l'alcool, mais très lentement dans l'eau froide où ils forment une solution trouble.

Les savons de soude (fabriqués à partir de la soude caustique) sont connus pour être insolubles dans les fortes solutions caustiques, et la plupart du temps dans les saumures (solutions salées) fortement concentrées. Par conséquent, l'addition de saumures concentrées à une solution de savon de soude pousse le savon à se séparer et à remonter à la surface de la saumure ou de la lessive caustique. Cette séparation du savon (appelée relargage) est employée dans la production commerciale du savon. Elle permet de séparer le savon de l'eau en excès, qui se combine à la solution salée. Dans le cas de l'addition d'une solution de sel ordinaire (chlorure de sodium) à une solution de savon de potasse, il se produit directement une double décomposition en savon de soude et chlorure de potassium.

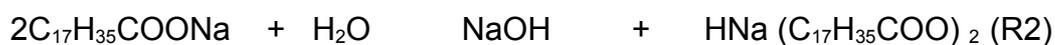


Savon de potasse + sel de cuisine = savon de soude + chlorure de potassium

La solubilité des différents savons dans une solution saline diffère de manière très considérable.

II.1.1. L'hydrolyse du savon : [6]

Le savon traité avec de l'eau froide subit une hydrolyse, c'est-à-dire une séparation de ses composants. L'hydrolyse a pour résultat la libération d'un sel acide. La réaction peut se représenter dans sa forme la plus simple par l'équation ci-dessous :



Savon de soude eau soude caustique sel acide

II.1.2. Action détergente : [13], [15], [w21]

Il existe bien des façons d'expliquer l'action détergente du savon, ou sa capacité d'ôter la saleté. Cependant, l'explication la plus répandue est que l'alcali qui se libère au cours du processus d'hydrolyse détruit les substances grasses existant à la surface de l'objet à nettoyer. A mesure que le gras se dissout, les particules de saleté se libèrent et sont facilement entraînées par l'eau.

Selon une autre théorie, l'alcali qui est libéré par l'hydrolyse du savon sert de lubrifiant, lequel rend la saleté moins adhésive, facilitant donc son élimination.

Enfin, l'alcali tend à réduire la tension superficielle de l'eau. Ce faisant, il permet l'émulsion des particules de saleté amenant le gras à la surface de ce que l'on doit nettoyer.

Lorsque les molécules de savon se dissolvent dans l'eau, elles entourent chaque particule de saleté du tissu, en formant des micelles (agrégats de molécules). À la différence des particules de graisse, ces agrégats sont solubles dans l'eau et peuvent donc être éliminés par rinçage.

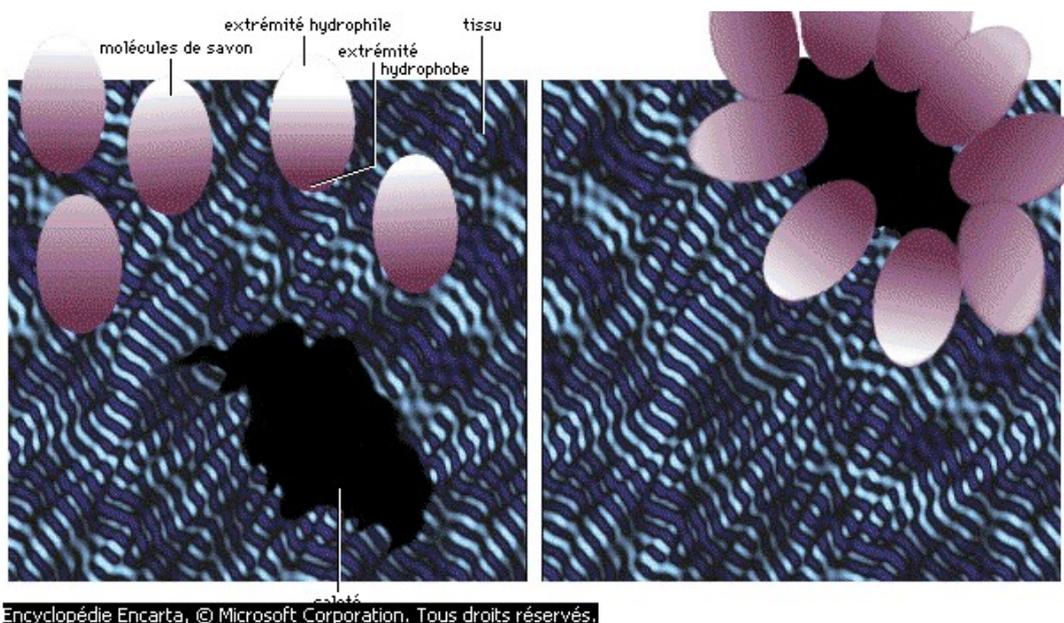


fig.01 : Action détergente

II.1.3. Les substances à activités inter faciales : [6]

Elles ont la propriété de diminuer la tension superficielle entre deux systèmes non miscibles.

II.1.4. Les propriétés des solutions du savon : [5], [w3], [w17], [w18]

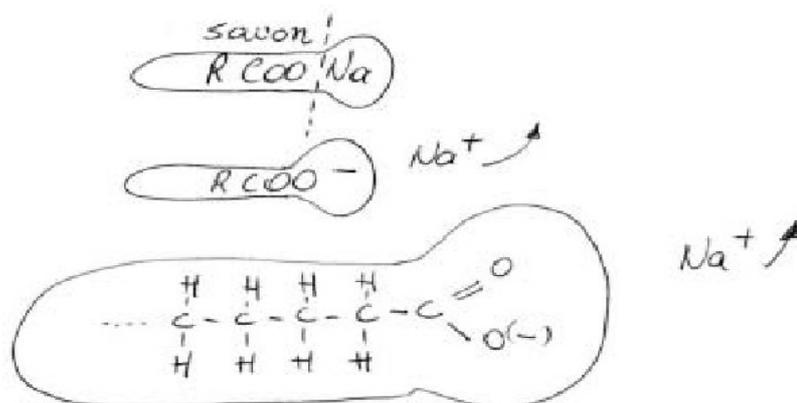
Les savons produits à partir de la soude et de la potasse sont dissolubles dans l'eau, cependant, ils dissoudront plus facilement dans l'eau chaude que dans l'eau froide.

Le savon a des propriétés détergentes, c'est-à-dire qu'il a le pouvoir, lorsqu'il est appliqué sur une surface quelconque, de détacher les impuretés grasses adhérentes à cette surface et de les mélanger à l'eau. Comme les impuretés grasses manquent d'affinité à l'eau (hydrophobe), nous avons besoin d'un pont entre l'eau et les impuretés. Le savon, dissout dans l'eau, est bien placé pour jouer le rôle du pont car il a une partie qui est lipophile et une partie qui est fortement hydrophile. Il va ainsi faciliter le détachement des impuretés grasses (fig.01).

Le pouvoir détersif d'un savon dépend de l'huile ou de la graisse utilisée pour la saponification.

Nous y reviendrons au moment de la description des matières premières.

Fig. 02 : Hydrolyse de savon



Le savon qui est dissout dans l'eau subite une séparation de ses composantes (hydrolyse); le résultat est, entre autre, une extrémité bien hydrophile.

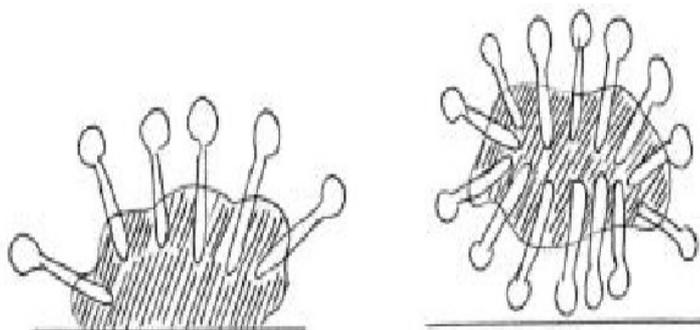


Fig.03 : Détachement des impuretés

Les savons ont la propriété également de réduire la tension superficielle de l'eau ce qui facilite la pénétration de l'eau et ainsi l'émulsion des particules de saleté amenant le gras à la surface de ce que l'on doit nettoyer. La réduction de la tension superficielle a comme résultat également la production de la mousse. Les atomes de savon à la surface de l'eau s'orientent avec la queue lipophile vers l'extérieur et avec la tête hydrophile vers l'eau. Ainsi se forme un amas serré de bulles ou de la mousse (fig. 03). Le pouvoir moussant d'un savon dépend également de l'huile ou de la graisse utilisée.

II.2. Les matières premières pour la fabrication de savon : [5], [w3], [w5], [w17], [w18], [w21] ;

Les matières premières essentielles pour la fabrication de savon sont :

- les corps gras : graisses ou huiles
- les alcalis ou les lessives : soude caustique ou potasse caustique
- l'eau.

L'adjonction de sel, de colorant, de parfum et de charges est possible mais pas indispensable. Quelle matière première précise est employée dépendra évidemment de ce qui est disponible sur le marché, des moyens financiers, du matériel dont on dispose ainsi que des connaissances.

II.2.1. Les corps gras :

II.2.1.1. Définition :

Les matières grasses représentent en volume plus ou moins 2/3 des matières premières dans une savonnerie. Leur disponibilité et leur sécurité d'approvisionnement sont donc des éléments essentiels dans le choix des corps gras.

En théorie, n'importe quelle huile ou graisse non-volatile peut être utilisée mais dans la pratique leur nombre est fort réduit à cause de raisons économiques, techniques et chimiques.

Au niveau des huiles nous distinguons trois classes :

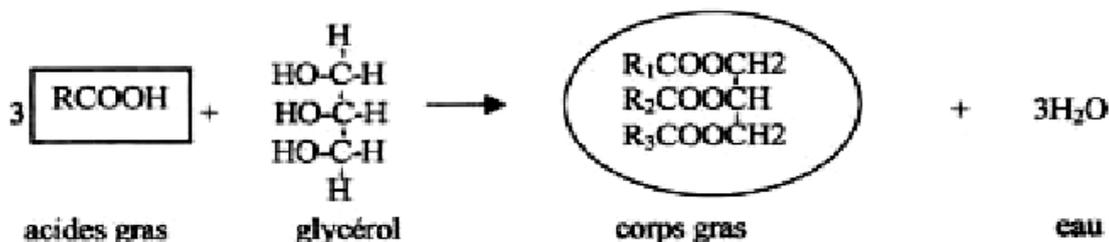
- les huiles et graisses non-volatiles
- les huiles minérales
- les huiles étheriques

De cette série, les huiles et graisses non-volatiles sont utilisées pour la fabrication de savon. Elles peuvent être divisées à leur tour comme suit :

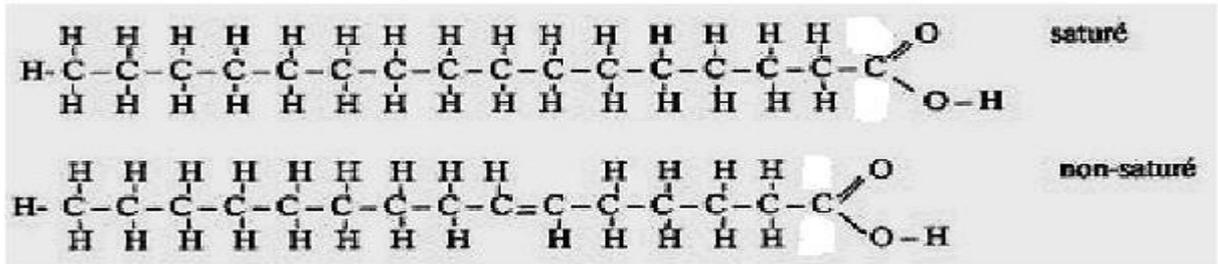
- les graisses et huiles animales (suif et saindoux)
- les graisses et huiles végétales :
 - les plantes cultivées : oléagineux; noix de plantes et arbres (p.ex. cocotier, coton, tournesol, palmier à l'huile, jatropha curcas)
 - les plantes et arbres non cultivés (par exemple : neem)

La présence d'acides gras saturés rend les corps gras solides à la température ambiante, nous parlons également de "beurre" comme le beurre de coco. Dans le cas où les acides gras non saturés sont le constituant majeur, le corps gras est liquide à température normale.

La formation d'un corps gras (R3)



Structure chimique d'un acide gras saturé et non saturé : RCOOH



La formule chimique d'un acide gras saturé est : $C_{(n)} H_{(2n+1)} COOH$

Un acide gras est saturé s'il n'y a pas de double liaison $C=C$, au cas contraire on parle d'acides gras non saturés.

Structure chimique d'un corps gras

II.2.1.2. Propriétés physiques

a) Densité

La densité d'un solide ou d'un liquide est la masse du corps sur la masse d'eau correspondant au même volume à 4 °C.

A 15°C, pour les huiles siccatives $0.930 \leq d$

Pour les huiles semi siccatives $0.920 \leq d < 0.930$

Pour les huiles non siccatives $0.913 \leq d < 0.920$

b) Indice de réfraction (n)

. L'indice de réfraction d'un milieu est le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide sur la vitesse d'une onde lumineuse dans le milieu. C'est également le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction.

A 20°C, pour les huiles siccatives $1.480 < n < 1.523$

Pour les huiles semi siccatives $1.470 < n < 1.480$

Pour les huiles non siccatives $1.468 < n < 1.470$

c) Points de fusion et de solidification

Il est très difficile de mesurer avec précision les points de fusion et de solidification des huiles car il s'agit d'un complexe de triglycérides.

d) Impuretés

Sa détermination consiste en principe à mesurer les matières solides non solubles dans la matière grasse. Ces impuretés sont insolubles dans des solvants gras et ne peuvent être que partiellement quantifiées en fonction du degré de dilution.

II.2.1.3. Propriétés chimiques

a) Indice de saponification

La connaissance de cette valeur permet de déterminer la quantité de soude ou de potasse dont on a besoin pour saponifier une quantité donnée du corps gras que l'on a choisi pour la fabrication du savon.

L'indice de saponification est la quantité de KOH en mg dont on a besoin pour saponifier 1g de corps gras. Il est d'habitude exprimé en mg/g ou en g/kg de corps gras.

L'indice de saponification s'exprime en terme de KOH ; pour obtenir sa valeur en terme de NaOH, l'indice doit se multiplier par un coefficient $40/56 = 0.7$.

Les coefficients représentent la quantité en milligramme (mg) de potasse caustique pur nécessaire pour saponifier 1g d'huile.

Quantité de soude caustique désiré = $0.7X$ indice de saponification par gramme d'huile.

b) Indice d'iode

Cet indice se définit comme la quantité en centigrammes d'iode absorbée par un gramme d'huile. Cet indice indique la présence d'acides non saturés dans l'huile ou dans la graisse. Plus l'indice est élevé, plus est élevée la proportion de ces acides et plus le savon issu de l'huile sera mou. L'indice d'iode indique donc la fermeté du savon. L'indice le plus faible correspond au savon le plus dur.

L'emploi de cet indice dans la détermination de la fermeté du savon issu d'un mélange d'huiles n'est pas très fiable du fait qu'il ne donne aucune information relative à la nature des acides non saturés présents dans le mélange.

c) Coefficient INS (Indice Non Saponifiable)

Ce facteur s'obtient en ôtant l'indice d'iode de l'indice de saponification du corps gras concerné. On l'emploie pour calculer la qualité que donnera un mélange d'huiles. Ce facteur varie de 15 250 pour les huiles et matières grasses savonnères. Les huiles liquides qui possèdent des proportions élevées d'acides gras non saturés ont des coefficients réduits alors que les graisses dures et les huiles de noix qui renferment des acides gras de poids moléculaires réduits possèdent des coefficients élevés.

En général, avec un accroissement du coefficient de INS :

- ❖ les huiles passent du liquide au solide et produisent du savon plus dur
- ❖ la propriété détergente, le pouvoir moussant et la solubilité du savon décroissent (sauf dans le cas des huiles de noix) avec une amélioration de la couleur et de la capacité à retenir des charges

- ❖ la tendance du savon à rancir en vieillissant diminue.

d) Substances insaponifiables et insaponifiées

- ❖ Les substances insaponifiables :

C'est l'ensemble des constituants insolubles dans l'eau, qui ne sont pas susceptibles d'être modifiés par la réaction de saponification en donnant un sel.

- ❖ Les substances insaponifiées ou non saponifiées

Ce sont des substances saponifiables ayant échappé à la réaction de saponification.

e) Indice d'acide et acidité

- ❖ **L'indice d'acide** est le nombre de milligramme de KOH nécessaire pour neutraliser les acides gras libres contenus dans un gramme de matière grasse.

- ❖ **L'acidité** est le pourcentage d'acides gras libres exprimés conventionnellement selon le corps en :

Acide palmitique : PM. 256g pour l'huile de palme

Acide laurique : PM. 200g pour coprah – palmiste

Acide oléique : PM.282g pour tous les autres corps gras.

PM : poids moléculaire

II.2.2. Les alcalis :

Quant aux lessives ou alcalis nous distinguons trois produits importants :

- l'hydroxyde de sodium = soude caustique : NaOH

- l'hydroxyde de potassium = potasse caustique: KOH

Les lessives représentent la deuxième matière première importante dans la savonnerie. Dans la plupart des cas, ces produits sont importés. Il faut donc un suivi précis et une logistique appropriée afin de garantir leur disponibilité.

II.2.2.1. La soude caustique : NaOH

C'est la base la plus utilisée dans le monde ; la production se fait en procédé chimique et procédé électrochimique. La soude caustique commerciale est un solide d'apparence crémeuse et de structure fibreuse. Elle absorbe facilement l'humidité et le gaz carbonique de l'atmosphère pour former du carbonate de sodium. De ce fait, il ne faut pas l'exposer à l'air, et il faut la

conserver en récipients étanches. La soude caustique attaque la peau et est corrosive pour les récipients en aluminium. Il faut donc l'utiliser avec beaucoup de précautions. Nous la trouvons sur le marché sous des formes différentes en paillettes, en poudre, en bâtons et en blocs. Il est très pratique d'utiliser la poudre et les paillettes, mais celles-ci coûtent plus cher que la soude en bloc. On s'en sert normalement lorsque la quantité de savon à fabriquer est très réduite. Pour les grandes installations savonnières, il est plus rentable d'acheter de la soude caustique solide qui se vend en tonneaux. Pour en extraire la soude, il est d'abord nécessaire de marteler tous les côtés du tonneau, pour briser la soude. Le bloc de soude dégagé est ensuite mis en morceaux et dissout dans la quantité exacte d'eau pour obtenir la concentration requise.

II.2.2.2. La potasse caustique : KOH

La potasse caustique possède des propriétés chimiques semblables à celles de la soude caustique. Toutefois, elle provoque une réaction chimique plus forte que la soude. Les savons qui en résultent sont de consistance molle et d'une solubilité dans l'eau plus élevée que le savon de sodium. Par conséquent, elle s'emploie généralement dans la fabrication des savons liquides, des shampoings et des savons mous.

