

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : CLIMAT CONVENANT A LA PLANTATION DE CHAQUE ESPECE.....	6
TABLEAU 2 : RENDEMENT D'UNE PLANTE D'ALEURITE EN FONCTION DE L'AGE.....	6
TABLEAU 3 : QUELQUES ACIDES GRAS SATURES IMPORTANTS.....	17
TABLEAU 4 : QUELQUES ACIDES GRAS INSATURES IMPORTANTS.....	18
TABLEAU 5 : RENDEMENT DES DIFFERENTES PARTIES DE LA GRAINE.....	43
TABLEAU 6 : TENEUR EN HUILE DE L'AMANDE A PARTIR D'UNE PRESSE.....	45
TABLEAU 7 : RENDEMENT EN HUILE DE L'AMANDE A PARTIR DU SOXHLET.....	47
TABLEAU 8 : RESULTAT DE LA MACERATION DES TOURTEAUX.....	48
TABLEAU 9 : DENSITE DE L'HUILE.....	50
TABLEAU 10 : RESULTATS DE L'INDICE DE REFRACTION.....	51
TABLEAU 11 : RESULTATS DE L'INDICE D'ACIDE.....	53
TABLEAU 12 : RESULTATS DE L'INDICE DE SAPONIFICATION.....	54
TABLEAU 13 : RESULTATS DE L'ESSAI A FROID AVEC L'HUILE D'ALEURITE.....	56
TABLEAU 14 : RESULTATS DE L'ESSAI A FROID AVEC UN MELANGE D'HUILE D'ALEURITE ET D'HUILE DE COCO ET SANS CHARGE.....	57
TABLEAU 15 : RESULTATS DE L'ESSAI A FROID AVEC UN MELANGE D'HUILE D'ALEURITE ET D'HUILE DE COCO ET AVEC CHARGE.....	58
TABLEAU 16 : RESULTATS DE L'ESSAI PAR PROCEDE MI-CUIT D'HUILE D'ALEURITE SANS CHARGE.....	60
TABLEAU 17 : RESULTATS DE L'ESSAI PAR PROCEDE MI-CUIT D'HUILE D'ALEURITE AVEC CHARGE.....	61
TABLEAU 18 : RESULTATS DE L'ESSAI PAR PROCEDE MI-CUIT AVEC UN MELANGE D'HUILE D'ALEURITE ET D'HUILE DE COCO SANS CHARGE.....	62
TABLEAU 19 : RESULTATS DE L'ESSAI PAR PROCEDE MI-CUIT AVEC UN MELANGE D'HUILE D'ALEURITE ET D'HUILE DE COCO AVEC CHARGE.....	63
TABLEAU 20 : TABLEAU RECAPITULATIF DES DONNEES DEMOGRAPHIQUES AUX COMORES.....	66
TABLEAU 21 : TABLEAU RECAPITULATIF DES DONNEES ECONOMIQUES AUX COMORES.....	67
TABLEAU 22 : TABLEAU RELATIF A LA PLUVIOMETRIE (EN mm) DE LA ZONE D'ETUDE.....	73
TABLEAU 23 : CLIMAT CONVENANT A LA PLANTATION DE CHAQUE ESPECE.....	74
TABLEAU 24 : TABLEAU RECAPITULATIF DES ETABLISSEMENTS SCOLAIRES DE LA VILLE DE MITSAMIOULI.....	76
TABLEAU 25 : TABLEAU RECAPITULATIF DES STRUCTURES D'APPUI A MITSAMIOULI.....	78
TABLEAU 26 : TABLEAU RECAPITULATIF DES LIEUX DE PRIERE A MITSAMIOULI.....	78
TABLEAU 27 : ETAT DES IMPORTATIONS PAR PRINCIPAUX POSTES (EN POURCENTAGE DE LA VALEUR CAF).....	87
TABLEAU 28 : TABLEAU RECAPITULATIF DES COUTS DES APPAREILLAGES.....	88
TABLEAU 29 : TABLEAU RECAPITULATIF DES COUTS DES MATIERES PREMIERES ET DE LEUR TRANSPORT.....	90
TABLEAU 30 : TABLEAU RECAPITULATIF DES MASSES SALARIALES.....	91
TABLEAU 31 : TABLEAU REPRESENTATIF DES COUTS ANNUELS DE L'IMMOBILISATION.....	92

TABLEAU 32 : TABLEAU RECAPITULATIF DES CHARGES FIXES.....	93
TABLEAU 33 : CHIFFRE D’AFFAIRE ANNUEL.....	93
TABLEAU 34 : TABLEAU DU RESULTAT DE L’EXPLOITATION.....	94
TABLEAU 35 : TABLEAU REPRESENTATIF DE L’INVESTISSEMENT GLOBAL.....	95
TABLEAU 36 : TABLEAU PREVISIONNEL DE LA PREMIERE ANNEE.....	96
TABLEAU 37 : TABLEAU DES ANALYSES D’IMPACTS ET DE MESURES D’ATTENUATION.....	98

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Diagramme 1 : Processus d'épuration alcaline.....	I
ANNEXE 2 : Diagramme 2 : Processus de décoloration par la terre.....	II
ANNEXE 3 : Diagramme 3 : Processus de décoloration chimique.....	III
ANNEXE 4 : Equipements de base en savonnerie.....	IV
ANNEXE 5 : Détermination de la teneur en huile de l'albumen.....	V

ACRONYMES

Ar: Ariary.

AG: Acide Gras.

ap. JC : Après Jésus-Christ.

av. JC : Avant Jésus-Christ.

°Bé : Degré Beaumé.

°C: Degré Celsius.

C.-à-d. : C'est-à-dire.

CAF : Capacité d'autofinancement.

CO : Monoxyde de carbone.

d_{20°C} : Densité à 20°C.

D.B.O. : Demande en oxygène biologique.

D.C.O. : Demande en oxygène chimique.

fc: Franc comorien.

g : gramme.

g/kg : gramme par kilo.

HCl : Acide chlorhydrique.

IA : Indice d'acide.

IDH : Indice de Développement humain.

INS: Iodine Number Saponification Value.

IS : Indice de saponification.

IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry.

K₂CO₃ : Carbonate de potassium.

Kg : kilogramme.

Km² : kilomètre carré.

KOH : Hydroxyde de potassium.

l : litre.

m : mètre.

ml : millilitre.

mm : millimètre.

mn : minute.

mOL⁻¹ : mole par litre.

n_D²⁰ : Indice de réfraction.

NaCl : Chlorure de sodium.

Na₂CO₃ : Carbonate de sodium.

NaOH : Hydroxyde de sodium.

p.ex. : par exemple.

PIB : Produit Intérieur Brut.

PNB : Produit National Brut.

p. 100 (%), **p. 1 000 (‰)** : Pour cent, pour mille.

PPN : Produit de première Nécessité.

+/- : Plus ou moins.

RN1 : Route Nationale numéro 1.

t/an : tonne par an.

t/h : tonne par heure.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS
GLOSSAIRE
LISTE DES PHOTOS
LISTE DES FIGURES
LISTE DES TABLEAUX
LISTE DES ANNEXES
ACRONYMES

INTRODUCTION

PARTIE I. ETUDES PRELIMINAIRES

CHAPITRE. I. L'ALEURITE MOLUCCANA
CHAPITRE. II. GENERALITES SUR LE SAVON
CHAPITRE. III. LA REACTION DE SAPONIFICATION
CHAPITRE. IV. EQUIPEMENT POUR LA FABRICATION DU SAVON

PARTIE II. ETUDES EXPERIMENTALES

CHAPITRE. I. ETUDES PRELIMINAIRES DES GRAINES
CHAPITRE. II. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES
CHAPITRE. III. FABRICATION DU SAVON

PARTIE III. ETUDES ECONOMIQUE ET D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

CHAPITRE. I. ANALYSE DE L'ETAT INITIAL ET DE SON ENVIRONNEMENT
CHAPITRE. II. ANALYSE DES EFFETS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT
CHAPITRE. III. LES RAISONS DU CHOIX DU PROJET

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

INTRODUCTION

Les Comores sont un petit Etat à caractère insulaire à mi-chemin entre l'Afrique et Madagascar. Malgré l'importance de sa position géostratégique dans le Canal de Mozambique (passage obligé des pétroliers en provenance du golfe arabe vers l'Europe), les Comores restent toutefois, de par leur insularité, un Etat isolé du reste du monde.

L'histoire de ce pays nous apprend cependant que le commerce y a toujours été prépondérant, ce qui a incontestablement contribué à la survie de ce minuscule archipel dont les 2 034 Km² de superficie ne constituent qu'un peu plus de la 1.287^{ème} partie de Madagascar, son principal port d'attache après Zanzibar. De nos jours, les Comores dépendent encore exclusivement des importations dont le montant s'élevait à 27,27 milliards de francs comoriens (50.061.447 dollars) en 2001, soit 23% du PIB.

Le secteur secondaire ne constitue que moins de 5% des activités du pays malgré les efforts des différents gouvernements qui se succèdent de faire de l'ouverture de marchés et de la libéralisation du commerce un élément majeur de son programme économique. En effet le pays a besoin d'importer tous les biens alimentaires et d'équipements car les rares entreprises créées aux années 80, produisant sur place un certain nombre de produits tels que les tôles, les matelas, les bonbons, le café, les carreaux et le savon pour pouvoir substituer les importations ont fermé, malgré l'adoption d'une loi protégeant la production nationale, fixant une surtaxe de 30% sur les produits similaires importés.

Pourtant, les Comores disposent d'un potentiel naturel relativement riche dont le taux d'endémisme place le pays en deuxième position après Madagascar parmi les îles de l'océan indien. Ce potentiel demeure cependant inexploité au point que, côté flore, certaines plantes se sont vite manifestées par leur envahissement : c'est le cas de l'aleurite moluccana dont il sera question dans ce travail. L'aleurite moluccana est une plante qui pousse à l'état sauvage aux Comores où elle est classée parmi les plantes envahissantes. Sa valorisation s'avère donc d'une importance capitale d'autant plus que l'huile végétale extraite de cette espèce a une importance industrielle énorme : elle entre dans la

composition du vernis, de la peinture, s'utilise dans la lubrification des avions et donne des savons de bonne qualité. C'est dans ce contexte que nous avons choisi ce thème : **« Valorisation de l'aleurite moluccana aux Comores : Projet de mise en place d'une unité de savonnerie à Mitsamiouli (Nord de la Grande Comore) »** afin de contribuer à la lutte contre le problème de l'envahissement engendré aux Comores par Aleurite moluccana d'une part, et d'autre part essayer de contribuer à l'économie du pays par la mise en place d'un projet générateur de travail et de devises. Pour mener à bien ce travail, nous le divisons en trois grandes parties réparties comme suit :

- Une première partie consacrée aux études bibliographiques concernant la plante et ses diverses utilisations ainsi que les généralités sur le savon et la technique de saponification.
- Une deuxième partie qui résume les divers travaux menés en laboratoire ainsi que les résultats obtenus.
- Une troisième et dernière partie qui porte sur les études d'impact environnemental et économiques d'un tel projet.