La production industrielle de la potasse caustique implique les deux mêmes méthodes déjà décrites dans la production de la soude caustique, à savoir la méthode de la réaction de précipitation et l'électrolyse.

Dans la réaction de précipitation, la chaux éteinte subit une réaction avec le carbonate de potassium alors que dans la méthode d'électrolyse, l'électrolyte que l'on emploie est le chlorure de potassium.

II.2.3. Les autres matières premières :

En plus des matières grasses, des huiles et des alcalis, l'emploi de plusieurs autres produits chimiques est préconisé, mais à des proportions réduites pour donner une certaine qualité aux savons. Ces produits chimiques comprennent les catalyseurs, les charges et les autres additifs.

II.2.3.1. Les catalyseurs

Le carbonate de sodium, le silicate de sodium et le sulfate de sodium sont des produits qui augmentent le pouvoir détersif des savons et sont appelés des catalyseurs. Ils sont ajoutés à la fin de la préparation en petites quantités (silicate de sodium 25 g/kg d'huile – carbonate 2,5g/kg).

II.2.3.2. Les charges :

On emploie les charges pour augmenter le poids du savon sans modifier son pouvoir détersif. Elles augmentent le volume du savon et en abaissent, en conséquence, le coût de production. Elles ne sont pas employées dans les savons de bonne qualité. Un certain nombre de charges est utilisé mais les plus connues sont l'argile, le kaolin, le talc, l'amidon, le sel ordinaire, le calcaire, la craie et le carbonate de magnésium. On emploie également comme charges la cendre de soude et le silicate de sodium. Quand le silicate de sodium est employé, il joue aussi le rôle d'antioxydant, pour empêcher le savon de devenir rance. Il améliore aussi l'aspect lisse, la cohésion, la transparence et la fermeté du savon. Lorsqu'on utilise des charges, il faut les sélectionner et les doser avec soin, car une quantité excédentaire peut réduire les détergentes et la qualité de conservation du savon.

II.2.3.3. Le sel ordinaire

La saumure (solution saturée de sel) est très importante dans la fabrication du savon. On en a besoin pour séparer le savon dans la méthode marseillaise, c'est-à-dire pour séparer les eaux glycélineuses et l'excédent de lessive caustique du savon. Le sel que l'on emploie dans la séparation doit être pur, c'est-à-dire libre de tout composé de fer, de calcium et de magnésium. Ceux-ci peuvent en effet causer la détérioration du savon et y introduire des impuretés sous forme de savons insolubles.

II.2.3.4. Les colorants

On ajoute des colorants au savon pour l'embellir et quelquefois pour supprimer les couleurs originales du produit.

Les colorants solubles dans l'huile et dans l'eau sont bien appropriés à la coloration du savon.

Certains producteurs font le choix de ne pas ajouter des colorants (chimiques) dans l'objectif de présenter un "produit naturel". D'autres font le choix opposant et ajoutent un colorant pour améliorer la commercialisation de leur produit.

Il existe des colorants solubles dans l'huile et dans l'eau. Certains savonniers font l'extraction des colorants naturels de certaines plantes (p.ex. feuilles de niébé, sorgho rouge).

II.2.3.5. Parfums :

Quelques huiles et matières grasses produisent des savons de mauvaise odeur (même si elles sont bien clarifiées avant d'être utilisées) d'où l'intérêt de les parfumer. Il faut toutefois, dans l'emploi de ces parfums, considérer l'action du parfum particulier sur le savon. Quelques parfums synthétiques et huiles essentielles donnent rapidement un aspect foncé au savon lors de sa conservation (par exemple : huile de girofle et vanilline), alors que d'autres décomposent le savon. L'essence de citronnelle, l'essence de romarin sont des parfums appropriés.

On ajoute les parfums aux savons à faible température car ils sont très volatiles à températures élevées.

II.2.3.6. L'acide sulfonique

Encore appelé matière active, il a pour rôle principal de faciliter le mouillage, c'est-à-dire de s'insérer entre les fibres du tissu et les saletés pour les déloger

II.2.3.7. Le silicate de soude

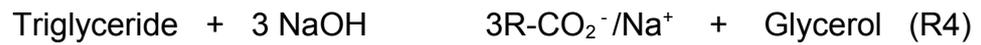
Il empêche les saletés de retomber sur le tissu, de s'agglomérer et de devenir difficile à détacher des fibres textiles. Il adoucit l'eau et permet aussi d'abaisser la solubilité du savon.

II.2.3.8. Le carbonate de soude

Par son pH alcalin, il augmente la température de la solution de lavage rendant plus solubles les taches donc plus faciles à détacher. Par son pH alcalin encore, il détruit les microbes : pouvoir bactéricide.

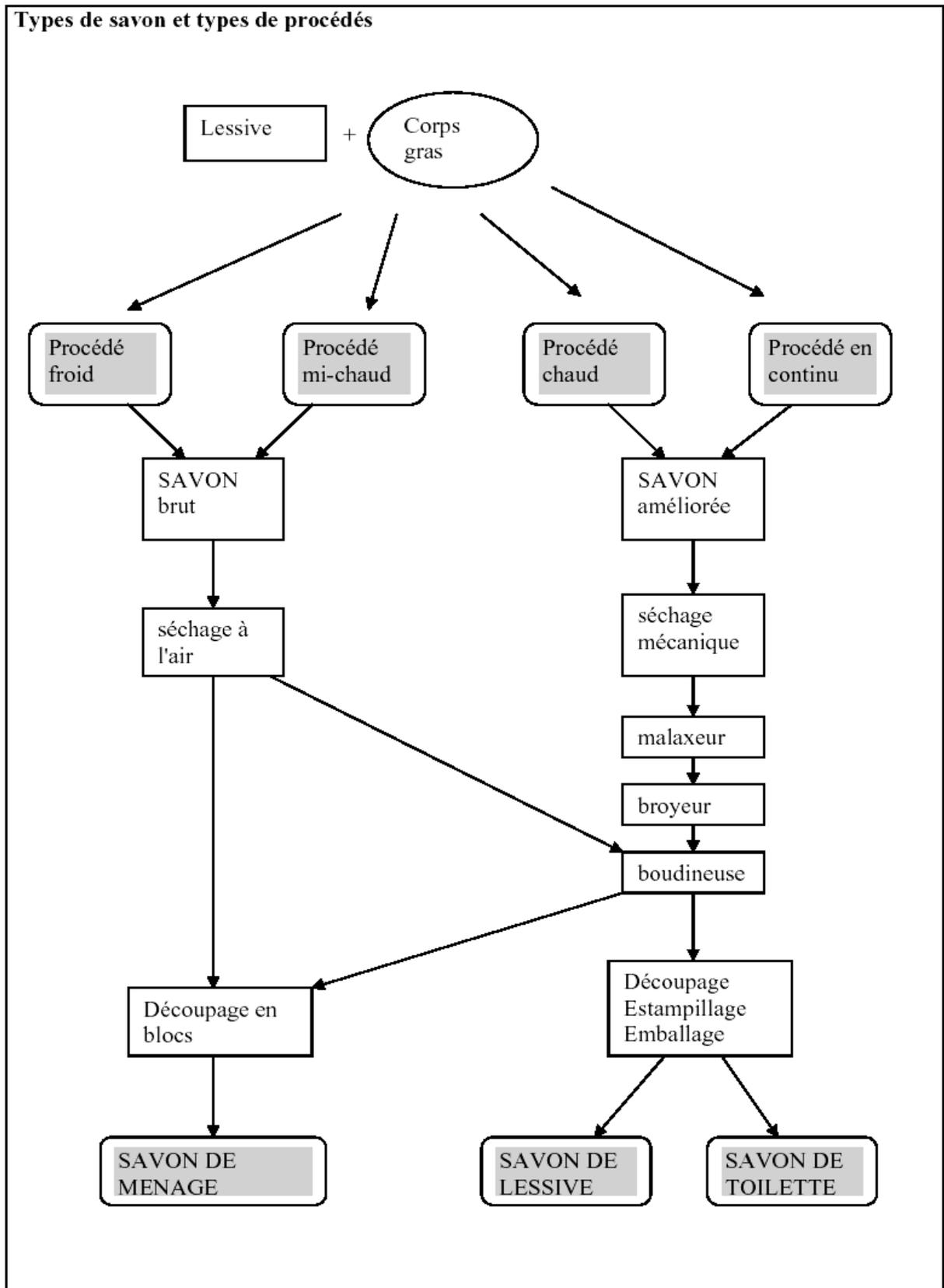
II.3. Les procédés de fabrications du savon : [5], [6], [9], [w3], [w21]

La fabrication de savon suit la réaction :



En général dans le procédé de fabrication de savon, on utilise trois méthodes de fabrications discontinues (procédé mi-cuit, procédé à froid, procédé par la méthode Marseillaise) et une méthode de fabrication continue.

Fig.04 :



II.3.1. Savon de ménage

Pour les besoins domestiques, l'atelier, partout où un savon robuste, efficace et sans additif est nécessaire. Néanmoins, on utilise en général trois méthodes conventionnelles dans les grandes et petites installations. Ces procédés sont : le mi-cuit, la méthode marseillaise et le procédé à froid.

II.3.1.1. Procédé mi-cuit

Au début du procédé, les matières grasses sont chauffées jusqu'à +/-70°C, la soude caustique à 30 °C. Si la lessive est préparée au moment même de la fabrication du savon, elle sera assez chaude ou même trop chaude car la réaction entre la soude et l'eau dégage une forte chaleur.

La concentration de la lessive varie entre 15 à 25 °Bé (voir tableau 8), température moins élevée donc que pour le procédé froid. Il est possible également de travailler avec deux solutions différentes de lessive, une solution faible au début du procédé, et une solution plus forte vers la fin.

Après avoir versé petit à petit la soude dans l'huile on malaxe +/- 2 à 5 heures. Pendant ce temps, le mélange change successivement d'état (liquide léger, bouillie opaque et lourde, bouillie très lourde, bouillie opaque et légère, bouillie légère brillante et transparente). C'est quand la bouillie du savon peut couler en filée transparente que le travail est prêt. Le procédé ne prévoit pas l'extraction de la glycérine. Les colorants, parfums et additifs sont ajoutés à la fin pour éviter leur évaporation. Le procédé permet l'ajustage des quantités en soude ou en huile en cours de la saponification et le recyclage des déchets de production.

Le procédé semi chaud ou par semi ébullition est utilisé pour la fabrication du savon de ménage à une plus grande échelle (industrielle).

Les frais d'investissement sont toujours limités. Le même procédé peut constituer également la première étape dans la production du savon de lessive et le savon de toilette. Il s'agit d'un procédé de haute intensité de main d'œuvre. Il demande un apport en énergie plus important parce que pendant la préparation la température est maintenue à 70 à 90°C. Ceci facilite la réaction chimique et par conséquent un plus grand choix de matières grasses est

possible ; c'est-à-dire l'utilisation des huiles et des graisses qui ne se saponifient moins facilement.

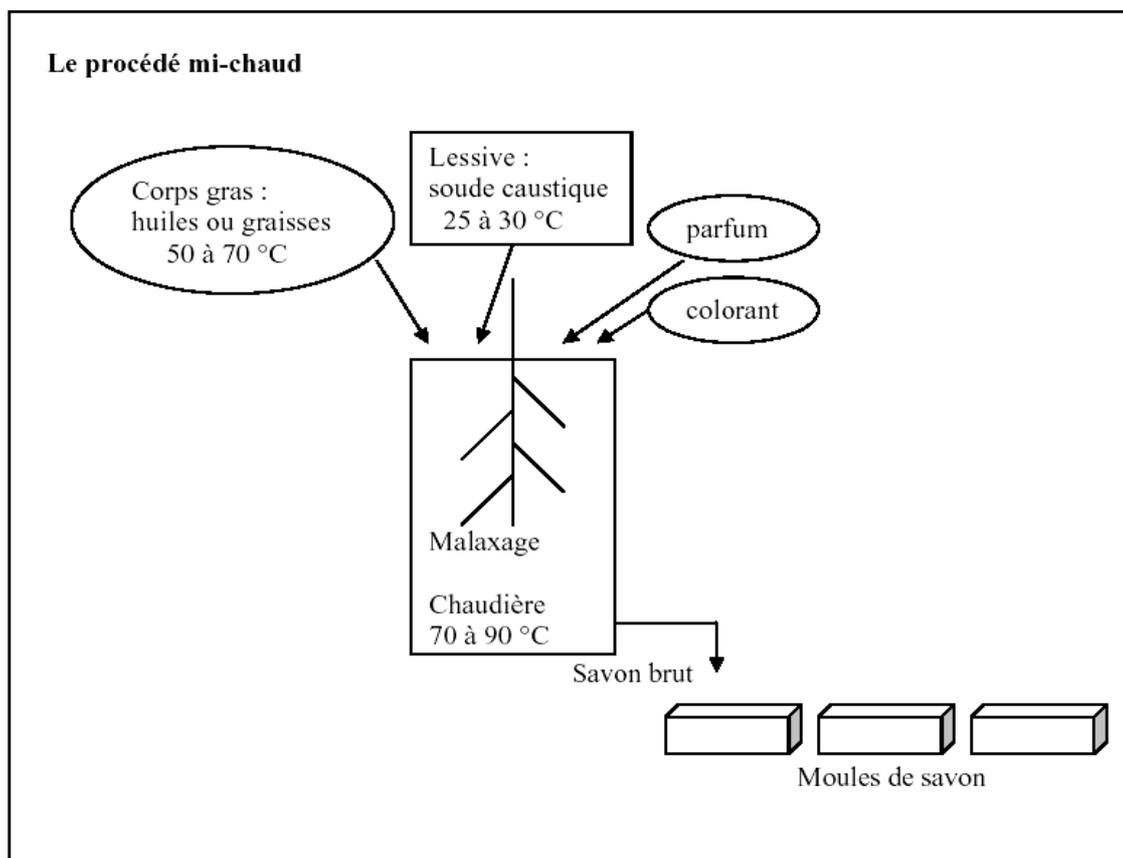
En général, la réaction de saponification sera plus complète avec le procédé par semi ébullition et elle garantit une meilleure incorporation des additifs. La glycérine formée reste incorporée dans le savon.

Quant aux aspects écologiques, ce procédé par semi ébullition ne déverse aucune eau usée dans l'environnement.

Mode opératoire :

1. mesurer la soude caustique nécessaire 14-15 % du poids des corps gras
2. dissoudre cette quantité dans dix fois son poids d'eau pour obtenir une solution à 9 %
3. chauffer modérément les corps gras
4. ajouter une petite partie de la solution de soude et agiter. Quand une émulsion se forme, ajouter de la solution de soude pour l'empêcher de s'épaissir.
5. répéter l'opération précédente jusqu'à l'épuisement de la solution de soude
6. continuer à cuire jusqu'à ce que le savon soit clair
7. vérifier l'état de saponification par des tests
8. laisser refroidir en agitant de temps à autres. Ajouter des parfums et colorants
9. verser dans les mises
10. laisser reposer 24 à 36 heures

Fig.05 :



II.3.1.2. Le procédé froid :

Après le prétraitement éventuel des graisses et de la lessive, la préparation du savon proprement dite peut commencer. La température indiquée du mélange des corps gras est de 35 °C. Ensuite, on ajoute graduellement à ce mélange, la quantité de la lessive nécessaire pour permettre aux corps gras de se transformer en savon. L'appellation "procédé froid" n'est pas tout à fait exacte. Un petit apport de chaleur est parfois nécessaire parce que la température doit être gardée à +/- 40°C lors de la préparation. Dans des conditions tropicales, cette température est atteinte sans apport externe à cause du fait que la réaction entre les deux composants dégage de la chaleur (réaction exotherme).

Ce procédé nécessite une lessive forte entre 35°Bé et 40°Bé s'il s'agit de corps gras constitués en majorité d'huiles de noix. Si les huiles de noix ne sont présentes qu'en minorité (10 à 20 %), il est indiqué de travailler avec une lessive moins forte, notamment entre 23 et 28 °Bé. Il est possible également de travailler

avec deux solutions différentes de lessive, une solution faible au début du procédé, et une solution plus forte vers la fin.

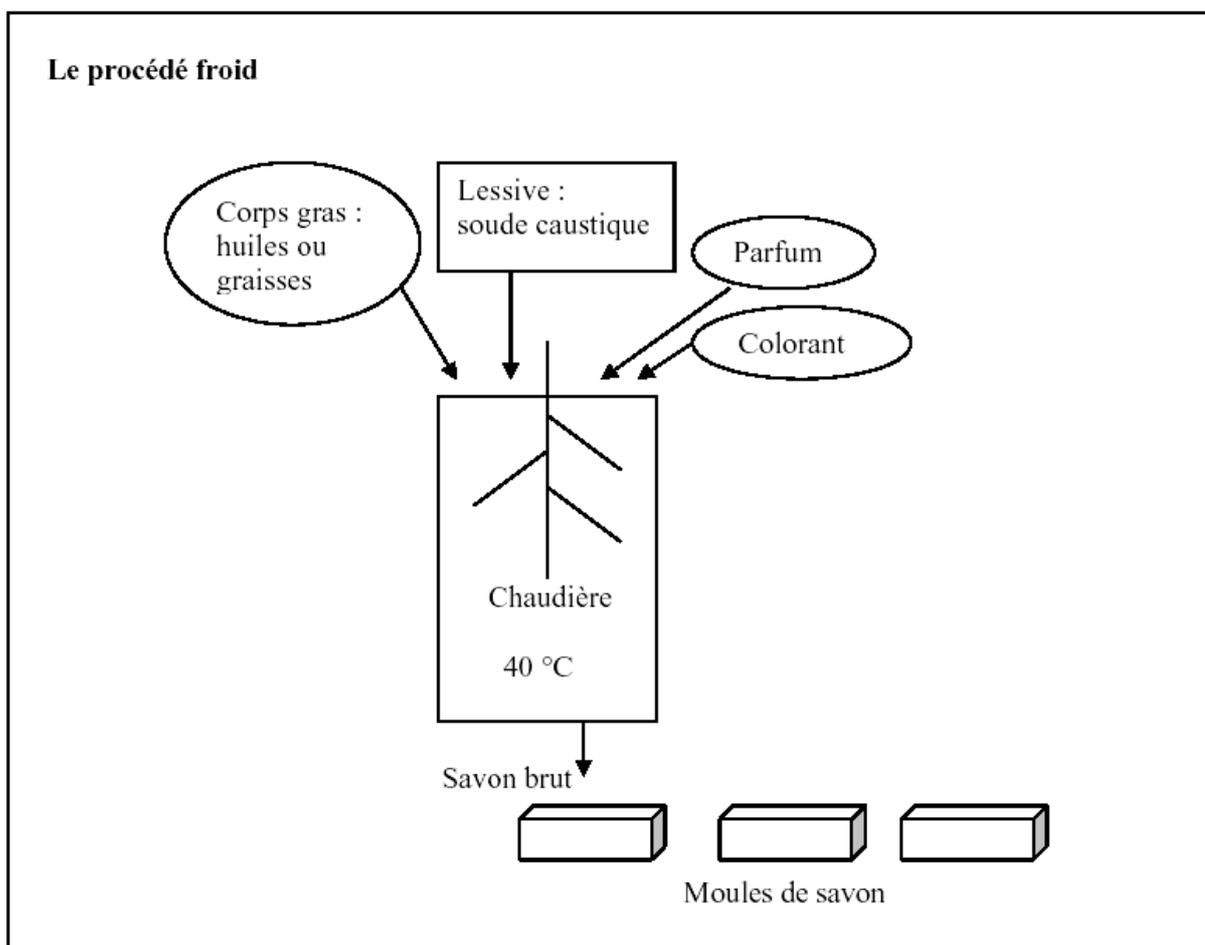
Le malaxage prend environ 30 à 45 min pour une quantité réduite (quelques litres d'huiles) à quelques heures pour des quantités plus importantes (+/- 100 l). Il faut ajouter la lessive lentement mais de façon continue et agiter le mélange vigoureusement afin d'assurer un bon contact entre les deux composants. Il est indiqué de toujours mélanger dans le même sens. Avec la progression du processus de la saponification, la pâte devient plus solide et commence à être plus transparente ce qui annonce la fin du processus. A ce moment, on ajoute éventuellement des colorants, des parfums ou d'autres additifs. Quand la transparence se répand à la totalité de la masse, le savon est prêt à être coulé dans les moules. La pâte encore liquide, va se solidifier dans les moules. Dans les régions moins chaudes, il est indiqué de couvrir les moules afin de garder la chaleur le plus longtemps possible car le processus de saponification se poursuit. Le refroidissement et la solidification dépendent du volume du savon se trouvant dans la moule. Le découpage intervient juste après la solidification parce qu'autrement l'opération devient difficile. Dans ce procédé, la glycérine reste incorporée dans le savon ce qui peut être considéré comme un avantage puisque la glycérine empêche le savon de se craqueler lors du stockage.