PREMIÈRE PARTIE :
ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I – L’ALEURITE MOLUCCANA

I.1- Description botanique du genre Aleurite [1]

Les arbres du genre ALEURITES appartiennent à la famille des euphorbiacées et se rangent dans le groupe des jatrophées. Le genre se présente généralement comme un arbre monoïque à rameaux plus ou moins tomenteux. Les feuilles, grandes, alternes, entières ou lobées, à cinq ou sept nervures partant de la base, à pétioles longs, portent deux glandes à la base. Les fruits, à péricarpe épais, indéhiscents ou déhiscents à maturité, sont généralement considérés comme des drupes. Les propriétés toxiques des graines contre-indiquent leur consommation par le bétail mais elles sont utilisées comme insecticide. Ce genre comprend cinq espèces :

- Aleurite Trisperma, originaire des Philippines
- Aleurite Cordata, abondant au Japon
- Aleurite Montana qui existe à l'état spontané en Chine et au Vietnam
- Aleurite Fordii, originaire du sud de la chine
- Aleurite Moluccana, encore appelé Aleurite Triloba, spontané en Nouvelle Calédonie et en Australie, très abondant dans toutes les régions tropicales.

Nous notons cependant que le long de ce travail, toute mention d'aleurite sans précision se rapporte à l'aleurite moluccana dont il est question dans cette étude.

I.2- Classification et noms vernaculaires [1][15]

L'espèce Aleurite Moluccana est connue couramment sous le nom de Bancoul ou Lumbang. Aux Comores, cette espèce s'identifie sous le terme « Mzéti ». A Madagascar, il s'agit du « Bakoly » introduit vers 1840 par la reine RANAVALONA 1^{ère} qui l'utilisait comme essence d'agrément dans son jardin. L'histoire de son introduction aux Comores est peu connue étant donné la pauvreté des études concernant la biodiversité du pays.

Cependant, sa présence très marquée à travers tout le pays, notamment en forêt intermédiaire humide, classe cette plante parmi les plantes qualifiées de hautement envahissantes aux Comores.

Le bancoulier est un arbre atteignant 25 mètres de haut et qui présente une forte ramification. Le noyer de bancoul est un grand arbre au feuillage vert foncé, et à petites fleurs. Originaire de Malaisie et des Iles Pacifiques, il tolère bien la sécheresse et la pollution. Son fruit contient une noix dans une coque dure. Les feuilles sont caduques, grandes, ovales, brièvement lobées.

Les fruits sont drupacés, charnus, subglobuleux, allongés transversalement, de quatre à huit centimètres de diamètre, à coque très dure de trois millimètres d'épaisseur environ. Chaque fruit contient 2 grosses graines dont on extrait l'huile de bancoulier. On les appelle noix de Bancoulier ou noix d'Abrasin. Les graines (noix de bancoulier), grandes, rugueuses, riches en huile, contiennent un principe purgatif.

Photo. 1 : Feuilles à maturité



(Source : internet)

Photo. 2 : Graines et amandes



(Source : auteur)

La systématique de la plante est :

Règne : VEGETAL

Groupe : JATROPHEES

Famille : EUPHORBIACEAE

Genre : ALEURITE

Espèce : ALEURITE MOLUCCANA

I.3 - Mode de culture [1][16]

L'espèce Aleurite Moluccana est plus répandue à l'état sauvage que cultivé dans toutes les régions tropicales. Elle nécessite une pluviométrie assez élevée. Les Aleurites, comme en général les autres membres de la famille des euphorbiacées, ne sont pas très exigeants quant aux sols.

Les Aleurites poussent cependant bien sur les sols légèrement acides. C'est le cas de l'Itasy où les sols sont d'origine basaltique pour la plupart. C'est d'ailleurs probablement pour cette raison que, en Union des Comores, l'Aleurite Moluccana pousse à l'état sauvage dans l'île de Ngazidja (île très basaltique en raison de son activité volcanique) au point qu'il a été classé comme plante envahissante.

Par ailleurs, des essais ont montré que le manque d'azote est un facteur limitatif de la croissance des aleurites et qu'un mélange d'engrais contenant de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse donne le maximum de croissance et de rendement. Il s'avère utile de mentionner qu'une trop forte proportion de phosphate et de chaux dans le sol provoque la mort de la plante.

Cet arbre est plus résistant au froid que sa provenance strictement tropicale ne pourrait le suggérer. Aleurite moluccana est en effet réputé pouvoir résister à de très légers gels brefs, de l'ordre de -2°C, voire très légèrement plus bas. C'est évidemment un arbre qu'il faudra mieux cultiver en région tropicale cependant.

Le tableau 1 ci-après fait état des conditions climatiques favorables à la plantation des arbres du genre aleurite dont l'espèce aleurite moluccana, de leur région de culture à Madagascar, ainsi que de leurs pays d'origine.

Tableau 1 : Climat convenant à la plantation de chaque espèce.

ESPECE	PAYS D'ORIGINE	REGIONS DE CULTURE A MADAGASCAR	CLIMAT FAVORABLE A LA PLANTATION
Aleurite Fordii	Chine	Soavinandriana-Itasy	Subtropical
Aleurite Montana	- Sud de la chine - Indochine	Nanisana (un seul pied)	Subtropical ou tropical
Aleurite Moluccana	- Australie - Malaisie	- Région du Manakara - Région du Sambirano	- Répandu à l'état sauvage que cultivé dans toutes les régions tropicales. - Nécessite une pluviométrie élevée.
Aleurite Cordata	Japon		Tempéré, chaud
Aleurite Trisperma	Philippines		Spontané dans les forêts

(Source : RAKOTONIAINA Jean Marie Bernardin)

I.4 – Rendement [1]

La première fructification de la plante commence vers la troisième ou la quatrième année de plantation. Le rendement, évalué depuis la cinquième année, est représenté dans le tableau 2 ci-après :

Tableau 2 : Rendement d'une plante d'Aleurite en fonction de l'âge.