Comme le procédé ne prévoit pas l'élimination des impuretés, l'utilisation des matières premières de bonne qualité s'impose. Si un autre prétraitement n'est pas appliqué, la filtration des corps gras et de la lessive est à conseiller. Le calcul précis des quantités de la lessive est également important car le procédé ne permet pas non plus l'ajustage des quantités de soude en cours de la préparation. De plus, le risque que la saponification soit incomplète est réel et par conséquent, que ce savon contienne une partie d'alcali libre et de la graisse insaponifiée.

Pour toutes ces raisons, le procédé froid est plutôt destiné à la fabrication du savon de ménage, c'est-à-dire de moindre qualité. Cependant, à beaucoup d'endroits le savon fabriqué avec ce procédé est également utilisé pour l'hygiène corporelle. Pour cela, une bonne maîtrise du processus est tout à fait indispensable.

L'avantage le plus important du procédé est la faible demande en énergie et en temps. D'autres atouts sont le fait qu'il ne demande pas d'investissements importants (équipement peu coûteux) et que l'apparence du savon produit selon le procédé froid est souvent appréciée parce qu'il ressemble sur le plan de la forme, au savon de toilette mouliné. Cependant le savon sera toujours moins dur qu'un savon de toilette parce que la glycérine formée pendant le processus de la saponification n'est pas éliminée. Un dernier point intéressant est le fait qu'avec ce procédé, aucune eau usée n'est versée dans l'environnement.

Fig.06 :



Mode opératoire :

1. Ajouter très progressivement au corps la moitié de son poids de lessive de soude forte (40 ° Bé)
2. Agiter pendant 30 à 45 minutes, puis la réaction chimique commence et produit de la chaleur
3. Laisser refroidir plusieurs heures

II.3.1.3. Méthode marseillaise

Rappelons que le nom universellement connu de "savon de Marseille" est le nom courant du savon de ménage. Il est même employé pour des produits étrangers à Marseille.

Par contre, le véritable savon de Marseille n'est fabriqué qu'à base d'huiles végétales, ce qui lui donne une onctuosité incomparable même avec les savons de graisses animales.

Coprah, palme, arachide, pour le savon jaune paille et coprah, palme, olive, pour le savon vert. Il ne contient bien entendu pas de colorant et est estampillé : « pur végétal à 72 % d'huile »

Les méthodes de fabrication et les gestes des ouvriers n'ont pas changé. Le matériel n'a évolué que très peu, c'est pratiquement le même depuis plus de 50 ans. Même chaudrons, goulottes en bois, mises, tables coupeuses, claies de séchage, étuves, mousseuses, marques en bois ou en laiton...

Sans dévoiler les secrets de la "cuite", véritable art bien gardé par les Maîtres savonniers, voici les différentes phases de ce fameux procédé marseillais de fabrication.

- **Empatage** : Dans d'énormes chaudrons de 10.000 à 40.000 litres, les huiles additionnées de soude sont chauffées entre 120° et 130°. Au bout d'une journée, une première séparation est obtenue : acides gras et glycérine.

- **Epinage** : Les eaux glycérineuses sont soutirées.

- **Cuisson** : La pâte restante est cuite plusieurs heures avec adjonction de soude pure.

- **Relargage** : La pâte obtenue, plus ferme, est lavée pendant 3 ou 4 heures à l'eau salée pour permettre la neutralisation de la soude.

- **Liquidation** : La pâte est mise au repos. Elle durcit légèrement. Deux lavages successifs à l'eau claire sont nécessaires pour éliminer le sel en surplus. Dans le but de rendre le savon très fluide, le Maître savonnier réalise un dernier ajout d'eau (liquidation) et contrôle la neutralité parfaite de la pâte. Le savon est terminé.

- **Coulage** : Le savon se présente sous la forme d'une pâte très fine, fluide et entièrement débarrassée de la soude et du sel. Après décantation et malaxage (homogénéisation), on fait couler la pâte dans des "mises", bacs de refroidissement rectangulaires en ciment, façonnés au sol. La pâte a une température de 50° à 60°. Elle va se solidifier pour former une véritable chape de savon d'une épaisseur variable selon le grammage désiré. C'est le levage pendant 48 heures.

- **Découpage** : Solidifiée, la chape de savon sera découpée à l'aide d'un couteau. Les blocs ainsi obtenus subissent une seconde découpe à l'aide d'une découpeuse dite "à retour d'équerre" qui permet d'obtenir les cubes de savon.

- **Séchage** : Les cubes de savons sont rangés sur des "claires" ou "canisses" pour les assécher le plus possible et améliorer leur homogénéité.

- **Moulage** : Le cube de savon est marqué et estampillé dans une moule. Il peut être aussi frappé à la main à l'aide de marque à savon en bois ou en laiton.

Hormis dans les fabriques qui se sont équipées de machines qui moulent le savon "en continu" et qui utilisent souvent des graisses animales, voilà donc comment dans les dernières savonneries survivantes de la région de Marseille, " *on tire la cuite* ", comme dans le temps, afin qu'après 8 jours on ne retrouve plus aucune trace de soude.

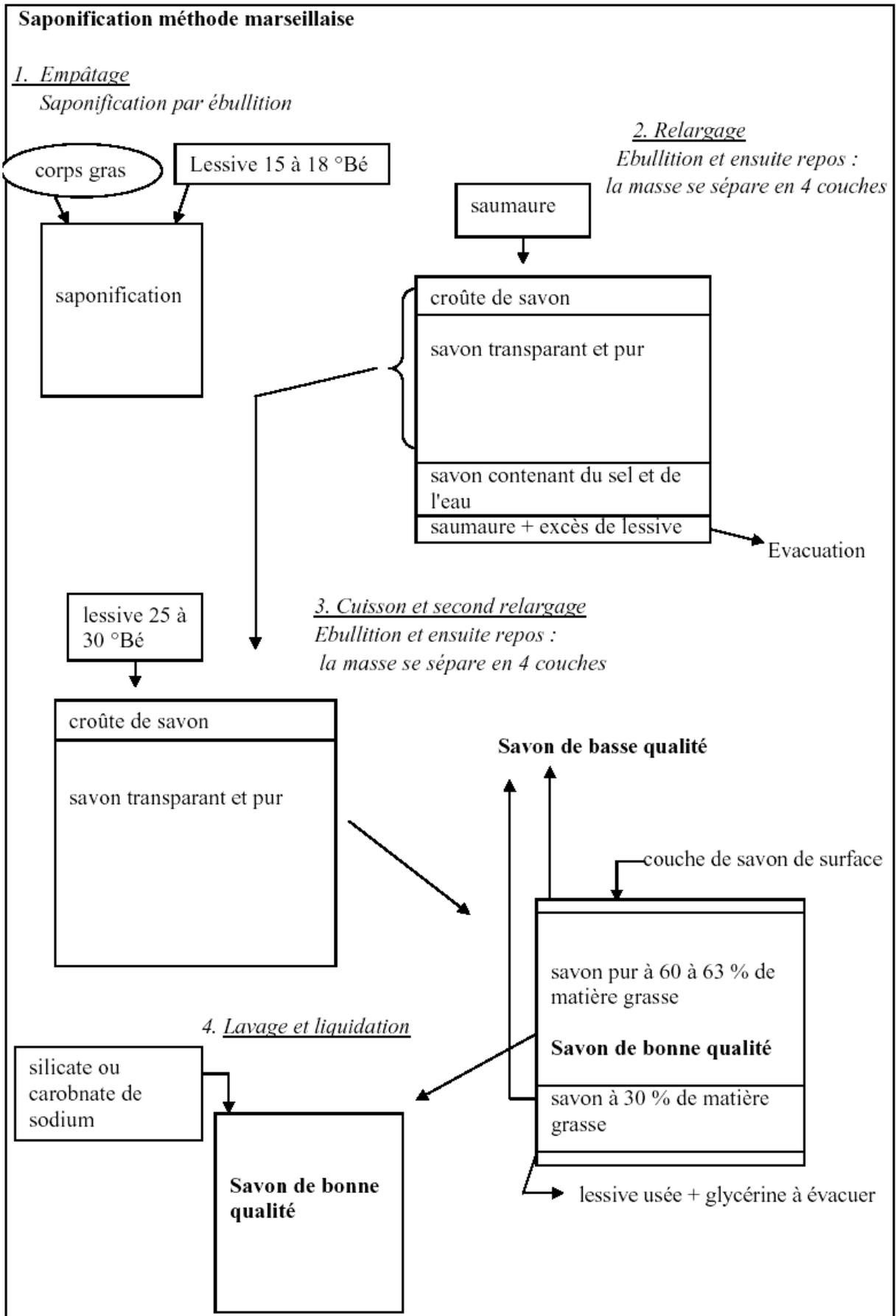
Le procédé d'ébullition complète ou la méthode marseillaise est destinée à la production de savons durs de lessive et de toilette de haute qualité à grande échelle. Il faut traiter 15 à 20 tonnes de corps gras par jour pour que l'opération se justifie économiquement. L'apport en énergie est important parce que,

pendant le processus de saponification, la température est maintenue à plus ou moins 100°C.

Mode opératoire :

1. Chauffer le corps gras
2. Ajouter une solution faible de soude (9-10%)
3. Quand la saponification a commencé, ajouter fréquemment et par petites quantités une solution de soude plus forte (18 ° Bé)
4. Vérifier que la saponification est totale
5. Ajouter progressivement une saumure de densité 1,2 contenant au total 8 à 10 % du poids du corps gras en sel
6. Continuer l'ébullition et agiter
Le mélange devient opaque et granuleux, puis le savon se détache de la lessive et flotte sur celle-ci
7. Arrêter l'ébullition, couvrir et laisser reposer plusieurs heures
8. Evacuer la soude inférieure (saumure)
9. Oter la couche de savon salé et aqueux et la croûte supérieure
10. Chauffer le savon relargué avec une lessive de soude plus forte (25-30°Bé)
11. Arrêter la cuisson et laisser reposer quelques heures
12. Evacuer la lessive en excès
13. Faire bouillir à nouveau le savon avec un peu d'eau jusqu'à ce qu'une petite quantité de savon glisse de la truelle
14. Couvrir et laisser reposer de 2 à 6 jours

Fig.07 :



II.3.2. Savon de toilette

C'est un savon spécialement adapté à la toilette parce qu'il nettoie bien et mousse facilement tout en étant purifié des alcalis caustiques et de tout autre ingrédient susceptible de causer une irritation cutanée. Il existe trois types de savon de toilettes :

- ❖ savon fabriqué par procédé à froid
- ❖ savon élaboré
- ❖ savon refondu

La fabrication de savon de toilette par procédé à froid est pareille à celle de procédé à froid qui a déjà été présentée précédemment. Mais les procédés de fabrication de savons de toilettes élaborés et savons refondus sont très différents des procédés qu'on a déjà mentionnés auparavant.

II.3.2.1. Fabrication de savon de toilette élaboré

Presque tous les savons de qualité vendus sur le marché subissent une élaboration qui comporte les opérations suivantes : séchage de la matière première, malaxage des colorants et des parfums, moulinage, boudinage, découpage et estampage

II.3.2.2. Savon refondu

Dans cette méthode de préparation de savon de toilette de basse qualité, on fait refondre un mélange de divers types de savons dans un chaudron chauffé et on le remue, le brassage ne doit pas être vigoureux ou prolongé sinon cela pourrait donner au savon un aspect éventé. Une fois la totalité du savon fondue, on ajoute une solution de carbonate de potassium pour lui donner une texture peu ferme, le rendre plus transparent et augmente son pouvoir moussant. On ajoute alors la couleur désirée sous forme soluble et enfin le parfum pour donner au savon l'odeur désirée. L'ajout d'une grande quantité de parfum est conseillé et par conséquent, l'utilisation des huiles essentielles.

Le savon parfumé est ensuite déchargé dans les mises pour le refroidissement.

comparaison du procédé à froid et du procédé à chaud

Tableau n°4 : « Avantages et inconvénients des procédés à chaud et à froid »

	Procédé à froid	Procédé à chaud
Equipe- ment	AVANTAGES	Moins coûteux
Procédé		Simple et rapide
Investis- sement		Faible
Glycérine		Reste dans le savon
Dissolu- tion de savon		Aisément dans l'eau en produisant beaucoup de mousse
Couleur		Blanc (savon spécial)
Parfum		A bon marché
Mauvais savon		INCONVENIENTS
Soude libre dans le savon	Complexe et très longue durée (des semaines)	
Produc- tion de savon	Très élevé	
Pureté de savon	Otée sauf dans le procédé mi- cuit	
	N'est pas directement soluble sauf si une certaine proportion d'huiles douces est utilisée	
	Variée	
Mauvais savon	AVANTAGES	Non récupérable par le procédé
Soude libre dans le savon		Récupérable par le même procédé
Produc- tion de savon		Il contient habituellement En petite quantité à chaque fois
Pureté de savon		Possibilité de produire de savon neutre
		On peut produire en grande quantité
		Du savon très pur peut être produit

II.4. Appareillages pour la fabrication du savon :

Dans la fabrication de savon à l'échelle industrielle, il y a trois types d'équipements selon le type de savon à fabriquer :

1. Equipement pour la fabrication de savon de lessive :

- chaudière
- réservoir de stockage de la soude caustique

- mises
- modèles
- presse à estamper

2. Equipement pour la fabrication artisanale du savon de toilette :

- malaxeur
- moulin ou broyeur
- boudineuse

3. Equipement pour la fabrication du savon à l'échelle industrielle (saponification des matières grasses en chaudrons) :

- caisse de fusion de corps gras
- pompe d'alimentation des corps gras
- réservoir de stockage des matières grasses
- pompe d'alimentation des matières grasses
- caisse pour la solution de la soude caustique
- pompe de circulation de la solution de soude caustique
- réservoir de dilution de la soude caustique
- réservoir de dilution de NaCl
- pompe d'alimentation en solution de NaCl
- filtre
- réservoir pour le dosage de la solution de NaCl
- réservoir pour le dosage des corps gras
- réservoir pour le dosage de la soude caustique
- chaudron de saponification
- réservoir pour la lessive sous-jacente de saponification
- pompe de circulation de la lessive sous-jacente neutralisée
- pompe de circulation de savon
- mélangeur à savon

En plus des appareils que nous venons de décrire, il y a quelques accessoires tels que:

- Une balance
- Des gants et des bottes en caoutchouc

- Un agitateur rotatif
- Bottes

L'équipement nécessaire à la fabrication de savon varie d'un endroit à l'autre.

D'une manière générale, on peut distinguer :

- Les cuves de cuissons servant à la cuisson de savon
- Les moules pour la solidification de savon
- Une presse à estamper
- Des cuves pour la préparation de la lessive de soude
- Des balances
- Un agitateur

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : « LA PLANTATION ET L'ENTRETIEN EFFECTUES JUSQU'À PRESENT »

IV. La pépinière

Pour la préparation de la pépinière nous avons entrepris les tâches suivantes:

- II.1. Labourer la terre avec une bêche
- II.2. Arranger la terre après labour avec un râteau
- II.3. Canaliser la terre et fertiliser le sol en ajoutant des engrais
- II.4. Mettre à terre une à une dans le canal les graines
- II.5. Recouvrir du canal avec des terreaux
- II.6. Arroser une fois par jour tous les après-midi, à partir de 16h
- II.7. Transplanter les plantes après trois semaines



Fig.08 : pépinière d'Ampasamanantongotra

Nous avons adopté une autre méthode de pépinière qui consiste à procéder au semis de graines dans des pots plastiques de huit centimètre de diamètre.

Les méthodes de préparation des pots sont les suivantes :

- Perforer le sachet avec un ciseau
- Préparer la terre en mélangeant avec des fumiers de bétails
- Remplir les pots de terres mélangées à des engrais biologiques
- Creuser un trou de 2cm dans le pot en y jetant la graine
- Recouvrir le sol puis arroser journalièrement
- Transplanter



Fig.09 : pépinière avec pot

De ces deux méthodes, la plus efficace est celle de méthodes par pots mais elle demande beaucoup de sachets ce qui augmente le coût de plantation.

V. La plantation

La période de plantation la plus adéquate se situe entre janvier et février

i. Le trou

La dimension du trou est de : 30cm X 30cm X 30cm.

Les herbes sont d'abord remises au fond. Puis, le vide restant est rempli par les terres extraites auparavant tout en laissant un redan d'environ cinq centimètres.



Fig.10 : type de trou pour la transplantation

ii. Plante

Les trois méthodes de plantation ont été essayées :



Fig.11 : plante à transplanter

LA TRANSPLANTATION

- La transplantation s'effectue comme dit précédemment entre les mois de décembre et de février
- Il faudrait que la jeune plante date d'au moins 2 mois. Au-delà de cette période, il semble que ces dernières restent vulnérables au froid et retardent leur croissance.
- Par ailleurs l'expérience nous a montré un taux de réussite de plus de 95%.



Fig.12 : tige pour bouture

LA PLANTATION PAR BOUTURAGE

- Les boutures sont âgées de 1 an
- Les jeunes tiges ont 20-25 cm de longueurs qui possèdent 4 à 6 bourgeons
- Les deux extrémités de la bouture sont coupées légèrement inclinées
- La période de culture qui nous a donnée le bon rendement à 98% est le mois de juillet



Fig.13 : graine de jatropha

LE SEMIS DIRECT

- 2 à 3 graines, espacées de 3 à 5 cm, ont été mises par trou.
- Après 2 mois d'exploitation, nous avons enlevé les plantes les moins robustes.

La période culturale, qui nous a donnée le meilleur rendement, plus de 75 %, a été comprise entre les mois de novembre jusqu'au mois de mars

VI. L'entretien

Les tâches que nous avons entamées pour l'entretien :

- Enlever les herbes qui entourent la plante à 1m près
- Labourer le sol où la plante pousse et compléter de terre jusqu'à ce que celle-ci déborde le trou
- Remplacer les plantes qui n'ont pas réussi à pousser, pour quelques trous nous avons fait le remplacement par plantation directe.
- Enfin, il faut mettre de l'anti-feu pour éviter l'expansion des feux de brousse.



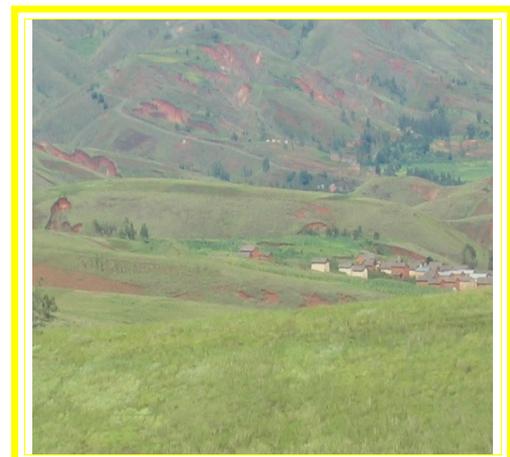
Fig.14 : culture pleine d'herbe



Fig.15 : entretien



haute terre



terrain accidenté

Fig.16 : les terrains pour la plantation

CHAPITRE II : « ESSAIS EXPERIMENTAUX DE PRODUCTION DE SAVON AU NIVEAU LABORATOIRE »

I. Extraction de l'huile par les graines :

Après avoir récolté les graines de jatropha, notre expérimentation a commencé par l'extraction de l'huile à partir de ces graines. Il y a plusieurs moyens pour faire l'extraction. Dans notre étude pratique, nous avons :

I.1. Les matériels :

- Tout d'abord avec la presse mécanique, l'alimentation est discontinue et l'huile était récupérée en dessous de la presse par une cuvette. Cette presse est alimentée en continue à 220volts



Fig.17 : nettoyage de la presse_



Fig.18: désinstallation pour la nettoyage de la presse



Fig.19 : presse mécanique à alimentation
discontinue

Fig.20 : alimentation de la presse

I.2. Mode opératoire :

- Nettoyer dans de l'eau bouillie la partie de la machine qui presse exactement les graines
- Faire le montage des pièces nettoyées
- Démarrer la machine
- Alimenter petit à petit la presse
- Lorsque l'extraction est terminée, récupérer l'huile et les tourteaux
- Eteindre la machine.

I.3. Rendement en huile :

Dans ce travail, nous avons extrait l'huile avec une presse mécanique à vitesse 16 tours par minute, de fréquence 50 Hz et de puissance 7,5 kw/s. Nous avons pris 100kg de graines de jatropha, puis le résultat est de 27Kg d'huile brute et 72Kg de tourteaux.

Laisser se décanter l'huile pendant 9 jours. A la fin, nous avons 23Kg d'huile et 4Kg de mélange d'huile avec de la farine de jatropha et de la boue. le rendement de cette presse est donc de 23%.

I.4. Prétraitement du corps gras :

Pour produire un savon de qualité, il est indispensable d'utiliser des corps gras de qualité, c'est-à-dire qui ne contiennent pas d'impuretés, qui ne sont pas trop acides, qui n'ont ni odeur ni couleur intense. Avant d'entrer dans la fabrication de savon ou de faire la saponification, nous devons donc traiter l'huile, c'est-à-dire faire l'épuration, la désodorisation et/ou la décoloration.

Il existe quelques méthodes simples pour purifier, désodoriser, et blanchir les corps gras :

- Epuration à l'eau
- Décoloration par l'air
- Décoloration par terre
- Epuration alcaline

Les purifications effectuées pendant la recherche sont l'épuration alcaline et l'épuration à l'eau ; les autres méthodes n'ont pas été réalisées parce que certains produits n'ont pas été disponibles au laboratoire.

a. Essai d'épuration alcaline :

Verser l'huile dans un bêcher de 800ml. Préparer une lessive caustique à 20°Bé. Verser 5g de cette lessive par litre d'huile à purifier. Remuer avec un bâton quelques minutes.

Chauffer ensuite à 50°C environ 15mn, les saletés se déposent et l'huile très propre surnage.

Siphonner pour en stocker une certaine quantité.

Pour la préparation de lessive de 20°Bé il faut se référer au tableau de la densité et la concentration des solutions soude et de potasse caustique :

Pour 1000g de la solution, 143,7g de soude et 856,3g d'eau

Donc d'après les calculs pour 5g de solution, il faut 0,7185g de soude et 4,2815g d'eau

De même pour 1000g de solution à 20°Bé de potasse caustique, il faut 186g de potasse et 814g d'eau.

Donc pour 5g de solution, il faut 0,930g de KOH et 4,07g d'eau

Et enfin pour un demi litre d'huile, il faut 2,5g de lessive caustique de 20°Bé.

Après avoir fait cette épuration, nous avons constaté que l'huile devient claire et l'odeur qui est assez lourd est devenue légère.

Par comparaison la lessive de soude caustique est la bonne par rapport à celle de potasse.

b. Essai d'épuration à l'eau et désodorisation:

Une méthode simple de purification et de désodorisation est de mélanger l'huile avec de l'eau et de faire bouillir le mélange pour quelques heures : un volume de corps gras avec un demi volume d'eau. Dans la *littérature* est indiqué un temps d'ébullition de 4 à 6 heures. Au mélange bouillant nous pouvons ajouter des matières odorantes comme la citronnelle, des pelures d'orange, des feuilles de cannelle ou d'autres plantes aromatiques pour améliorer le résultat de désodorisation.

Une autre méthode consiste à mélanger le corps gras avec un quart de son volume d'eau contenant 10% de sel de cuisine et de faire bouillir le mélange pendant 30minutes

Après le processus d'épuration, l'huile et l'eau sont séparées par décantation ou par siphonage.

La manipulation consiste à :

Peser 30g de sel pour préparer l'eau salée de 300g, donc il faut 270g d'eau.

Enfin 160ml d'huile est prélevée, donc 40ml d'eau salée.

Après ce traitement, nous avons bien constaté que la matière grasse est purifiée.

En comparant les méthodes de traitement, celle de l'épuration à l'eau est simple, moins cher et efficace pour l'huile de jatropha curcas.

II. Fabrication de savon à partir de l'huile de jatropha à l'échelle laboratoire :

II.1. Les matériels et les matières premières :

Au laboratoire, les matériels utilisés pour saponifier l'huile de jatropha curcas sont :

- Bêchers (100, 250, 500, 600, 800ml)
- Spatules en bois
- Agitateur magnétique
- Deux balances de précisions (220g ; 5kg)

- Fatapera (foyer traditionnel métallique)
- Seau en plastique
- Moule en bois
- Thermomètres de 100°C
- Chronomètre
- Chauffe ballon
- Ballon de 1000ml
- Pierres ponce
- Etuve
- Rota vapeur pour bain marie
- Gants en plastique ou en caoutchouc

Et les matières premières sont :

- Huile de jatropha curcas
- Soude caustique
- Potasse caustique
- Borax
- Kaolin d'Ambatomirahavavy
- Eau de robinet
- Carbonate de potassium
- Sel de cuisine
- Parfum (citronnelle, extrait de fraise, extrait de vanille)

II.2. Les essais des différents procédés :

II.2.1. Procédé avec la soude caustique :

Tableau n°5 : Premier essai « Fabrication de savon sans additif et sans borax avec la soude caustique » Procédé mi-cuit

Huile purifiée avec lessive de soude	200g
Soude caustique	27,86g
Eau de robinet	281,7
Borax	
parfum	
Kaolin (charge)	
Température de cuisson	Entre 100°C à 250°C

Durée de cuisson et agitation	50 minutes
Poids de savon	473.30g
Qualité de savon	Bonne

Tableau n°6 : Deuxième essai « Fabrication de savon sans additif et sans borax avec la soude caustique » Procédé mi-cuit

Huile	100g
Soude caustique	14,188g
Eau de robinet	143,46g
Borax	
Kaolin (charge)	
Parfum	
Température de cuisson	100°C < T < 250°C
Durée de cuisson et agitation	50mn
Poids de savon	231,25
Qualité de savon	Bonne avec odeur un peu dominante

Tableau n°7 : Troisième essai « Fabrication de savon avec additif et avec borax »

Procédé mi-cuit avec la soude caustique

Huile	100g
Soude caustique	14,188g
Eau de robinet	143,46g
Borax	3g
Kaolin (charge)	3g
Parfum	
Température de saponification	34°C
Durée de cuisson et agitation	40mn
Poids de savon	143g
Qualité de savon	Bonne qualité et mousse facilement

Tableau n° 8: Quatrième essai « Fabrication de savon avec additif et sans borax »

Procédé à froid avec la soude caustique

Huile	100g
Soude caustique	14,188g
Eau de robinet	26,39g
Borax	
Kaolin (charge)	5g
Température de saponification	33,2°C
Durée d'agitation	45mn
Poids de savon	145g
Qualité de savon	Bonne qualité et mousse facilement

Tableau n°9 : Cinquième essai « Fabrication de savon avec additif et avec borax »

Procédé à froid avec la soude caustique

Huile	100g
Soude caustique	14,188g
Eau de robinet	26,39g
Borax	3g
Kaolin (charge)	10g
Température de travail	34°C
Durée de saponification et agitation	50mn
Poids de savon	152g
Qualité de savon	Dur et mousse facilement

Tableau n°10 : Sixième essai « Fabrication de savon sans additif, sans borax avec la soude caustique ». Ici nous avons traité l'huile et en plus nous avons additionné du parfum.

Huile	100g
Soude caustique	14,188g
Eau de robinet	143,46g
Borax	
Kaolin (charge)	
Parfum	Vanille et citronnelle
Température	35°C
Durée d'agitation	50mn
Poids de savon	231,25
Qualité de savon	Bonne, mousse facilement

Nous avons réalisé plusieurs essais sur cette méthode pour bien voir la qualité de savon avec quelques variables comme : parfum, la méthode d'épuration.

Les meilleurs savons que nous avons produits durant les expériences sont ceux du sixième essai.

II.2.2. Procédé avec la potasse caustique :

Tableau n°11 : Septième essai « Fabrication de savon par procédé mi-cuit avec la potasse caustique »

Huile	100g
Potasse caustique	19,9g
Eau de robinet	201,21g
Durée de cuisson	55mn
Température de travail	100°C < T < 250°C
Poids de savon	318,9g
Qualité de savon	à l'améliorer avec addition d'eau

Tableau n°12 : Huitième essai « Fabrication de savon par procédé mi-cuit avec la potasse caustique »

Huile	100g
Potasse caustique	19,9g
Eau de robinet	199g
Durée de cuisson	45mn
Température de travail	100°C < T < 250°C

Poids de savon	262,46g
Qualité de savon	Savon mou

Tableau n° 13 : neuvième essai « Fabrication de savon par procédé à froid avec la potasse caustique »

Huile	200g
Potasse caustique	39,8g
Eau de robinet	65,49g
Durée de l'agitation	45mn
Température de travail	35°C
Poids de savon	305g
Qualité de savon	Mauvaise avec trois phases après décantation

D'après le résultat de ce dernier essai, on a deux phases :

- ❖ Deux phases différentes formées de pâtes de savons
- ❖ Phase liquide formée de l'huile non saponifiée mais purifiée, désodorisée, et décolorée.

Ce sont ces pâtes de savon qui nous conduisent à la fabrication de gel de savon.

Tableau n°14 : dixième essai « Fabrication de savon liquide à partir de la pâte de savon obtenue précédemment »

Pâte de savon	50g
Eau de robinet supplémentaire	40ml
parfum	Extraits de fraise
Borax	2pincées
Durée d'agitation	20mn
Température de travail	65°C
Qualité de savon liquide	Mousse stable

Tableau n°15 : onzième essai « Fabrication de savon liquide à partir de la pâte de savon »

Pâte de savon	50g
Eau de robinet supplémentaire	80ml
parfum	Extraits de fraise
Borax	Une pincée
Durée d'agitation	25mn
Température de travail	55°C
Qualité de savon liquide	Mauvaise et trop d'eau

Les deux essais ont pour but de déterminer la quantité minimale et la quantité maximale d'eau supplémentaire pour la fabrication de savon liquide.

Faute d'équipement adéquat au laboratoire (appareil transparent muni d'un robinet à la base et qui résiste à la chaleur), on n'a pas pu réaliser la méthode marseillaise.

II.3. Tests des produits :

On teste le produit fini par la langue s'il va piquer ou non, et les résultats de tous les essais sont négatifs. Par la suite on test avec la main, le linge et enfin sous la douche avec quelques personnes. Les saletés sont ôtées, la peau est saine et propre. Donc les personnes qui ont utilisé les produits finis ont confirmé l'efficacité du produit et elles ont apprécié les savons.

Conclusion :

D'après les résultats expérimentaux, nous avons vu que le procédé à froid est le procédé le plus facile à réaliser et de courte durée. C'est ainsi que la

fabrication de savon à partir de l'huile traité, sans additif, sans borax avec la soude caustique (**tableau n°10 : essai n° 6**), nous donne le meilleur savon. La production de ce type est très facile et moins cher.

Au niveau artisanal, le scaling-up ne poserait aucun problème aussi, les données et les résultats acquis au laboratoire ont été utilisés dans le chapitre d'étude de faisabilité technico-économique de production artisanale de savon à partir d'huile de jatropha.

**TROISIEME PARTIE : ETUDE DE FAISABILITE
TECHNICO-ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DE
PRODUCTION ARTISANALE DE SAVON A PARTIR DE
100.000 PIEDS DE JATROPHA CURCAS**

CHAPITRE I : CULTURE

I.1. Lieu de plantation :

Le présent projet a été commencé le mois de décembre 2005 à Ambohipeno, qui se trouve à 6,8 km d'Ampasamanantongotra, commune d'Analavory dans la Région de l'Itasy, plus précisément dans le district de Miarinarivo,

La Région de l'Itasy se situe presque au centre de la province d'Antananarivo. Elle est entourée :

- Au nord-Est par la Région d'Analamanga
- Au Nord-Ouest et l'Ouest par la Région de Bongolava
- Au sud et Sud-Est par la Région de Vakinankaratra.

Selon les coordonnées géographiques, Itasy est localisé entre les 40°10' et 47° de longitude Est, et entre 19°39' et 19°25' de latitude Sud.

Cette position géographique définit Itasy comme le centre de gravité de Madagascar.

La région de l'Itasy est riche en réseau lacustre dont l'inventaire établie jusqu'à présent fait état de 51 unités qui se répartissent de la manière suivante :

- 40 de ces lacs (soit 78%) s'égrènent dans le district de Miarinarivo dont les plus importants sont Mahiatrondro, Ambatomilona, Antamolava ;
- 9 d'entre eux (soit 18%) dans le District de Soavinandriana dont le plus important est celui de Piliانا ;
- Enfin les 2 lacs restants (soit 4%) se localisent dans le District d'Arivonimamo.

Actuellement le lac Itasy et de ses environs présentent un état de dégradation très avancé.

I.2. Climatologie :

Deux domaines climatiques bien distincts apparaissent dans la Région d'Itasy selon les secteurs ; un premier domaine sur l'Est et le centre ; un deuxième domaine dans l'Ouest.

Les parties orientale et centrale de l'Itasy pour le District d'Arivonimamo et 11 communes du District de Miarinarivo : Miarinarivo Urbaine, Alatsinainikely, Antoby-Est, Soamahamanina, Ambatomanjaka, Miarinarivo Suburbaine, Soavimbazaha, Analavory, Mandiavato, Zoma Bealoka, partie Nord Andolofotsy, présentent les caractéristiques climatiques suivantes :

- Précipitations annuelles oscillant entre 800mm et 1000mm durant la saison pluvieuse ;
- Une saison sèche bien marquée du mois d'Avril au mois d'Octobre où la hauteur moyenne mensuelle des pluies se situe à 40mm ;
- Température moyenne mensuelle comprise entre 26,7°C en Janvier et 7,1°C en Août

Le climat de secteurs occidentaux (District de Soavinandriana et quelques communes de District de Miarinarivo) : Anosibe-Ifanja, Manazary, Sarobaratra, partie sud d'Andolofotsy s'apparente par contre à celui du Moyen Ouest malgache :

- Pluviométrie comprise entre 900 mm et 1100 mm ;
- Température moyenne : 28°C en Janvier à 10°C en Août ;

I.3. Méthode de culture adoptée

La méthode la plus pratique est celui de la transplantation :

Préparer le terrain en plate bande de 30 X 30 X 30 cm.

Les végétations passent avant le sol pour le remplissage de trou et additionner de petite quantité de dolomie, ensuite la plantation proprement dite de la jeune plante de jatropha, et pour terminer il faut remplir de terre jusqu'à ce que les terres dépassent le niveau du sol.

La culture se fait entre le mois d'Octobre et Novembre. Mais nous pouvons aussi faire des cultures par d'autre méthode comme le bouture, c'est un simple méthode et pas besoins de graines mais plutôt des tiges contenant de 4

à 6 bourgeons, il suffit de couper les tiges en 20cm environ et planter presque la moitié dans le sol travaillé et préparé comme nous avons dit précédemment. La période de culture est le mois de Juillet ou bien 4 moi avant la saison de pluie.

S'il y a des plantes qui ne poussent le mois de Janvier ou Février, il faut les remplacer à nouveau pour remplir et pour qu'il n'y a pas erreur de calcul au rendement à l'hectare, et concernant l'équidistance entre les plantes est de 2m.

I.4. Définition de surfaces cultivées :

L'équidistance entre les pieds des plantes est de 2m et la surface cultivée actuellement est de 40Ha, par hectare nous avons 2500pieds donc au total nous avons 100.000 pieds de jatropha curcas. La plantation se fait sur des tanety en général, sur les hautes terres, sur les terrains accidentés (voirFig.19), mais ceci pousse n'importe où.

I.5. Simulation de production

Estimons qu'une plante produise au minimum 3kg et 5kg au maximum

Tableau n°16 : simulation de production

Production par pied en kg	Production à l'hectare en kg	Production pour 40ha en kg
3	7500	300.000
5	12500	500.000

CHAPITRE II : TRAITEMENT ET VALORISATION DES GRAINES

II.1. La presse Bielenberg :

L'alimentation est discontinue et l'huile est récupérée en dessous de la presse par un seau ou une cuvette. La présente presse peut presser de 10 à 15kg de graines par heure. (Voir figure dans l'annexe), coût 1650 000 FCFA 1FCFA vaut 3,99 Ariary (source : Banque Centrale) donc 6 583 500 Ariary.