Age de la plante	Rendement par pied (en kg)	Rendement par hectare (kg)
5	3-4	2400
6	4-5	3000
7	6-8	4800
8	8-10	6000
9	10-12	7000
10	13-14	8000

(Source : RAKOTONIAINA Jean Marie Bernardin)

Comme on le voit, l'Aleurite atteint sa pleine maturité vers sa sixième année et la durée d'exploitation utile est de 30 à 40 ans.

I.5 - Utilisations courantes de l'Aleurite Moluccana et de son huile

[15][16][22]

Aleurite moluccana est cultivé pour sa noix, pouvant être consommée grillée (ces noix contiennent cependant des cyanides, composés cyanurés, la consommation de ces noix, mêmes cuites et grillées, est déconseillée.), mais dont on en extrait principalement une huile utilisée de différentes manières (éclairage, peintures, pharmacopée, ...).

D'autres parties de la plante (feuilles, graines, écorces) sont également utilisées en pharmacopée. L'huile de bancoul est en effet très réputée pour ses propriétés purgatives et laxatives. Cette huile siccative entre aussi dans la fabrication du vernis et de la peinture.

Après extraction de l'huile, le tourteau obtenu peut servir d'engrais ou de nourriture aux animaux (l'alimentation du bétail doit cependant être limitée étant donné la toxicité de la plante). La plante et son huile sont purgatives mais la décoction d'écorce combattrait la dysenterie ; en gargarisme, les angines ; en friction et en application, les feuilles chauffées sont bonnes pour les rhumatismes. La feuille fraîche sur le front élimine le mal de tête.

L'écorce fournit une teinture noire pour tissus. Enfin, comme toute huile, l'huile d'aleurite s'apprête bien à la saponification. Cet intérêt pour la saponification se doit particulièrement aux propriétés de cette huile très émolliente et d'excellente pénétration. Cette huile est aussi réputée pour ses propriétés cosmétiques. En effet, les effets de cette huile sur la peau sont nombreux.

Cette huile est indiquée pour les démangeaisons, les irritations de la peau, les coups de soleil, l'acné rosacée, les eczémas et les psoriasis. Bref, incroyablement pénétrante, cette huile riche en acides gras essentiels (oméga 6) aux vertus régénératrices et réparatrices s'avère être un atout considérable pour la fabrication de savons cosmétiques. L'huile d'aleurite moluccana contient par ailleurs 2% d'acide stéarique, un composé réputé pour ses propriétés nourrissantes et d'apport de douceur et d'onctuosité. Cet élément participe d'ailleurs à la dureté du savon et à la formation d'une mousse crémeuse stable.

CHAPITRE II – GENERALITES SUR LE SAVON

II.1 – Approche historique [2][3][6]

Nous ne connaissons pas exactement le début de cette ancienne industrie mais il est certain que la fabrication du savon est une vieille histoire. Des tableaux d'argile des Sumériens datant d'avant 2000 av. JC décrivant leurs activités, mentionnent déjà l'utilisation d'une sorte de « pâte de savon ».

La longue histoire du savon commence il y a 4.500 ans. Les sumériens fabriquent la recette d'une pâte savonneuse à base de graisse et de carbonate de potassium, un détergent semblable à celui qu'utilisent les Egyptiens pour laver leur linge. Ils l'emploient également comme remède contre les maladies de la peau, mais pas pour la toilette quotidienne.

Les Germains et les Gaulois se servent du savon pour éclaircir et colorer leurs cheveux, et les Romains ne tardent pas à l'adopter. A Rome, la pâte savonneuse venue de Gaule et de Germanie est employée comme remède. Malgré une tradition du bain très développée, c'est seulement à partir du II^{ème} siècle ap. JC que les Romains l'utiliseront pour se laver.

Les Arabes mélangent les cendres de plantes maritimes contenant de la soude (al-qali en arabe) aux corps gras. D'après l'historien Patrick Boulanger, la civilisation arabe a eu l'inspiration d'utiliser les bases et les substances basiques contenues dans les cendres des plantes des littoraux pour les faire entrer dans la composition du savon et en utilisant cette soude naturelle, ils avaient obtenu un savon à la consistance beaucoup plus ferme et qui allait moins se dissoudre dans l'eau pour laver aussi bien les corps que les vêtements. A partir du VII^{ème} siècle, ils utilisent de la chaux cuite pour la fabrication de la lessive, ce qui leur permet d'obtenir des savons plus durs et plus fermes. C'est grâce à eux que l'industrie du savon gagne les côtes méditerranéennes en Espagne, en Italie, et surtout à Marseille. Son port devient le principal centre de transit du savon ainsi que des matières premières et parfums utilisés pour sa fabrication.

Au IX^{ème} siècle, de nombreuses savonneries s'installent dans la cité phocéenne. Elles fabriquent un savon particulièrement doux à base d'huile d'olive et non plus de graisse

animale, vendu sous l'appellation « Savon de Marseille » qui devient bientôt sa marque de fabrique.

En Afrique, la savonnerie était une technologie traditionnelle aux temps précoloniaux. Dans la littérature, il est décrit par exemple qu'au Ghana, avant l'arrivée des Portugais en 1482, les Fanti préparaient du savon à partir de l'huile de palme brute et de la potasse, extraite des cendres de bois. Dans d'autres continents, par exemple en Asie (Inde), la fabrication du savon était également connue aux temps précoloniaux.

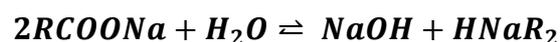
Jusqu'au commencement du XIX^{ème} siècle, la production du savon ne connaît qu'une évolution très lente, sur des bases purement empirique. Un grand progrès fut alors réalisé à la suite de deux découvertes:

- Nicholas Leblanc découvrit en 1787 un procédé de production de la soude caustique par électrolyse du sel ordinaire.
- Quelques années plus tard, Michel Eugène Chevreul entreprit avec succès une recherche sur la constitution des graisses et des huiles. Il démontra que la production de savon était due à une réaction chimique qui impliquait la séparation initiale des acides gras et de la glycérine. Ces découvertes ont fourni au savonnier une source illimitée d'une de ses matières premières de base, la soude caustique. Elles ont aussi placé l'industrie savonnaire à un niveau scientifique, les savonniers étant alors en mesure de connaître la nature de la réaction chimique produisant le savon.

II.2 – Propriétés du savon [2][3][4][5][21]

II.2.1 - Hydrolyse du savon

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 présenter dans sa forme la plus simple par l'équation ci-après :



Savon de soude Eau Soude Sel acide

II.2.2 – Propriétés tensioactives du savon

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

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

II.2.2.1 - Pouvoir mouillant

Il correspond à la faculté d'un objet solide à absorber de l'eau. Ce pouvoir se développe rapidement avec l'augmentation de température pour les combinaisons à longue chaîne à groupe terminal, tandis que les combinaisons à groupe hydrophile interne ont un bon pouvoir mouillant même à température ambiante.

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. Quand les molécules s'accolent 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'accroche 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. Le pouvoir moussant d'un savon dépend également de l'huile ou de la graisse utilisée.

II.2.2.2 - Pouvoir émulsionnant

Il s'agit de la capacité du savon à stabiliser une émulsion de deux liquides non miscibles. L'émulsification consiste donc à fournir une certaine énergie au système pour aboutir à la création d'interfaces entre les deux milieux dans le sens de la formation d'une émulsion. Au cours du temps, le système aura tendance à recouvrir son état stable (deux phases superposées). Le rôle du tensioactif (savon) sera alors de mettre en œuvre un mécanisme de création d'interface permettant ainsi de ralentir au maximum le processus de séparation des phases. Il agit en tant que composé amphiphile en diminuant la tension superficielle entre les deux liquides de l'émulsion.

II.2.2.3 - Pouvoir dispersant

Il s'agit de la capacité du savon à fixer les particules hydrophobes contenues dans une solution hydrophile (eau, par exemple), ce qui permet d'obtenir des dispersions, c'est-à-dire une solution aqueuse contenant des matières en suspension. Cette propriété permet au savon de regrouper les particules solides en une grande partie tout en maintenant leur homogénéité dans la solution.

II.2.2.4 - Pouvoir détergent

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

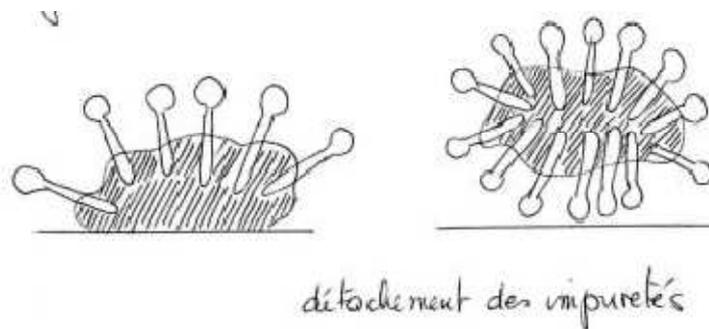
1. émulsion entre l'eau, la saleté et le savon.
2. Fixation du corps gras à l'aide du côté lipophile et des corps aqueux avec le côté hydrophile.
3. dissolution des matières grasses.
4. élimination des saletés et bactéries avec l'eau de rinçage.

Etant donné le nombre de particules, les molécules de savon s'insèrent 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. Ainsi donc, 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 contribuent 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. En fait lorsque les molécules de savon se retrouvent dans l'eau face à une saleté, les molécules ont tendance à se placer en structures sphériques: ce sont les micelles. Au centre de celles-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.

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 expliquer ce qui se passe en approfondissant, alors on peut s'intéresser à ce qui se passe au niveau des éléments chimiques constituant les molécules de savon : En fait, ce qui se produit, c'est 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 tendance à se repousser et le mouvement de lavage rompt ces liaisons. Les particules de salissure se retrouvent 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.

Fig. 1 : Schéma de détachement d'impuretés d'un savon



(Source : Lisette Caubergs)

La littérature donne les valeurs suivantes quant aux propriétés du savon à base d'aleurite (les valeurs usuelles sont entre-parenthèse) :

- Dureté : 8 (36 à 50) ;
- Pouvoir détergent : 0 (14 à 22) ;
- Pouvoir émoullient : 91 (45 à 80) ;
- Mousse à bulles, légère et instable : 0 (14 à 33) ;
- Mousse crémeuse et stable : 8 (16 à 35).

II.3 – Aspect écologique du savon [2]

Malgré le fait que le savon n'est pas disponible dans la nature en tant que tel, il s'agit d'un produit naturel parce qu'une fois évacué dans la nature, il se décompose facilement. L'utilisation de savon pour l'usage domestique a comme grand avantage qu'il est moins nocif pour le milieu naturel que les poudres à laver et les détergents synthétiques modernes. Les poudres à laver contiennent une grande quantité de phosphates. Ceux-ci facilitent la croissance des algues, qui causent à leur tour un manque d'oxygène dans l'eau de sorte que les poissons et d'autres organismes aquatiques en meurent.

Les détergents, de leur côté, sont faits à partir des acides gras et d'acide sulfurique. Ils sont difficilement détruits et restent longtemps actifs. Les poissons supportent 350 fois plus de savon que de détergents. Ces derniers augmentent la perméabilité de la peau des poissons ce qui fait qu'ils absorbent d'autres produits polluants. Ainsi, un poisson dans l'eau

qui contient 1 ppm (part per million) de détergent, meurt dans 100 heures. La décomposition de produits doit être mesurée dans le temps. Elle est exprimée en « Demande en Oxygène Biologique » (D.B.O.) et Demande en Oxygène Chimique (D.C.O.). Le D.B.O. représente la décomposition en acides gras et en glycérine; la D.C.O. représente la décomposition en eau, CO et minérales.