II.2. La presse industrielle :

Un autre type d'installation industrielle pour un procédé d'extraction d'huile exposé durant la rencontre nationale de bio carburant à Madagascar le 17 et 18 octobre 2006 à la Résidence Ankerana de :

- Rendement d'extraction: supérieure à 30%
- Capacité de traitement: jusqu'à 100 kg/h
- Coût : 16.000.000Ar
- Unité pour traiter la production de 70 à 100ha

II.3. La presse locale :

Il y a aussi d'autre presse locale fabriquée à Antsirabe

Tableau n°17 : comparaison des presses

	Presse bielenberg	Presse industrielle	Presse locale
Graines [T]	400	400	400
Temps [h]	27000	4000	27000
Rendement [%]	30	35	32
Coût [Ar]	6 583 500	16 000 000	3 000 000
Nombre de manipulateur par jour (pers)	3	1	3
Quantité d'huile produite [T]	120	140	128
Tourteaux	280	260	272
Qualité d'huile obtenu	moyen	bonne	bonne

Conclusion :

Les deux presses bielenberg et locale occupent peu d'espace, ils sont facile à déplacer. La plus intéressante parmi les trois est la presse locale. Cette presse ne nécessite pas de déplacement pour en trouver, et en acheter moins cher.

CHAPITRE III : VALORISATION D'HUILE EN TANT QUE SAVON

Pour transformer l'huile en savon, il faut additionner de la soude caustique et de l'eau.

La quantité de soude nécessaire pour la transformation de l'huile en savon en fonction de l'année de la plantation des 100.000 pieds de plantes de jatropha est la suivante :

Tableau n°18 : valorisation d'huile de jatropha en tant que savon

plantationannée de	récoltes à l'Ha	graines estimées par Ha [kg] par an	huile produite par an [kg]	tourteaux	soude nécessaire [kg]	poids de savon produit [kg]	nombre de morceau de savon à 70g
1 ^{ère}	-	-	-	-	-	-	-
2 ^{ème}	-	-	-	-	-	-	-
3 ^{ème}	2 500	100 000	30 000	70 000	4 200	42 000	600 000
4 ^{ème}	7 500	300 000	90 000	210 000	12 600	126 000	1 800 000
5 ^{ème}	10 000	400 000	120 000	280 000	16 800	168 000	2 400 000
6 ^{ème}	10 000	400 000	120 000	280 000	16 800	168 000	2 400 000
7 ^{ème}	10 000	400 000	120 000	280 000	16 800	168 000	2 400 000

D'après ce tableau, le rendement en poids d'huile a été de 30%.

La soude caustique nécessaire pour la transformation est 14% en poids d'huile à transformer.

Le poids de savon est calculé comme suit :

100g d'huile donne 140g de savon, en faisant le calcul par règle de trois, ainsi nous pouvons obtenir le poids de savon annuel.

Un morceau de savon pèse 70g et ceci nous a permis d'avoir le nombre de morceau de savon par an.

Les sous produits obtenus par l'épuration et la désodorisation seront mélangés avec les petits déchets de savon produits et seront transformés en savon de toilette refondu pouvant être additionné de charge et de parfum.

CHAPITRE IV : ETUDE ÉCONOMIQUE DE LA FABRICATION DE SAVON

IV.1. Etude des rentabilités pour la fabrication de savon :

CASH FLOW :

C'est le solde des flux de caisse engendrés par un investissement à la clôture d'une période.

Dans cette période, nous avons besoin des investissements pour fabriquer de savon à partir de 100 000 pieds de plantes de jatropha curcas qui peuvent nous donner 400T de graines et 133,33T d'huile.

Tableau n°19 : Investissements nécessaires

BORDEREAU DE DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DU BATIMENT

Désignation	unité	quantité	P.U [Ar]	Montant [Ar]
OUVRAGES EN INFRASTRUCTURES				
Maçonnerie de briques e = 35cm y compris fouille	m ³	19,000	45 000,00	855 000,00
Sol en maçonnerie de briques e = 10cm y compris sable pour lit de pose	m ²	165,00	5 000,00	825 000,00
OUVRAGES EN SUPERSTRUCTURES				
Maçonnerie de briques e = 22cm		185,00	7 000,00	1 295 000,00
Enduit pour mur intérieur		185,00	4 000,00	740 000,00
Béton armé	m ³	2,000	400 000,00	800 000,00
COUVERTURE				
Couverture en bozaka y compris charpente en bois	m ²	260,00	12 000,00	3 120 000,00
MENUISERIE EN BOIS				
Fenêtres	m ²	8,80	45 000,00	396 000,00
Portes	m ²	25,00	45 000,00	1 125 000,00
TOTAL				9 156 000,00

Désignation	Quantité	P.U. (Ariary)	Montant (Ariary)
Bâtiment & hangar	1	9 156 000,00	9 156 000,00
Fût en plastique (200 litres)	20	50 000,00	1 000 000,00
Cuvettes en plastique	10	4 000,00	40 000,00
seaux en plastique	10	3 000,00	30 000,00
agitateur mécanique et balance	1	4 000 000,00	4 000 000,00
Spatule en bois	10	1 000,00	10 000,00
Tabliers	10	4 000,00	40 000,00
Bottes	10	15 000,00	150 000,00
Moule	20	10 000,00	200 000,00
Gants	15	3 000,00	45 000,00
Matériels de bureau	1	800 000,00	800 000,00
Séchoir à l'air libre	10	20 000,00	200 000,00
Semences	100	10 000,00	1 000 000,00
coût de plantation	100 000	40,00	4 000 000,00
		Total	20 671 000,00

La fabrication de savon a entraîné des dépenses de fonctionnement suivant l'année de la production.

Tableau n° 20 : Dépense de fonctionnement de la fabrication de savon de la plantation jusqu'à la première période de récolte

Désignation	Unité	Quantité	P.U.(Ariary)	Montant (Ariary)
soude caustique	kg	4 200	1 803,00	7 572 600,00
salaire mensuel	mois	12	2 250 000,00	27 000 000,00
Transport	kg	100 000	14,29	1 429 000,00
Eau et électricité	mois	12	100 000,00	1 200 000,00
Récolte	kg	100 000	12,50	1 250 000,00
entretien de la plantation	pieds	100 000	60,00	6 000 000,00
			Total	44 451 600,00

La fabrication de savon à ce moment-là entraîne des recettes d'exploitation telles que les prix estimés sont :

- Coût de graines : 134,23 Ariary le kilogramme
- Coût de l'huile : 810 Ariary le kilogramme
- Et enfin pour le tourteau : 70 Ariary le kilogramme

- Coût de savon : 300 Ariary le morceau de 70 gramme

Mais ici nous ne vendrons que de savon et de tourteaux. Alors les recettes d'exploitation c'est la somme de :

$$600\ 000 \times 300 \text{ Ariary} = 180\ 000\ 000 \text{ Ariary}$$

$$\underline{70\ 000 \times 70 \text{ Ariary} = 4\ 900\ 000 \text{ Ariary}}$$

184 900 000 Ariary

Le cash flow à la clôture de cette période est de :

$$184\ 900\ 000 \text{ Ariary} - 44\ 451\ 600 \text{ Ariary} = \mathbf{140\ 448\ 400 \text{ Ariary}}$$

en supposant que les dépenses d'entretien et que les recettes d'exploitation sont respectivement décaissées et encaissées à la clôture de la période, il est alors possible d'actualiser les cash flow.

Retenons arbitrairement un taux d'actualisation de 10%, il vient :

$$- 20\ 671\ 000 + (140\ 448\ 400 / 1,10) = \mathbf{+ 107\ 009\ 363 \text{ Ariary}}$$

Puisque les graines obtenues suivant les trois années de récoltes sont différentes, donc les dépenses sont aussi différentes. D'où les dépenses de fonctionnement entre la troisième et la quatrième année de plantation (ou deuxième année de fabrication de savon) est :

Tableau n°21 : Dépense de fonctionnement de la fabrication de savon entre la première et deuxième période de récolte

Désignation	Unité	Quantité	P.U.(Ariary)	Montant (Ariary)
soude caustique	kg	12 600	1 803,00	22 717 800,00
salaire mensuel	mois	12	2 250 000,00	27 000 000,00
Transport	kg	300 000	14,29	4 287 000,00
Eau et électricité	mois	12	100 000,00	1 200 000,00
Récolte	kg	300 000	12,50	3 750 000,00
entretien de la plantation	pieds	100 000	60,00	6 000 000,00
Total				64 954 800,00

. Alors les recettes d'exploitation de cette année est la somme de :

$$1800\ 000 \times 300 \text{ Ariary} = 540\ 000\ 000 \text{ Ariary}$$

$$\underline{210\ 000 \times 70 \text{ Ariary} = 14\ 700\ 000 \text{ Ariary}}$$

554 700 000 Ariary

Ce tableau représente les détails des dépenses de fonctionnement de la récolte et de la transformation de l'huile estimée pour 300 tonnes de graines.

A la troisième année de récolte commence la stabilité de récolte et c'est à ce moment là que les graines obtenues peuvent être optimales, c'est à dire nous pouvons avoir en moyenne 4kg par pied de jatropha, donc 400 tonnes de graines et 133 tonnes d'huiles. Par conséquent les dépenses de fonctionnement pour la fabrication de cette troisième année de récolte sont :

Tableau n°22 : Dépense de fonctionnement de la fabrication de savon entre la deuxième et la troisième période de récolte

Désignation	Unité	Quantité	P.U. (Ariary)	Montant (Ariary)
soude caustique	kg	16 800	1 803,00	30 290 400,00
salaire mensuel	mois	12	2 250 000,00	27 000 000,00
Transport	kg	400 000	14,29	5 716 000,00
Eau et électricité	mois	12	100 000,00	1 200 000,00
Récolte	kg	400 000	12,50	5 000 000,00
Entretien de la plantation	pieds	100 000	60,00	6 000 000,00
			Total	75 206 400,00

Alors les recettes d'exploitation de cette année est la somme de :

$$2\,400\,000 \times 300 \text{ Ariary} = 720\,000\,000 \text{ Ariary}$$

$$280\,000 \times 70 \text{ Ariary} = 19\,600\,000 \text{ Ariary}$$

739 600 000 Ariary

IV.2. Valeur actuelle nette (VAN) :

Il consiste à additionner les cash flow engendrés par un investissement.

L'investissement, dont le coût est de 20 671 000 Ar, qui rapporterait

184 900 000Ar pendant trois ans.

Tableau n°23 : VAN

Période la plantation (année)	0	1	2	3	4	5
Cash flow (Ar)	-20 671 000	-	-	184 900 000	554 700 000	739 600 000

La VAN serait égale à :

$$-20\,671\,000 + 184\,900\,000 + 554\,700\,000 + 739\,600\,000 = 1\,458\,529\,000 \text{ Ar}$$

PAY BACK PERIODE ou Délais de récupération du Capital Investi (DRCI)

$$\text{DRCI} = \text{Dépenses} / \text{Bénéfice annuelle}$$

$$\text{DRCI} = 44\,451\,600,00 / 493\,066\,000$$

$$\text{DRCI} = 0,090\text{an soit } 1,08\text{mois}$$

CHAPITRE V : ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Pour être conforme au développement national, le présent projet est réalisé suivant les textes ci-après :

- Charte de l'environnement : (n° 90-033 du 21/12/90 et complétée par les lois 97-012 et 2004/015)
- Décret MECIE
- Loi n° 98-029 du 20/01/99 portant code de l'eau
- Loi n° 99-021 du 28/07/99 portant sur la politique de gestion et de contrôle des pollutions industrielles.
- Loi n° 99-022 du 30/07/99 portant le code minier et ses textes d'application.

Il est alors obligatoire de soumettre une étude d'impact environnementale.

V.1. Analyse de l'état initial et de son environnement

V.1.1. Cadre géographique et économique

V.1.1.1. Cadre géographique (Cf. Chapitre I)

V.1.1.2. Economie générale :

Depuis quelques années, les revenus issus de l'exploitation familiale n'arrivent plus à honorer les dépenses pour l'achat des PPN et des effets vestimentaires, au paiement des frais de scolarisation et de médicament.

Actuellement les activités vivrières participent à l'amélioration de cette économie comme l'haricot, tomate, ananas, cornichon, haricot vert, et café.

Il y a aussi les élevages bovin, porcine, de volailles et l'élevage de vers à soie. Ces activités sont exploitées sans soins particuliers et pour l'autonomie seulement.

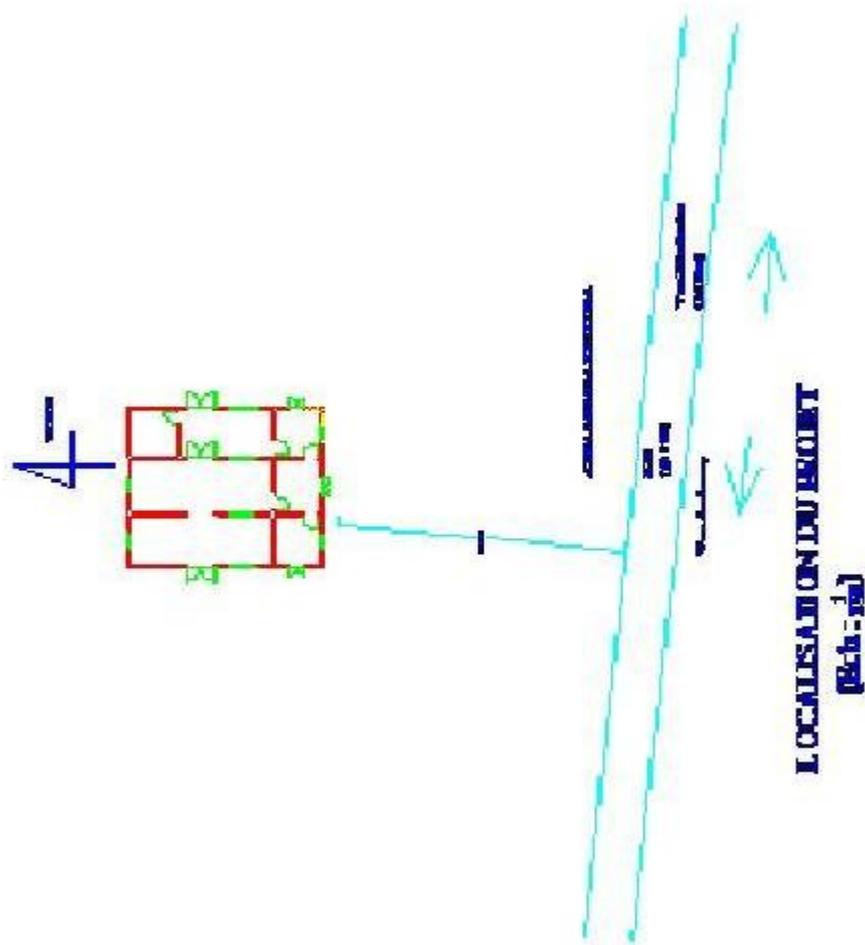
V.1.1.3. Emprise de projet :

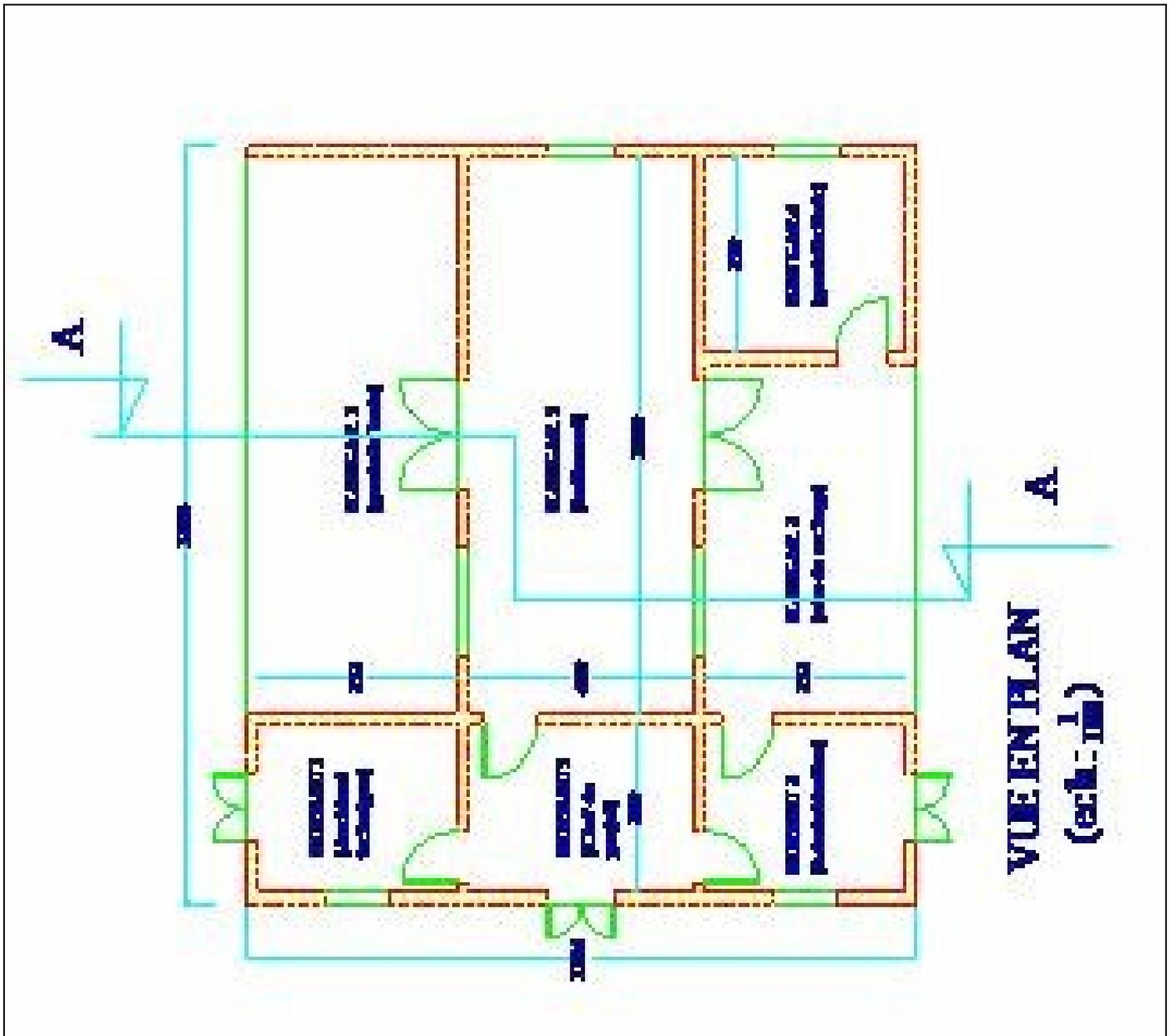
Au le début, le projet touche en premier lieu localement, régionale et peut toucher d'autres régions surtout celles qui sont intéressées aux produits finis.