II.4 - Les types de savon [6]

II.4.1 - Le savon dur

Un savon dur est produit à partir de la soude caustique et (un mélange) des corps gras. En principe chaque huile peut être utilisée dans la fabrication du savon dur mais la nature et les caractéristiques des huiles vont déterminer dans quel pourcentage les huiles devront être utilisées.

Dans la gamme du savon dur, nous distinguons le savon de lessive et le savon de toilette. Un savon de toilette est un savon qui est très doux pour la peau, qui la nettoie bien et qui mousse facilement. Un savon de toilette ne devrait pas contenir plus que 14 % d'eau. Un savon de lessive par contre peut contenir environ 28 % d'eau. Un savon de toilette de qualité nécessite l'application du procédé par ébullition complète et avec l'implication de machines (broyeur, boudineuse, estampeuse, etc.) pour le finissage du produit.

Cependant, il y a des entreprises qui font un genre de savon de toilette à partir du procédé à froid ou à partir du procédé par semi-ébullition et l'implication d'une boudineuse. Le savon de lessive est préparé généralement avec le procédé froid ou mi-chaud. Il doit avoir un bon pouvoir détergent et ne pas contenir d'alcali libre pour ne pas abîmer les vêtements.

II.4.2 - Le savon mou

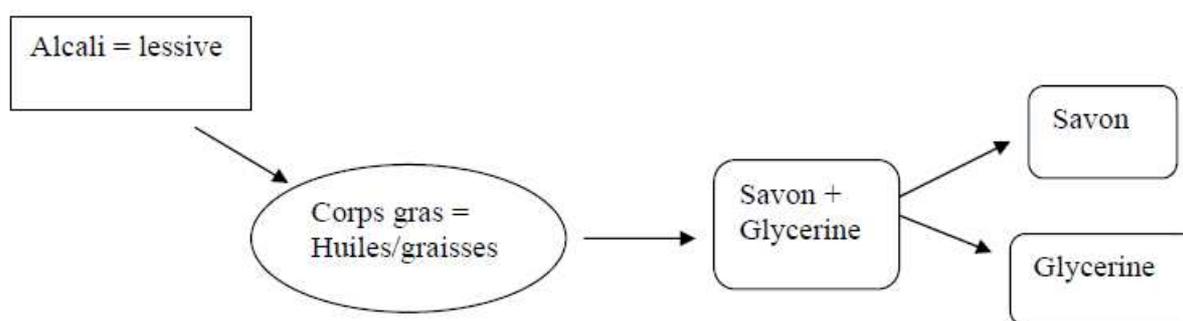
Un savon mou et liquide est produit à partir de l'hydroxyde de potassium et un mélange de corps gras. Les huiles avec un coefficient INS réduit sont indiquées dans cette fabrication. Le procédé mi-chaud est généralement utilisé pour ce type de fabrication.

CHAPITRE III – LA REACTION DE SAPONIFICATION

III.1 – La technique de saponification [2][4][5][7][8][9][10]

La saponification est, dans le cadre général, une réaction chimique transformant un ester en un ion carboxylate et un alcool. Il s'agit en fait de l'hydrolyse en milieu basique d'un ester.

Une autre définition de la saponification est la suivante : La saponification est définie comme la réaction entre un alcali (la lessive) et un corps gras (huile ou graisse). Les composés formés sont le savon et la glycérine.



La saponification est une réaction lente mais totale. C'est une réaction exothermique. Il existe plusieurs procédés de saponification qui seront étudiés dans ce chapitre.

III.1.1- Les matières premières

Les matières premières essentielles pour la fabrication de savon sont :

- Les corps gras
- Les alcalis ou lessives
- L'eau

L'adjonction de sel, colorant ou charges est possible mais pas indispensable.

III.1.1.1 - Graisses et huiles

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

♣ Types de corps gras et leur composition

Les lipides constituent la matière grasse des êtres vivants. Ce sont des petites molécules principalement constituées de carbone, d'hydrogène et d'oxygène et ayant une densité inférieure à l'eau. Ils peuvent être à l'état solide (cires) ou à l'état liquide (huiles).

Les lipides proviennent en totalité ou en partie, de condensations de thioesters basées sur des carbanions et/ou de condensations d'unités isoprène basées sur des carbocations. Ceci fait référence à la manière dont les êtres vivants synthétisent les lipides. Il existe plusieurs voies de synthèses qui peuvent se regrouper en deux catégories selon que la base utilisée est un thioester ou un isoprène. Cependant, une définition unique d'un lipide reconnue par la communauté scientifique n'existe pas encore étant donné le caractère complexe et varié de l'ensemble des molécules que forment les lipides.

Les acides gras sont des acides carboxyliques caractérisés par une répétition de groupements méthylène ($-CH_2-$) formant une chaîne carbonée généralement constituée d'un nombre pair d'atomes de carbone, ce qui leur confère un caractère hydrophobe. Les acides gras sont les constituants majoritaires entrant dans la composition des corps gras. Ils sont sous forme combinée avec les glycérols (notamment les triglycérides) et sont rarement trouvés à l'état libre dans le règne vivant. C'est pour cela d'ailleurs que la classification de l'IUPAC les classe dans la catégorie des lipides.

- Les acides gras saturés :

On distingue dans cette catégorie, selon le nombre de carbone constitutif de la chaîne gras, la série dite butylique, les acides gras vrais et les acides gras cireux. Les acides gras les plus courants de cette classe sont représentés dans le tableau numéro 3.