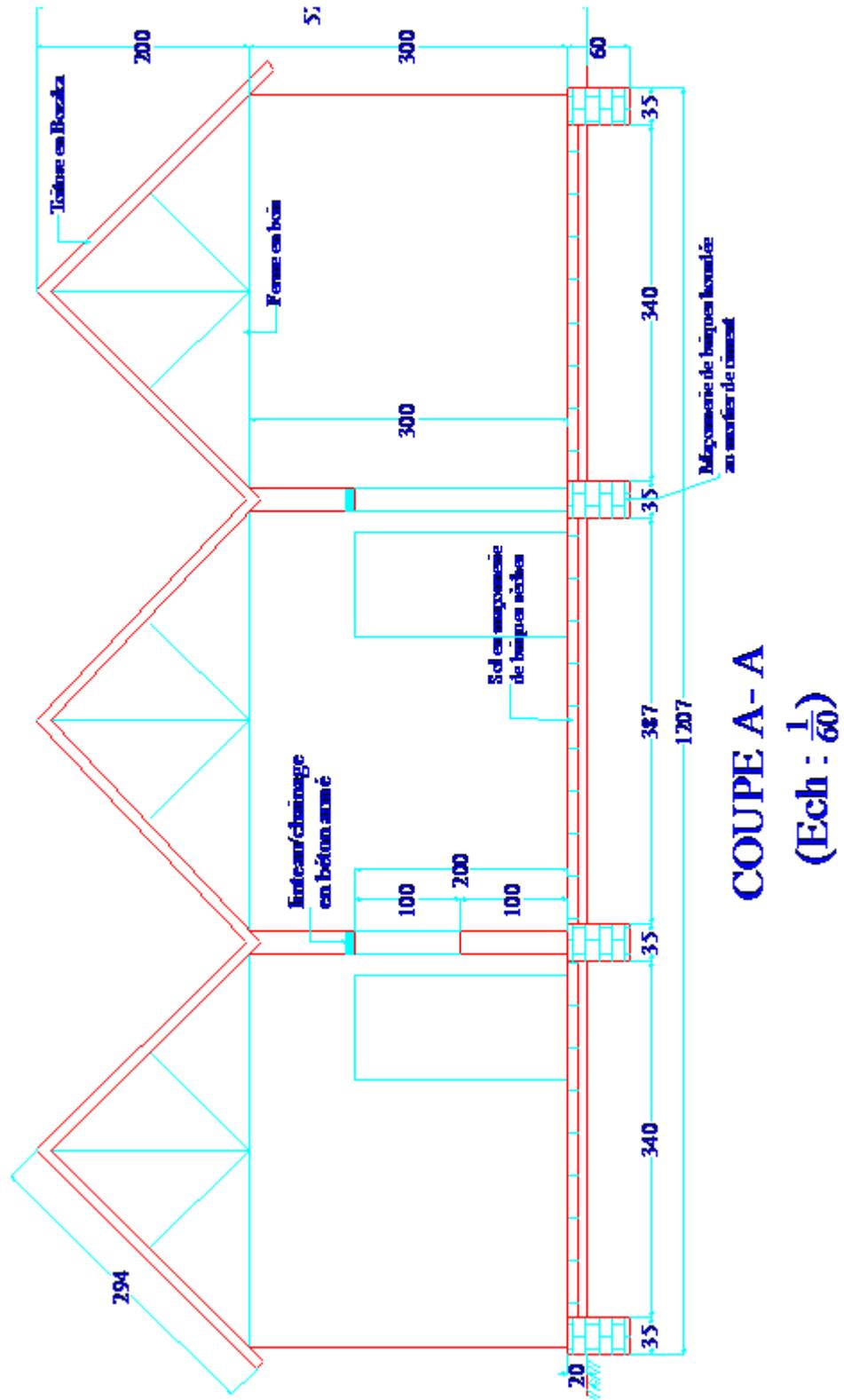
V.1.1.4. Implantation du projet :

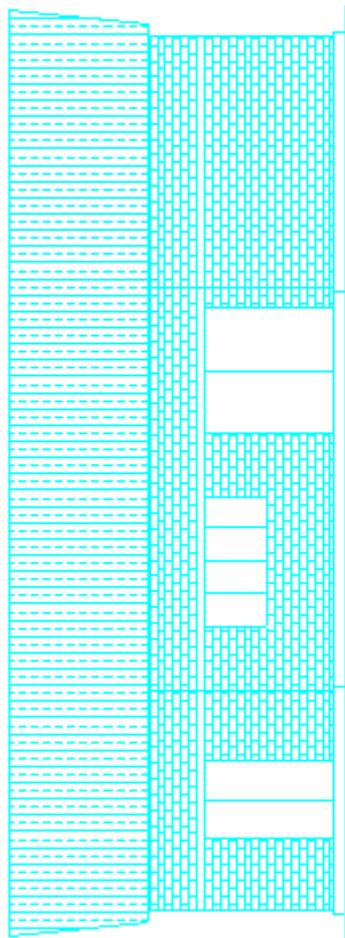
Les nouvelles infrastructures imposées pour le bon déroulement de l'exploitation est composées de deux bâtiments dont :

- Le principal, contient 3 bureaux et 3 hangars (Cf. plan en annexe),
- Et l'autre en annexe, les latrines et les douches.

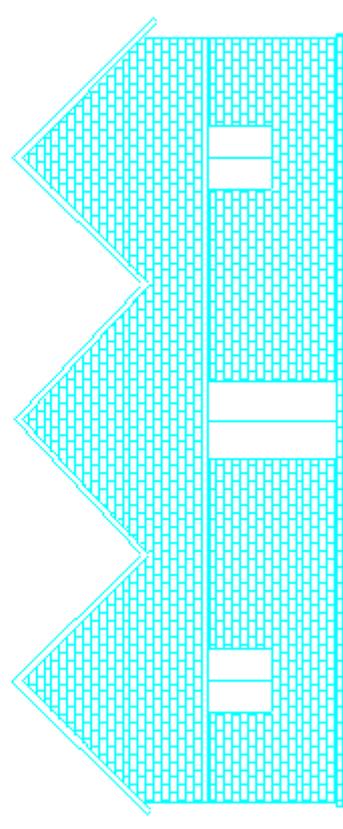








FACADE PRINCIPALE
(Ech : 1/100)



FACADE LATÉRALE DROITE
(Ech : 1/100)

V.1.2. Caractéristiques physiques du site et des environs :

V.1.2.1. Topographique :

Itasy est riche en lacs dont : l'inventaire établi jusqu'à présent fait état de 51 unités qui se répartissent de la manière suivante :

- 40 de ces lacs dans la district de Miarinarivo
- 9 dans le district de Soavinandriana
- et les 2 lacs restants se localisent dans le district d'Arivonimamo

Concernant les types de sols, ils ont :

- des sols d'alluvions ou « baibofo »
- des sols volcaniques fertiles
- des sols ferrallitiques, aux fertilités médiocres, des massifs dégradés

V.1.2.2. Climatologie (Cf. Chapitre I)

V.1.3. Pédologie ; flore et faune :

Selon la classification des ensembles topographiques locaux et en fonction de leur aptitudes agronomiques :

- Les sols d'alluvions ou baibofo, aux aptitudes culturales élevées sur les berges du lac Itasy et le long des larges vallées d'Analavory et d'Ifanja
- Les sols volcaniques fertiles des secteurs de Soavinandrian et du Sud d'Analavory
- Les sols ferrallitiques, aux fertilités médiocres, des massifs dégradés.

Les flores existantes sont : le haricot, le pois chiche, la pistache, la pomme de terre, le manioc, le maïs, le riz, l'eucalyptus, les herbes, l'avocatier, le manguier, l'oranger.

Les faunes qui prédominent dans cette région sont : les bœufs, les porcs, les volailles, les abeilles, les martins, les corbeaux, les serpents, les sauterelles.

V.1.4. Hydrogéologie et hydrologie

La région dispose des sources, des puits, des lacs, et des rivières.

Sa potentialité est la disposition de lacs, dont un des plus grands lacs de Madagascar, lieu touristique très connu et très prisé de vacanciers de la capitale, ainsi que d'autres lacs poissonneux

L'alimentation en eau potable est faite par des bornes fontaines selon la carte dans l'annexe.

V.1.5. Milieu humain

V.1.5.1. Aspect socio-économique

Généralement, la possession de terrain n'est pas régularisée au niveau des autorités compétentes.

Afin de faciliter la suite de l'étude, nous allons supposer que le terrain à exploiter est déjà titré et borné.

V.1.5.2. Constat démographique

Selon la PDR Itasy, les habitants étaient de 721 628 et la densité est de l'ordre de 107.3 en 2004, alors que la densité moyenne nationale n'est que de 16hab/km².

La région connaît un accroissement démographique de rythme assez élevé tel que :

- Un très fort taux d'accroissement naturel (36,3 %)
- Un maintien de la natalité très élevé par rapport à la moyenne nationale (3,9 % contre 2,7%)
- Une baisse du taux de mortalité (0,6%)

Et comme conséquence à ce fait démographique, plus de 18% des habitants ont moins de 5 ans, 55% moins de 20 ans, 5,7% seulement plus de 60 ans.

V.1.5.3. Activité de la population et types d'occupation du sol.

Les terrains sont destinés à l'implantation de zones agricoles et des sites à vocations industrielles. L'exploitant va devenir le propriétaire de ces terrains.

Type d'occupation du sol : haie, culture, élevage des bovins,

V.1.5.4. Paysage

V.1.5.4.1. Typologie du paysage

Le paysage se recouvre d'une verdure luxuriante pendant la saison de pluie, un peu rouge et sèche pendant la saison de l'automne. En plus de tout cela des montagnes, des vallées, des lacs et des rivières et de variétés de maisons et la RN 1 qui décore la région d'Itasy.

V.1.5.4.2. Les infrastructures existantes

(1) Infrastructure routière :

Selon la zone de planification de Miarinarivo, le réseau routier qui quadrille Itasy est estimé à près de 734km, se répartissant comme suit :

- 169km de routes nationales (RN) bitumées
- 113km de routes d'intérêt provincial (RIP) ou piste non classées d'accès permanentes
- 452km de piste saisonnière ou difficilement praticable.

(2) Les infrastructures éducatives :

La région est dotée de 1078 établissements éducatifs publics et privés tous niveaux confondus. Dans l'enseignement technique, elle n'a qu'un seul établissement sis à Miarinarivo.

(3) Les infrastructures sanitaires :

Les centres médicaux publics de tous les niveaux existent dans la région. 43% des formations sanitaires sont concentrés dans le district d'Arivonimamo qui compte d'ailleurs le plus de population et de commune. Le district de Soavinandriana est le moins doté avec un taux de couverture 20%.

(4) Infrastructures sociales :

Il y a des réseaux d'électricité et l'accès à l'eau approvisionnés par la JIRAMA mais les alimentations en eau potable sont réalisées par des projets ou ONG, dont plus particulièrement : SAF/FJKM, FIKRIFAMA, CARITAS, PAAP, PNUD/FAO

(5) Les infrastructures de sécurités :

Les postes avancés, au niveau de la gendarmerie nationale, sont essentiellement implantés dans les zones de prédilection des vols de bœufs. Et l'armée est installée à Imerintsiatosika (RAL ou Régime de l'Artillerie Lourde) et Arivonimamo (BATAC et Corps de Protection Civile).

Les infrastructures socio sportives :

Les disciplines existantes sont : le football, le basket-ball, le volley-ball, le handball, la pétanque et le centre de lecture. Et les principaux édifices culturels de la région d'Itasy sont : l'ECAR, la FJKM, la FLM, la Jesosy Mamonjy, l'EEM, l'Adventiste ; ces édifices culturels sont bien répartis à travers le territoire régional.

La communication des informations est assurée par la poste et télécommunication, il y a aussi des réseaux téléphoniques pour communiquer aisément avec l'extérieur. Les opérateurs existants sont TELMA, ORANGE, CELTEL Madagascar.

A côté de la RNM et de la TVM, relevant du secteur public, que les populations de l'Itasy peuvent capter quelques stations radios et télévisions privées y sont fonctionnelles.

(6) Les réseaux centre urbains :

Une seule infrastructure bancaire (BOA) de la région sise à Miarinarivo.

V.1.5.4.3. Valeur du paysage

Ampasamanatongotra est constitué de beaucoup plus de maisons traditionnelles que modernes.

Aucun monument historique ni site archéologique ni espace naturel ou aménagé susceptible d'intérêt touristique ne se trouve dans le site du projet.

V.2. ANALYSE DES EFFETS DU PROJET

V.2.1. Schéma général de l'exploitation

V.2.1.1. Mode d'exploitation

Zone industrielle limitée

Le procédé de fabrication de savon est à froid

Plan d'exploitation. (Cf. plan en annexe).

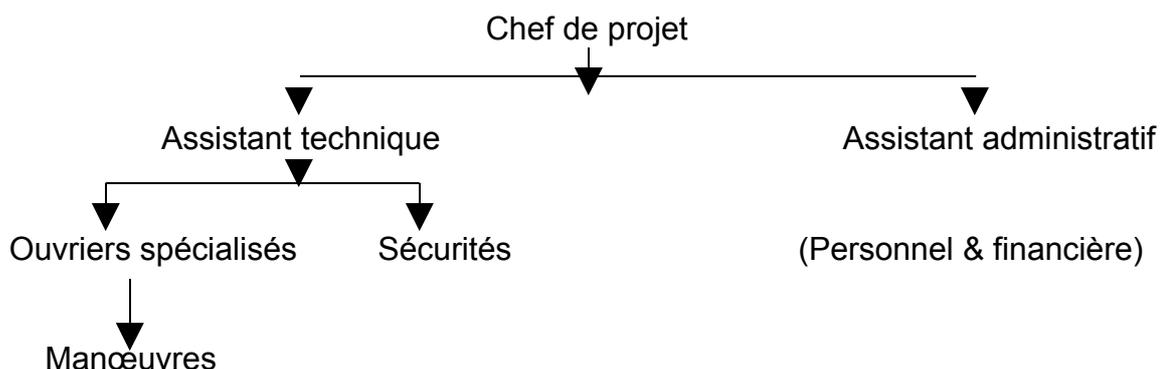
Position d'installation :

- A l'entrée près du premier hangar se situe le bureau de l'assistant technique pour qu'il puisse vérifier les produits intrants
- Au milieu de l'installation le bureau du chef de projet pour bien surveiller l'exploitation et les personnels de gauche à droite
- Et le bureau de l'assistant administratif à côté du magasin de stockage des produits finis et le hangar de séchage.

V.2.1.2. Régime de travail et production

Organigramme donnant un aperçu synoptique exhaustif des différentes tâches envisagées :

Organigramme du personnel :



Organisation de travail :

Il s'agit d'un fonctionnement et d'activités stables dans le temps :

- Culture et cueillette
- Extraction par presse
- Saponification par procédé à froid
- Administration et autres

Ventilation de main d'œuvre :

classification	classe	Nombre	salaire personnel [Ar/mois]]	salaire annuel [Ar]
Chef de projet	HC	1	1 000 000,00	1 000 000,00
Assistant technique	OP3	1	350 000,00	350 000,00
assistant administratif	OP3	1	350 000,00	350 000,00
Ouvriers spécialisés	OP2	6	300 000,00	1 800 000,00
Sécurité	OP2	4	150 000,00	600 000,00
Main d'œuvre générale	M1	6	100 000,00	600 000,00
TOTAL				4 700 000,00

Plantation

Collecte des graines

Prétraitement des graines

Extraction de l'huile par presse

Traitement de l'huile

Stockage de l'huile

Achat des matières premières

Fabrication de savon

Séchage

Mise en emballage

Stockage des produits finis

V.2.2. Impact sur le milieu humain

V.2.2.1. Impact socio-économique du projet

- ❖ L'installation d'une industrie de fabrication de savon présente aussi des avantages pour la région comme :
 1. l'opération permettant une création d'emplois
 2. l'économie de devises, le fait d'être moins dépendant des produits d'importation

3. la création d'un savoir faire au niveau de la fabrication des détergents
4. la mise en place d'une zone d'implantation de développement socio-économique de la région
5. la création d'activités auxiliaires comme épicerie, gargote, ...
6. la création de recette fiscale de l'Etat (Impôt, bénéfice de la société, impôts des employés)
7. augmentation de revenu national
8. création de routes, et ceci sert le développement locale d'usine et développement de l'économie locale

Les avantages sont aussi :

- la réduction des pertes des récoltes par le vent...
- l'amélioration de l'infiltration des eaux de pluie, moins d'irrigation
- l'augmentation de ressources locales utilisées par rapport aux ressources extérieures
- La réduction des conflits villageois entre éleveurs et cultivateurs par la création d'une haie vive infranchissable et non comestible par le bétail
- La création d'emploi et la réduction du phénomène d'exode rural
- La sécurité publique et la sécurité du personnel seront améliorées

Donc ce projet va modifier les activités humaines dans la région surtout sur l'agriculture, l'industrie et le commerce

V.2.2.2. Impact sur le milieu naturel

Il est nécessaire avant toute élaboration détaillée d'un projet, de dresser une sorte de bilan de santé des écosystèmes rencontrés afin de mieux cerner les études d'éventuels effets susceptibles de se produire

V.2.2.3. Impact visuel

Impact définitif : paysage amélioré,

Impact temporaire : durant la période sèche, les feuilles débranchées

V.2.2.4. Impact sur les eaux

Aucun effet sur :

- le réseau hydrographique
- les nappes, sur les puits et sur les captages
- la qualité des eaux

V.2.2.5. Impact sur l'air

Origine : poussière de l'entretien et la récolte, réaction de la soude avec l'eau

Effets : air pollué, odeur piquante par la réaction exothermique de la soude avec l'eau.

V.2.2.6. Impacts sur les sols, flore, faune

Contrairement aux autres exploitations mais la conséquence de l'installation attendue c'est que l'amélioration de la région car nous pouvons obtenir de l'engrais, de la lumière, de l'air propre et surtout la saleté s'éloigne de notre corps et de nos vêtements.

Les nuisances susceptibles d'être provoquées sur la flore et faune : il y a des insectes qui mangent les feuilles et le tourteau est toxique pour les animaux parce qu'il y a des toxines.

V.3. LES RAISONS DU CHOIX DU PROJET

Après avoir recensé l'ensemble des contraintes qui pèsent sur le projet d'ouverture de l'exploitation et après avoir mesuré ses impacts sur la vie future de ce projet, nous pouvons hiérarchiser les raisons du choix, d'en définir les risques qui, par leur importance, conduisent le projet à une réussite.

V.3.1. Choix du site

V.3.1.1. Lieu et la fabrication

Nous avons choisi Ambohipeno comme terrain de culture par la raison de disponibilité. Et choisir aussi Ampasamanantongoitra comme lieu de fabrication de savon pour faciliter la distribution des produits.

La spécificité de la substance à exploiter est qu'elle nettoie bien et elle empêche les pellicules (angadrano) de ne pas s'incruster sur la cuir chevelue. Et en plus la méthode de fabrication est facile.

V.3.1.2. Reprise de l'exploitation

La disponibilité des matières premières est favorable comme la soude, les parfums et les colorants ainsi que les matériels.

De plus le projet est rentable d'après le calcul.

V.3.1.3. Infrastructure favorable

Disponibilité de voies de communication

Milieu d'accueil favorable

Au voisinage immédiat de la route nationale **RN1**

V.3.1.4. Contrainte due au système écologique

Pas de déforestation au contraire nous plantons d'autres arbres ;

L'écosystème sera favorisé ;

V.3.1.5. Destination des matériaux

L'aire de stockage ne pose pas de problème. Seulement pour le stockage de la soude, il faut faire bien attention au contact des yeux, de la peau, de l'air ou de l'eau.

V.3.2. Nécessités du projet :

V.3.2.1. Politique du développement socio-économique

- La création d'entreprise
- L'influence du projet sur le développement économique national, régional ou local
- L'influence du projet sur l'aspect social

V.3.2.2. Politique d'approvisionnement

- Pour les besoins de la nation ou de la région
- Approvisionnement des régions riveraines si nécessaire

V.3.2.3. Politique environnementale

Pour la préservation du milieu naturel

V.3.3. Choix du mode d'amélioration de l'état des lieux

V.3.3.1. Amélioration du paysage

- Réhabilitation du paysage ravagé par des cataclysmes naturels
- Restauration possible d'une nouvelle plante
- Installation d'une nouvelle entreprise ou usine

V.3.3.2. Possibilité de création de zone d'utilité publique

Lorsque l'économie de la population locale sera améliorée, il est possible de créer des zones d'utilités publiques comme : jardin pour prendre un peu d'air, des WC publiques, des terrains de sport, salle de jeux divers et centre de lecture.

V.4. MESURE DE REDUCTION DES NUISANCES

- Mesures envisagées sur l'exploitation (prévention contre l'incendie)
- Délimitation de la zone de fabrication de savon (clôturer par des haies de jatropha curcas)
- Recherche d'une méthode d'exploitation adéquate
- Choix des matériels et équipements adéquats

V.4.1. Règles de sécurité à respecter lors la production artisanale du savon de ménage :

Des précautions doivent être prises pour la fabrication du savon. Il faut travailler à l'extérieur, ou dans un endroit bien aéré, à cause des vapeurs toxiques. Et sous hotte si possible.

MESURES DE PROTECTION

Ventilation : la lessive dégage des fumées toxiques lorsqu'elle est mélangée à l'eau. De préférence faire la préparation du savon dans un local bien aéré.

Lunettes protectrices : la lessive bout au contact de l'eau et peut gicler hors du bol. Des lunettes de protection sont obligatoires, car la lessive au contact des yeux cause un tort irréparable.

Gants : travailler en portant des gants. Dans le cas de travail à mains nues, il est interdit de toucher au bol de lessive pendant l'ébullition et il faut garder une bouteille de vinaigre sous la main, au cas où il y a aspersion. Le vinaigre neutralise l'effet corrosif de la lessive. Naturellement, si le bol se renverse sur nous, nous devons aller au centre d'urgence le plus vite possible.

Table : avoir de l'espace autour de soi ! Ne pas travailler sur le bord d'un comptoir, la lessive peut endommager très gravement les murs, le linoléum, les carreaux de céramique et les tuiles. Prévoir une table solide recouverte d'une bonne épaisseur de papier journal. En mettre aussi sur le sol, mais faire attention de ne pas s'entraver les pieds.

Temps : Prévoir au moins trois heures pour une recette conventionnelle. Envoyer les enfants jouer dehors, décrochez le téléphone et préparez les ustensiles et les ingrédients avant de commencer. Tout ce qui a été en contact avec la lessive en cristaux ou le mélange de lessive et d'eau doit être lavé. Commencer par rincer à fond le thermomètre, la cuiller de bois, la tasse graduée et le bol, puis laver le tout dans une eau chaude et savonneuse et rincer une deuxième fois.

Prudence : être attentif à ce que nous faisons, ne pas brusquer les étapes et ne pas perdre patience.

Finition : Les savons mettent au moins 2 jours à sécher, pendant toute la période de séchage, ils demeurent corrosifs: toujours utiliser des gants pendant leur manipulation. Utiliser du papier pH pour vérifier qu'ils sont utilisables à l'issue de la période de séchage

V.4.2. PRECAUTION pour l'utilisation DE LA SOUDE

La lessive en cristaux, de son vrai nom hydrate de sodium, connu aussi sous le nom de soude caustique, et en anglais « Crystal Sodium Hydroxide » est vendue également en liquide, bien que peu de recettes l'emploie sous cette

forme. Ce produit très corrosif ne devrait jamais être à la portée des enfants ou des animaux.

- Utiliser des gants et des lunettes protectrices avant de le mélanger à l'eau.
- Dissoudre les cristaux dans de l'eau froide et brasser immédiatement pour éviter un dépôt au fond du bol. Ne jamais verser l'eau sur la lessive sinon vous risquez l'explosion.
- Les contenants en aluminium sont interdits.
- Les contenants et cuillers à utiliser devront être, soit en plastique soit en bois, le verre aussi est conseillé.
- La réaction chimique normale entre la lessive et l'eau crée une grande chaleur. Si l'eau se met à bouillir, arrêtez de mélanger jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de bulles.
- L'eau doit être refroidie jusqu'à 100 ° F. avant d'ajouter le gras. Ne jamais utiliser d'eau chaude ou une source de chaleur.

CONCLUSION GENERALE

Cette étude nous a permis d'enrichir notre connaissance et nos savoir faire sur la fabrication de savon.

La fabrication de savon à partir du jatropha peut se faire avec le procédé mi-cuit, froid et la méthode marseillaise même si cette dernière n'a pas pu être réalisée dans l'étude expérimentale.

Nous venons de montrer que la fabrication du savon à partir du jatropha par le procédé à froid reste la plus simple et adaptée pour une production artisanale. Ce projet de fabrication appliqué dans le cas de la région de l'Itasy se trouve rentable et crée des revenus pour une partie de la population.

Les avantages stratégiques de l'installation d'usine de fabrication de savon résident aussi dans la préservation de l'environnement et la possibilité d'une extension ultérieure.

Les impacts négatifs générés par le projet sur l'environnement restent maîtrisables.

L'implantation dans une autre localité voire une région s'avère intéressante pour l'essor socio-économique régional.

Les décideurs locaux seront invités alors à voir de près le financement d'une telle initiative.

BIBLIOGRAPHIE

I.1. Ouvrages :

- [1.] **André DOUAUD**, Président Jean-François GRUSON, « Recommandations pour un développement durable des biocarburants en France » : Rapport du groupe de travail sur les bio-carborants, 15 Janvier 2006
- [2.] **Ba Oumou Ly Seydou Traoré**, Le Savon Pourghère : étude économique sur les productions artisanale et semi industrielle de savon à base de Pourghère. Bamako, Novembre 1994
- [3.] **Jean Picano**, Méthodologie du rapport de stage
- [4.] **Larousse**, Bien communiquer aujourd'hui, Guides pratiques Larousse, mai 1999
- [5.] **Lisette Caubergs**, « *La fabrication de savon : Aspects techniques, économiques et sociaux* »,
- [6.] **PETER DONKOR, GRET** « Produire du savon ». Techniques de production à l'échelle artisanale et micro industrielle, collection « Le point sur les technologies » Ministère de la Coopération, France, 1991
- [7.] **PLAN DE DEVELOPPEMENT REGIONAL ITASY**, Province Autonome d'Antananarivo, Mars 2005
- [8.] **RAKOTONIAINA Patrick M.** « contribution à l'étude de jatropha curcas », Mémoire de fin d'étude au Département Agricoles et Alimentaire, ESSA Antananarivo
- [9.] **RAMAROSON Nomenjanahary Emile & RAZAFIMIHOATRA Andriatsaralaza**, « *Conception d'une unité pilote de fabrication de savon* », Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en Génie Chimique à l'ESPA. Promotion-1995, 05 juillet 1996
- [10.] **RAOELIARIVONY Heritiana Jocelyn.** « Essai de fabrication d'alcool absolu et application comme composant de carburant ». Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en Génie Chimique à l'ESPA. Promotion-2003, année 2004
- [11.] **Reinhard Henning Oumou Sanankoua Yaya Sidibé**, « *Production et utilisation de l'huile végétale comme carburant* », Bamako, Mali, Janvier 1996 (projet pourghère), PN93.2202.5-01.100
- [12.] **Rapport d'activité**, « Etude sur la valorisation de tourteaux de jatropha curcas » BAMEX, juillet 2005
- [13.] **Weast R.C**, "Handbook of Chemistry and Physics", 49^{em} édition, Strasbourg 1968-1969.
- [14.] Etudes impacts environnementaux au Nouveau-Brunswick, 1987
- [15.] Encyclopédie Microsoft Encarta 2005
- [16.] **Patil, Vinayak Rao**, « jatropha- An alternative to Diesel » Agriculture & Industry Survey, Vol.13, Issue No.5, Vadamalai Media Group, Bangalore.
- [17.] **M. Reyadh**, "jatropha curcas in Egypt" Under Secretary of State for Afforestation, Ministry of Agriculture and Land Reclamation.

I.2. Sites web Internet consultés:

- [w1.]**www.all4engineers.com
- [w2.]**www.areed.org
- [w3.]**[www.atol.be/docs/publ/fabrication savon.pdf](http://www.atol.be/docs/publ/fabrication_savon.pdf)
- [w4.]**www.bagani.de
- [w5.]**www.chez.com/siubhan/recette/savon.htm
- [w6.]**www.crest.org
- [w7.]**www.cta.nl
- [w8.]**www.devcap.org
- [w9.]**www.ecoworld.com
- [w10.]**www.globalunification.com
- [w11.]**www.indiamart.com
- [w12.]**www.jagdishexports.com/FRENCH/savonnerie.html
- [w13.]**www.jatropha.de
- [w14.]**www.jatropha.de/madagascar/pte-usaid.htm
- [w15.]**www.jatropha.net
- [w16.]**www.jatropha.org
- [w17.]**mendeleeiev.cyberscol.qc.ca/chimisterie/9604/mpilon.html
- [w18.]**operasavon.free.fr/action.htm
- [w19.]**www.songhai.org/mécanique
- [w20.]**www.svlele.com
- [w21.]**Wikipédia, l'encyclopédie libre
- [w22.]**www.3dmadagascar.com

ANNEXES

ANNEXE I : ANALYSE CHIMIQUE DE L'HUILE

Indice d'acide (Méthode AOCS conforme à la norme NE T 60-204 DECEMBRE 1968)

- ❖ Peser dans un bécher 5g d'huile
- ❖ Faire bouillir dans un autre récipient 20ml d'alcool éthylique à 95° neutralisé en présence de phénophtaléine par une solution de soude N/10
- ❖ Verser cet alcool bouillant sur l'huile, agiter très énergiquement. Ajouter 2ml d'indicateur coloré
- ❖ Titrer avec la solution de soude N/10 jusqu'à coloration rose persistante (10s)
- ❖ Noter le volume V (ml) de NaOH N/10 versé

$$\text{Indice d'acide} = \frac{V \times 56,1 \times N}{P}$$

Où **V** désigne le volume de NaOH N/10 employé,
N sa normalité,
et **P** la masse de la prise d'essai.

Indice de saponification (AFNOR NE.T.60-206)

- ❖ Peser au milligramme dans un erler 2g d'huile
- ❖ Ajouter 25ml de potasse alcoolique 0,5N
- ❖ Ajouter deux perles de verre pour éviter les soubresauts de l'ébullition
- ❖ Porter à l'ébullition sous un réfrigérant à reflux
- ❖ Maintenir l'ébullition pendant une heure à feu modéré, en agitant de temps en temps
- ❖ Titrer l'excès d'alcali dans la solution savonneuse chaude avec de l'acide chlorhydrique 0,5N en présence de phénophtaléine
- ❖ Procéder simultanément à un essai à blanc

$$\text{Indice de saponification} = \frac{(C_0 - C_1) \times 28,05}{M}$$

Où **M** : la masse en gramme de la prise d'essai

C₀ : le nombre de ml de HCl 0,5N utilisé dans l'essai à blanc

C₁ : le volume (ml) de HCl 0,5N dans l'essai avec matière grasse

Indice d'iode (Méthode de VON HUBL)

a) 24 Heure à l'avance : Mélanger la solution alcoolique d'iode 50g/l avec la solution alcoolique de bichlorure 40g/l par volume égaux

b) Préparation :

- ❖ peser 0,18g d'huile dans une petite nacelle en verre et introduire dans un poudrier émeri de 500-800ml
- ❖ ajouter 10ml de tétrachlorure de carbone (ou chloroforme) pur et faire dissoudre la substance
- ❖ ajouter 25ml de la solution de mono chlorure d'iode préparé 24heure à l'avance
- ❖ préparer une solution témoin à blanc des réactifs (10ml de CCl_4 + 25ml d'ICI)
- ❖ bien boucher les flacons, humecter les bouchons avec de l'iodure de potassium à 10%
- ❖ placer dans un endroit sombre pendant 15heures

c) Dosage :

- ❖ Avec une pipette, arroser le bouchon et le goulet du poudrier par 20ml de iodure de potassium 10%
- ❖ Agiter et introduire 400ml d'eau distillée
- ❖ Titrer avec une solution de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1N en utilisant une solution d'empois d'amidon comme indicateur, jusqu'à décoloration complète
- ❖ Opérer de même pour l'essai à blanc

Soient C_1 le nombre de ml de solution $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilisé dans l'essai et C_0 celui employé dans l'essai témoin sans huile.

On obtient :

$\text{Indice d'iode} = \frac{1,269 (C_0 - C_1)}{P}$
--

Où **P** : masse de l'huile

ANNEXE II : NOTES ET pH POUR LES REGLES DE SECURITE À RESPECTER LORS DE LA PRODUCTION ARTISANALE DU SAVON DE MENAGE

Notes

- Attendez de 2 semaines avant de vous servir de vos nouveaux savons. Ce temps d'entreposage est nécessaire pour permettre au savon de perdre son excédent d'eau. Si vous vous en servez trop vite, ils s'useront ou s'amolliront trop facilement. Vous pouvez les mettre au soleil pour finir de les durcir, ou, pendant l'hiver, sur le bord d'une fenêtre, mais pas trop près d'un calorifère qui les ferait craquer.
- Utilisez une balance pour peser tous les ingrédients, de préférence une qui calcule au dixième d'once. Seuls l'eau et le parfum peuvent être mesurés, mais pesez-les pour plus de sécurité. La précision est un gage de réussite.
- Utilisez toujours un thermomètre, en acier inox. jamais d'aluminium. Cela vaut aussi pour la casserole du bain-Marie.
- La cuillère ne devrait jamais être en bois et si le moule est en plastique, cela devra être un plastique résistant à de fortes chaleurs. Un moule économique peut être fait dans une boîte de carton solide, et recouverte (à l'intérieur) d'une pellicule plastique.
- Une fois votre recette terminée, lavez soigneusement les ustensiles et les surfaces de travail en conservant vos gants. Si vous avez des déchets, protégez-les avant de les mettre à la poubelle pour éviter que quelqu'un les touche.
- Il est fortement conseillé d'avoir du matériel réservé à la savonnerie: mixer, spatules ou moules ne devraient plus être utilisés pour la cuisine s'ils ont servi pour faire du savon.

pH et savon

L'une des grandes préoccupations de l'heure à propos des savons est celle du pH.

Le pH est vérifié une fois que le savon a vieilli de deux semaines à deux mois suivant la recette. Utilisez des bandes de papier de tournesol pour vérifier le PH de votre savon (Elles se vendent avec les fournitures de laboratoire et le guide de couleur est compris dans l'emballage).

La peau humaine est d'un pH d'environ 5,5; soit relativement acide, tandis que l'on évalue le pH moyen des savons à 10. Théoriquement, il apparaît logique de croire qu'une telle substance soit

irritante pour la peau. Tout ceci pour dire que l'histoire le pH des savons n'est pas encore réglée. On sait que certains savons à base de dérivés du pétrole ont un pH allant de 7 à 5,5. Par contre, ceux-ci ont un pouvoir détergeant tellement puissant qu'ils assèchent la peau; ils ne sont, par conséquent, pas "doux".

ANNEXE III: LA QUANTITÉ DE SOUDE OU DE POTASSE CAUSTIQUE

Nous avons vu que chaque corps gras nécessite une quantité d'alcali bien définie pour être transformé en savon. Cette quantité est indiquée par l'indice de saponification et exprimée en mg KOH (potasse caustique).

Pour connaître la quantité nécessaire exprimée en NaOH, la lessive utilisée pour la production des savons durs, il faut faire la conversion suivante :

Indice de saponification : la quantité en mg de KOH (hydroxyde de potassium) nécessaire pour transformer 1 g de corps gras.

Quantité en NaOH =

$$\text{Quantité en KOH} \times \frac{\text{Poids moléculaire de NaOH}}{\text{Poids moléculaire de KOH}}$$

$$\text{Quantité en KOH} \times \frac{40,0}{56,1}$$

$$\text{Quantité en KOH} \times 0,713$$

ANNEXE IV : PRODUCTION ARTISANALE DES LESSIVES CAUSTIQUES

PRODUCTION ARTISANALE DE LA SOUDE CAUSTIQUE

Les matières premières sont la carbonate de sodium Na_2CO_3 et la chaux éteinte $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Réaction chimique :



Le procédé froid

Dans un fût en fer (p.ex. un fût à huile), on met une couche de chaux qu'on éteint avec de l'eau.

Là-dessus on met une couche de carbonate de soude, à nouveau une couche de chaux et une couche de carbonate. Pour 5 mesures de chaux on ajoute 6 mesures de carbonate de soude. Les couches sont mises sous eau et on laisse reposer le mélange 15 à 16 heures. L'alcali formé (liquide), est recueilli du fût par le bas et on verse une nouvelle quantité d'eau sur les couches de chaux et de carbonate. On laisse à nouveau reposer 15 à 16 heures, après quoi on recueille à nouveau le liquide. Cet alcali est moins fort que le premier. On recommence cette opération une troisième fois, mais le liquide est maintenant trop faible et est employé à la place de l'eau dans la préparation d'une nouvelle quantité de chaux et de carbonate de soude. La préparation froide a comme inconvénient qu'on peut retrouver dans l'alcali de la chaux ou du carbonate qui n'a pas réagi. S'il y a suffisamment de combustible sur place, la méthode chaude est plus indiquée. Si on chauffe avec du bois, les cendres peuvent être éventuellement récupérées pour la préparation de la lessive de potasse.

Le procédé chaud – procédé du TCC

L'équipement est constitué d'un réacteur à cuve cylindrique en tôle galvanisée et le diamètre et la hauteur sont de 120 cm. Le réacteur est muni à l'intérieur de quatre déflecteurs destinés à assurer une bonne agitation de la suspension de chaux éteinte pendant la réaction. Il peut être chauffé au bois ou à l'électricité. La capacité journalière de production de soude caustique avec ce modèle est de 100 kg. La température de réaction est de 90°C et la durée de réaction de trois heures.