Tableau 3 : Quelques acides gras saturés importants

ACIDES GRAS SATURES	NOMBRE D'ATOMES DE CARBONE	NOMENCLATURE	NOM
SERIE 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
	12	Acide dodécanoïque	Acide laurique
ACIDES GRAS VRAIS	14	Acide tétradécanoïque	Acide myristique
	16	Acide hexadécanoïque	Acide palmitique*
	18	Acide octodécanoïque	Acide stéarique*
	20	Acide licosanoïque	Acide arachidique
	22	Acide docosènoïque	Acide behinique
ACIDES GRAS CIREUX	24	Acide lignocérique	Acide lignocérique
	26	Acide cérolique	Acide cérolique

(Source : ANDRIAMANANTENA Tovonony Barison)

- **Les acides gras insaturés :**

Ils dérivent des acides gras à chaîne linéaire. Les acides gras les plus courants de cette classe sont résumés dans le tableau numéro 4.

Tableau 4 : Quelques acides gras insaturés importants

NOMBRE D'ATOMES DE CARBONE ET CONFIGURATION	POSITION DES INSATURATIONS	NOMENCLATURE	NOM
12 Cis	9	9Z - acide dodécanoïque	Acide lauréoleïque
14 Cis	9	9Z - acide tétradécanoïque	Acide myristoleïque
16 Cis	9	9Z - acide hexadécanoïque	Acide palmitoleïque
18 Cis	9	9Z - acide octadécanoïque	Acide oléique*
18 Cis	9, 12	9Z, 12Z – acide octadécadiénoïque	Acide linoléique*
18 Cis	2, 12, 15	9Z, 12Z, 15Z – acide octadécatriénoïque	Acide linoléique*
19 Cis	6	9Z – acide nonadécanoïque	Acide pétrosélinique
20 Cis	6	9Z – acide licosanoïque	Acide gadoléique
22 Cis	13	13Z – acide docosénoïque	Acide eurique

(Source : ANDRIAMANANTENA Tovonony Barison)

Dans les huiles et matières grasses végétales, on rencontre essentiellement 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.

- Les éicosanoïdes :

Ce sont des acides gras insaturés formés à partir de l'acide 5Z, 8Z, 11Z, 14Z – éicosatétraénoïque, plus communément appelé acide arachidonique. Cet acide possède 20 atomes de carbones et 4 insaturations (4 doubles liaisons).

En ce qui concerne l'huile d'aleurite, sa composition chimique est la suivante :

- Acide oléique (ou oméga 9) : 20 %} AG mono-insaturé ;
- Acide linoléique (oméga 6) : 42 %} AG polyinsaturé ;

- Acide linoléique (oméga 3, ou acide alpha-linolénique) : 29 %} AG polyinsaturé ;
- Acide palmitique : 6 %} AG saturé ;
- Acide stéarique : 2 %} AG saturé.

Au niveau des huiles nous distinguons trois classes :

- les huiles et graisses non-volatiles ;
- les huiles minérales ;
- les huiles éthériques.

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) ;
- les plantes et arbres non cultivées (p.ex. neem, aleurite).

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

Sur base de la composition d'acides gras, nous distinguons trois grandes catégories de corps gras en savonnerie :

- **Les huiles de noix**

Elles contiennent une proportion importante d'acide laurique. Les deux huiles de cette catégorie importantes pour la savonnerie sont le coco (coprah) et l'huile palmiste. Elles sont plus aptes au procédé froid et se saponifient facilement avec des lessives fortes (30 à 40 °Bé). Ces huiles ont comme caractéristique spécifique qu'elles produisent facilement de la mousse. Cependant, ces deux huiles, mais surtout l'huile de coco, rendent la peau rude. Alors ces huiles sont le plus souvent mélangées à

d'autres huiles mais à des quantités limitées (de 10 à 20 %), d'une part pour s'assurer de la mousse et d'autre part pour ne pas nuire la peau.

- **Les graisses dures**

Elles renferment des quantités importantes d'acides palmitique et stéarique. Les graisses dures intéressantes pour la savonnerie sont l'huile de palme et les graisses animales (le suif du bœuf, mouton et le saindoux des porcs). Ces graisses sont également agents producteurs de mousse. En comparaison avec les huiles de noix, la mousse se forme plus lentement mais elle est plus stable. La saponification des graisses dures demande de solutions de lessives moins fortes au début du processus (10 à 15 °Bé); après une lessive plus forte peut être utilisée. (25° à 30 °Bé).

- **Les huiles douces**

Elles renferment des quantités appréciables d'acides non-saturés : acide oléique et acide linoléique. Les huiles douces connues dans la savonnerie sont l'huile de soja, l'huile d'arachide, l'huile de coton, l'huile de ricin, l'huile d'olive et l'huile de lin. Elles sont mélangées avec les huiles de noix pour la production de savons durs. Ces savons moussent facilement, possèdent de bonnes qualités détersives et sont facilement solubles dans l'eau. Etant donné leur composition chimique (majoritaire en acides linoléique et oléique), on pourrait être amené à classer les huiles d'aleurite dans cette catégorie.

♣ **Prétraitement des corps gras**

Pour produire un savon de qualité, il est indispensable d'utiliser des corps gras de qualité également, c.-à-d. qui ne contiennent pas d'impuretés, qui ne sont pas trop acides, qui n'ont pas d'odeur ni de couleur intense. Normalement les huiles fraîches ne contiennent pas (beaucoup) d'acides gras libres. Cependant, pendant le stockage des produits oléagineux, une décomposition légère et progressive des triglycérides se manifeste et fait accroître le taux d'acides gras libres dans les huiles. On dit que l'huile devient rance. Pour y remédier, on procède à l'épuration puis à la décoloration de l'huile.

❖ Epuration des corps gras

Deux méthodes sont généralement utilisées pour l'épuration des corps gras :

- Epuration à l'eau :

Une méthode simple de purification et de désodorisation est de mélanger l'huile avec de l'eau et de faire bouillir ce mélange pour quelques heures : 1 volume de corps gras avec $\frac{1}{2}$ volume d'eau.