Production : On verse 900 litres d'eau dans le réacteur, que l'on chauffe jusqu'à 92-95 °C. Une fois la température atteinte, on met l'agitateur en marche. On introduit ensuite 150 kg de carbonate de sodium dans l'eau jusqu'à dissolution complète. Quand le carbonate de sodium est complètement dissout, on introduit 182 kg de chaux éteinte sèche dans le réacteur. Avec une agitation continue, on laisse se poursuivre la réaction pendant 3 heures, puis on arrête le chauffage. Ensuite on laisse précipiter la suspension de carbonate de calcium. La solution claire de soude caustique peut alors être décantée. La solution contient 103 g/l de soude et 21g/l de carbonate de sodium qui n'a pas pris part à la réaction. Ce dernier jouera dans le savon le rôle d'une charge.

Tableau : La densité et la concentration des solutions de soude et de potasse caustique

Degré Baumé (°Bé)	Densité à 15 °C	1kg de solution contient : (g NaOH)	1kg de solution contient : (g KOH)	l de solution contient : (g NaOH)	l de solution contient : (g KOH)
5	1,036	33,500	45	35	46
6	1,045	40,000	56	42	58
7	1,052	46,400	64	49	67
8	1,060	52,900	74	56	78
9	1,067	58,700	82	63	88
10	1,075	65,500	92	70	99
11	1,083	73,100	101	79	109
12	1,091	80,000	109	87	119
13	1,100	86,800	120	95	132
14	1,108	94,200	129	104	143
15	1,116	100,600	138	112	153
16	1,125	109,700	148	123	167
17	1,134	118,400	157	134	178
18	1,142	126,400	165	144	188
19	1,152	135,500	176	156	203
20	1,162	143,700	186	167	216
21	1,171	151,300	195	177	228
22	1,180	159,100	205	188	242
23	1,190	167,700	214	200	255
24	1,200	176,700	224	212	269
25	1,210	185,800	233	225	282
26	1,220	195,800	242	239	295
27	1,231	205,900	251	253	309
28	1,241	214,200	261	266	324
29	1,252	226,400	270	283	338
30	1,263	236,700	280	299	353
31	1,274	248,100	289	316	368
32	1,285	258,000	298	332	385
33	1,297	268,300	307	348	398
34	1,308	278,000	318	364	416
35	1,320	288,300	327	384	432
36	1,332	299,300	337	399	449
37	1,345	312,200	349	420	469
38	1,357	324,700	359	441	487
39	1,370	336,900	369	462	506
40	1,383	349,600	378	483	522
41	1,397	362,500	389	506	543
42	1,410	374,700	399	528	563
43	1,424	388,000	409	553	582
44	1,438	399,900	421	575	605
45	1,453	414,100	434	602	631
46	1,468	428,300	446	629	655
47	1,483	443,800	458	658	679
48	1,498	461,500	471	691	706
49	1,514	476,000	483	721	731
50	1,530	490,200	494	750	756

Tableau : Quantités de KOH et de NaOH nécessaires pour transformer un kg d'un corps gras

Corps gras	Indice de saponification	g KOH nécessaire pour transformer 1kg de corps gras	g NaOH nécessaire pour transformer 1kg de corps gras	% NaOH (pour transformer 100 g)
huile de coco	256	256	183	18,3
huile palmiste	248	248	179	17,9
huile de palme	200	200	143	14,3
Suif (de bœuf)	197	197	141	14,1
Huile de nim/neem	196	196	140	14
Saindoux (porc)	195	195	139	13,9
Suif (de mouton)	195	195	139	13,9
Huile de coton	194	194	138	13,8
Huile de soja	192	192	137	13,7
Huile d'olive	192	192	137	13,7
Huile d'arachide	190	190	135	13,5
Huile de sésame	190	190	135	13,5
Huile de tournesol	190	190	135	13,5
Huile de maïs	190	190	135	13,5
Huile de lin	190	190	135	13,5
Huile de poisson	188	188	134	13,4
Beurre de karité	187	187	133	13,3
Huile de ricin	182	182	130	13
Résine	181	181	129	12,9

Tableau : Indice de saponification – Indice d'iode – Facteur INS

Corps gras	Indice de saponification	Indice d'iode	Facteur INS
Huile de coco	256	8	248
Huile palmiste	248	17	231
Huile de palme	200	51	149
Huile de pourghère	199	100	99
Suif (de bœuf)	197	40	157
Huile de nim/neem	196	69	127
Saindoux (porc)	195	61	134
Suif (de mouton)	195	39	156
Huile de coton	194	109	85
Huile de soja	192	128	64
Huile d'arachide	190	95	95
Huile de tournesol	190	135	55
Huile de sésame	190	111	79
Beurre de karité	187	61	126
Huile de ricin	182	85	97
Huile de lin			15

ANNEXE V : LES ACIDES GRAS

Les acides gras sont les constituants majoritaires entrant dans la composition des corps gras. Ils sont sous forme combinée avec les glycérols (triglycérides) et sont rarement trouvés à l'état libre dans le règne vivant. On distingue les acides gras saturés, les acides gras monoéthyléniques et les acides gras polyéthyléniques.

Les acides gras saturés sont classés en trois catégories dont les acides de la série butyrique dit volatil, les acides gras vrais et les acides gras cireux.

Selon le nombre de carbone constitutif de la chaîne gras, on a :

Acide gras saturé	Nombre de carbone	Nomenclature systématique	Nom
Série butyrique	4	Acide butyrique	Acide butyrique
	6	Acide hexanoïque	Acide caproïque
	8	Acide octanoïque	Acide caprylique
	9	Acide nonanoïque	Acide perargonique
	10	Acide décanoïque	Acide Caprique
	11	Acide undécanoïque	Acide undécanoïque
Acides gras vraies	12	Acide dodécanoïque	Acide laurique
	14	Acide tétradécanoïque	Acide myristique
	16	Acide hexadécanoïque	Acide palmitique
	18	Acide octadécanoïque	Acide stéarique
	20	Acide licosanoïque	Acide arachidique
Acide gras cireux	22	Acide docosénoïque	Acide behinique
	24	Acide lignocérique	
	26	Acide cérolique	

- Concernant les acides gras monoinsaturés et polyinsaturés, on a surtout les :

Nombre de carbone et configuration	Position des insaturations	Désignation	Nomenclature systématique	Nom
12 cis	9	12:1 ω 9	9Z- acide dodécanoïque	Acide lauroléique
14cis	9	14:1 ω 9	9Z- acide tétradécanoïque	Acide myristoléique
16cis	9	16:1 ω 9	9Z- acide hexadécanoïque	Acide palmitoléique
18cis	9	18:1 ω 9	9Z- acide octadécanoïque	Acide oléique
18cis	9,12	18:2 ω 9,12	9Z,12Z- acide octadécadiénoïque	Acide linoléique
18cis	2,12,15	18:3 ω 9,12,15	9Z,12Z,15Z- octadécatriénoïque	Acide linoléique
19cis	6	19:1 ω 6	9Z- acide nonadécanoïque	Acide petrosélinique
20cis	6	20:1 ω 6	9Z- acide licosanoïque	Acide gadoléique
22cis	13	22:1 ω 13	13Z- acide docosénoïque	Acide eurique

Dans les huiles et matières grasses végétales, on rencontre essentiellement l'acide laurique, l'acide myristique, l'acide palmitique, l'acide stéarique, l'acide oléique, l'acide linoléique et l'acide linoléique. Leurs proportions relatives varient d'une huile à une autre.

ANNEXE VI : FONCTIONNEMENT DU SAVON

Comment le savon fonctionne-t-il?

Avant d'expliquer le mode d'action du savon il faudrait tout d'abord connaître les caractéristiques de celui-ci.

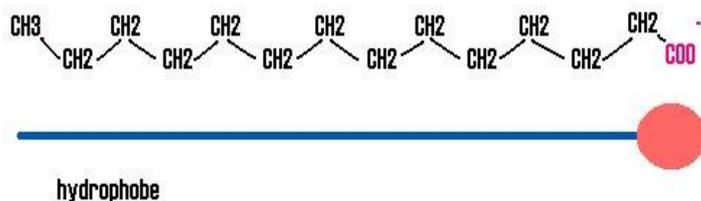
Pour donner une petite approche, nous pourrions commencer par dire que le savon a un caractère ambivalent du fait de la spécificité de ses molécules, mais c'est aussi un agent détergent représentant le plus courant des tensioactifs, il est donc capable de modifier les propriétés de l'eau. En effet, un corps tensioactif sert à conférer à un liquide un pouvoir mouillant vis-à-vis de l'eau.

Au départ l'eau ne possède pas de pouvoir mouillant, l'énergie de surface de l'eau est relativement faible (0.07J/m^2) et si on verse de l'eau sur un tissu, celle-ci aura tendance à glisser. Donc si l'on veut que l'eau "mouille" il faudra s'armer d'un savon afin que celui-ci augmente le pouvoir mouillant du liquide.

Au niveau moléculaire, le savon se compose de molécules dites "bipolaires", contenant des ions carboxylates qu'on peut ranger en deux groupes

- celles formées par un groupe polaire hydrophile, c'est le groupe -COO^- porteur d'une charge électrique négative.
- et celles formées par un groupe hydrophobe mais aussi lipophile c'est-à-dire non polaire et soluble aux substances organiques, avec une chaîne carbonée R provenant de l'acide gras et dont le nombre d'atomes de carbone est en général élevé.

Dans la composition du savon, l'huile apporte la partie hydrophobe (ou non polaire) et la soude apporte la partie hydrophile (ou polaire).



Intéressons nous maintenant au mode d'action proprement dit:

On peut dire que le nettoyage des surfaces est permis grâce à deux éléments associés l'un à l'autre:

- le pouvoir mouillant (faible tension superficielle) cf. les bulles, la mousse,
- le pouvoir émulsifiant du savon dans l'eau.

Le savon grâce aux propriétés respectives de ses molécules va agir étape par étape :

1. émulsion entre l'eau, la saleté et le savon
2. fixation du corps gras à l'aide du côté lipophile et des corps aqueux avec le côté hydrophile
3. dissolution des matières grasses
4. élimination des saletés et bactéries avec l'eau de rinçage.

Etant donné le nombre de particules, les molécules de savon s'insinuent entre la peau et les saletés et les décollent, elles font donc office de lien entre l'eau et les diverses salissures, de ce fait le savon a des propriétés détergentes, que la salissure soit grasse ou non, elle sera fixée, décollée puis emportée avec l'eau de rinçage.

Cependant lorsque le savon est en pleine dissolution, il va retirer de l'épiderme les huiles essentielles qui contribue à l'hydratation de la peau par conséquent il assèche celle-ci.

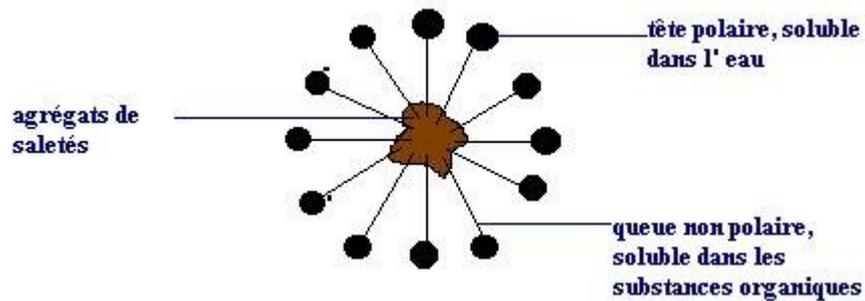
Cet écran met plusieurs heures à se reconstruire. Un savon ne peut donc pas à la fois nettoyer et hydrater!

Savoir que le savon fixe la saleté puis la dissout est intéressant mais la question est de savoir de quelle manière il s'y prend. En fait, lorsque les molécules de savon se retrouvent dans l'eau face à une saleté, elles se comportent de façon spécifique, explication :

Les molécules ont tendance à se placer en structures sphériques : ce sont les micelles. Au centre de celle-ci on trouve la particule de saleté et autour on trouve la partie hydrophobe et lipophile vers l'intérieur attachée sur la salissure et vers l'extérieur l'extrémité hydrophobe.

Lorsqu'on agite l'eau les gouttelettes d'huile ou de graisse s'associent à la partie centrale des micelles, elles y sont en suspension et seront entraînées lors du rinçage.

Voici un petit schéma qui éclaircira mieux cette explication :



Le mode d'action du savon est souvent nommé sous le nom de mécanisme de la détergence .Ce pouvoir du détergent est la résultante d'un ensemble d'actions de la part des agents de surfaces sur les salissures à éliminer.

Si on veut approfondir l'explication, alors on peut s'intéresser à ce qui se passe au niveau des éléments chimiques constituant les molécules de savon :

Il ne se produit que lorsqu' on mouille un support et des salissures, les surfactants se déposent en couches mononucléaires aux interfaces salissure- support bain grâce au détergent (le savon) dont la queue hydrophobe peut adhérer au tissu et à la graisse, on a alors une fragilisation des liaisons support salissure car les têtes hydrophiles ont tendances à se repousser et le mouvement de lavage romps ces liaisons. Les particules de salissures se retrouve alors en suspension dans le bain grâce aux micelles puis elles se dispersent dans le bain, (en général les particules sont négatives du fait de la présence d'éléments tensioactifs anioniques, par conséquent elles se repoussent). Enfin elles partent avec l'eau de rinçage.

Et la mousse, pourquoi est- elle là ?

Les surfactants ou agents de surface sont des substances organiques qui changent les propriétés de l'eau .Ils sont capables de réduire la surface de tension de l'eau, ils peuvent aussi détacher et disperser les saletés dans l'eau. Les surfactants sont classés en 4 catégories :

- anionique (charge négative) Ex: le savon
- non ionique (pas de charge)
- cationique (charge positive)
- amphoténique (positif/négatif)

Le secret des bulles réside justement en ces tensioactifs qui à l'aide d'une tête hydrophile et d'une longue queue hydrophobe créent les forces nécessaires à l'équilibre de la bulle.

Si de l'air barbote dans de l'eau, les bulles formées au sein du liquide crèvent en arrivant à la surface mais si l'eau contient un agent tensioactif, les bulles sont stables et s'amassent pour former une mousse.

En effet lorsqu'on rajoute du savon à l'eau celui-ci a tendance à aller vers la surface afin de baisser l'énergie de surface à une valeur assez faible (0.02J/m^2 au lieu de 0.07J/m^2) pour de l'eau pure.

Mais si on veut faire une bulle plus grande la quantité de savon n'est plus suffisante pour couvrir toute l'eau et conserver l'énergie faible. Par conséquent l'énergie augmente, le système devient instable et il " préfère " se transformer en gouttes de liquides et alors ... la bulle éclate!

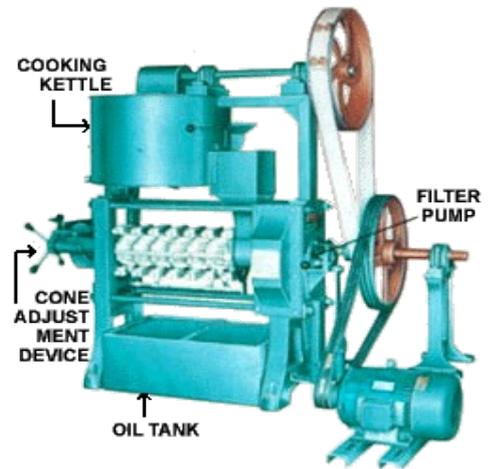
La mousse quand à elle est due à un ensemble de phénomènes physiques:

- la tension superficielle de l'eau d'une part, et les propriétés du savon d'autre part.

En ce qui concerne la formation de la mousse, celle ci va apparaître lorsqu'on amène de l'air à l'intérieur des molécules de savon. Mais voilà maintenant une explication plus scientifique: quand les molécules s'accrochent ensemble sans saleté il se forme une bulle d'air car les extrémités hydrophiles forment une fine surface d'eau et à l'intérieur, l'extrémité hydrophobe des molécules s'accrochent dans l'air. Ceci constitue s'ils sont en grande quantité, la mousse du savon. La mousse sera particulièrement stable dans le cas des savons qui donnent des films suffisamment rigides et résistants.

ANNEXE VII : PRESSES

Presse mécanique industrielle



Presse manuelles bielenberg



LEXIQUES

NaOH : soude caustique

KOH : potasse caustique

PM : poids moléculaire

°C : degré Celcius

°Bé : degré Baumé

Ar : Ariary

mn : minute

VAN : Valeur Actuelle Nette

T : tonne

mm : millimètre

m : mètre

cm : centimètre

km : kilo mètre

Fig. : Figure

PDR : plan de développement régional

P.U : prix unitaire

Kg : kilo gramme

BOA : Bank Of Africa

JIRAMA : Jiro sy Rano Malagasy

°F : degré Farheinet

MECIE : Mise en Compatibilité de l'Investissement avec l'Environnement

Auteur : ANDRIAMANANTENA Tovonony Barison
Titre : Projet de fabrication artisanale de savon à partir de l'huile de jatropha curcas dans la Région d'Itasy
Nombre de pages : 89
Nombre de tableaux : 23
Nombre de figures : 20

R E S U M E

Le jatropha curcas est une plante qui existe déjà longtemps à Madagascar et pousse facilement presque dans toute l'île. Cette plante stimule de plusieurs aspects du développement.

La présente étudie la fabrication de savon à partir de l'huile obtenue par les graines de cette plante par une simple réaction de saponification à l'échelle laboratoire.

Au niveau artisanal le scaling-up ne poserait pas de problème aussi, les données et les résultats acquis au laboratoire ont été utilisés dans le chapitre d'étude de faisabilité technico-économique de production artisanale de savon à partir de l'huile de jatropha curcas.

L'étude de faisabilité technico-économique et environnementale de production artisanale de savon à partir de 100 000 pieds de jatropha curcas nous a permis de constater que le présent projet est rentable.

ABSTRACT

In this work we will be deal with a project concerning the making of artisanal soap from jatropha curcas oil in the region of Itasy.

It will be divided into three chapters.

The first chapter will focus on a bibliographic study of soap and jatropha curcas.

The second chapter will be about an experimental study of jatropha curcas, production of soap.

The third chapter will be concerned with an economic and environmental study of 100, 000 plants of jatropha curcas.

We can easily get soap by a simple reaction of saponification: you just react oil of jatropha with caustic sodium or potassium hydroxide.

On the artisanal level the scaling-up would not set up any problem, data and results got from the laboratory have been used in the technico-economic feasibility survey that soap can result from jatropha curcas oil has been fulfilled.

We have realized a technico-economic and environmental feasibility survey of soap artisanal production from 100,000 plants of jatropha curcas in the region of Itasy.

This work of study has allowed us to conclude that this project is paying.

Mots clés : savon, saponification, huile, Jatropha Curcas, soude caustique, potasse caustique, parfum, eau,

Directeur de mémoire : RAKOTOARISON Simon

Adresse de l'auteur : Lot IG 127 Isotry – ANTANANARIVO - 101

E-mail : barisaona@yahoo.fr