Dans la littérature est indiqué un temps d'ébullition de 4 à 6 heures. Cependant, il faut le déterminer surtout par expérimentation, sur base de l'état de l'huile et sur base du jugement de l'investissement en énergie par rapport au résultat souhaité.

Au mélange bouillant, on peut 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 30 min. Après le processus d'épuration, l'huile et l'eau sont séparées par décantation ou par siphonage.

- Epuration alcaline :

Au cours de ce processus, les acides gras libres entrent en réaction avec une solution faible de soude caustique pour former la matière première d'un savon qui, à son tour, absorbe les couleurs, les odeurs et les impuretés de l'huile.

Au premier stade de l'épuration, la détermination de la quantité d'acides gras de l'huile est nécessaire pour permettre de fixer la quantité de soude nécessaire à l'épuration. Un taux d'acides gras libres de 0,6% implique par exemple que l'on doit neutraliser 0,6kg d'acides gras pour 100kg d'huile.

Le procédé d'épuration alcaline implique un chauffage de l'huile dans un chaudron adapté à environ 32°C. L'huile est brassée, pendant qu'une solution caustique à 20°Bé est répandue par aspiration à la surface. Quelques minutes après l'addition de la solution, des caillots bruns ou foncés, qui sont des acides saponifiés et des impuretés gélatineuses, se forment dans l'huile pendant qu'on la remue. Ensuite, l'huile est chauffée jusqu'à 50°C et on cesse l'agitation. On la laisse refroidir pendant

une nuit après laquelle l'huile épurée est siphonnée au moyen d'un tuyau extracteur mobile. Le processus est résumé dans le diagramme en annexe 1.

❖ **Décoloration des corps gras**

La décoloration des corps gras se fait généralement par trois méthodes :

- **Décoloration par la terre :**

Par cette méthode, l'huile clarifiée que l'on doit décolorer est chauffée jusqu'à 100°C. On ajoute ensuite 4% de terre à foulon et une petite quantité de charbon actif. On la remue lentement pendant 15 à 20 minutes pour maintenir le décolorant en suspension. Puis l'huile et le décolorant sont filtrés sous pression. Une autre solution consiste à laisser refroidir l'huile pendant une nuit pour la laisser décanter jusqu'à ce que les agents de décoloration soient déposés à la base du chaudron. Le processus est résumé dans le diagramme en annexe 2.

- **Décoloration par l'air :**

Cette méthode est la plus utilisée en milieu rural. Dans ce procédé, on chauffe de l'huile clarifiée jusqu'à 200-250°C dans un chaudron ouvert pendant 4 à 6 heures, selon la quantité d'huile à traiter. Au cours du chauffage, l'huile s'oxyde et la couleur rouge disparaît rapidement. Pendant le processus l'huile devient de plus en plus foncée et des vapeurs désagréables sont évacuées.

- **Décoloration chimique :**

En général, cette méthode s'applique dans la décoloration de l'huile de palme et des autres huiles foncées. La méthode dite « au bichromate » implique la dissolution d'une quantité de bichromate de potassium dans de l'eau chaude et l'addition de la solution obtenue à l'huile pure et clarifiée, préalablement chauffée à 52°C. On ajoute ensuite à l'huile de l'acide sulfurique dilué avec une bonne agitation. La couleur rouge vif de l'huile se transforme petit à petit en couleur verte, et après quelques minutes d'agitation, on laisse refroidir l'huile. Ensuite, on décante le liquide jaune de chrome déposé à la base du chaudron et sur lequel repose l'huile décolorée. Puis, on lave l'huile (sans nouveau chauffage) avec de l'eau chaude contenant du sel

ordinaire pour enlever toutes les traces de liquide de chrome qui s'y trouveraient. Pour chaque tonne d'huile, on utilise 10 à 12kg de bichromate de potassium et 20 à 27 kg d'acide sulfurique dilué. Durant le processus, faire attention de ne pas dépasser la température de 52°C sinon l'huile résultante ne produira que du savon de couleur brune (Annexe 3).

♣ **Choix et mélange des corps gras**

Chaque corps gras a ses propres caractéristiques ou propriétés physiques qui sont déterminées par les poids moléculaires de leurs acides gras. Ces caractéristiques déterminent à leur tour en grande partie, les caractéristiques du savon, notamment le pouvoir moussant, le pouvoir détergent, l'effet sur la peau, la consistance, la solubilité dans l'eau, la stabilité de la mousse. Avec l'accroissement du poids moléculaire on peut noter :

- un accroissement de la solubilité du savon ;
- une amélioration du pouvoir moussant jusqu'à l'acide laurique, après cet acide gras on constate une diminution ;
- une amélioration de la stabilité de la mousse ;
- une diminution du pouvoir détergent ;
- une action plus douce sur la peau ;
- une diminution de la capacité de fixer des charges comme le silicate de sodium.

L'art du maître savonnier consiste donc à mélanger différents corps gras afin d'obtenir un savon aux propriétés désirées. Pour un savon de lessive, il faut prévoir des huiles qui ont un bon pouvoir détergent et une mousse qui est assez stable. Pour un savon de toilette, il faut que l'effet sur la peau soit doux. Il existe quelques indices qui caractérisent les corps gras et qui sont utiles à connaître dans l'objectif de faire la composition « idéale » de corps gras.

♣ Caractéristiques physico-chimiques des corps gras

Caractéristiques physiques

• Densité

C'est le rapport du poids d'un certain volume d'échantillon à une température t au poids du même volume d'eau à une température standard. La densité des huiles végétales varie de 0,915 à 0,964 et celle des corps gras animaux de 0,866 à 0,983.

Pour les huiles siccatives : $0,92 \leq d \leq 0,93$

Pour les huiles non siccatives : $0,913 \leq d \leq 0,92$

La densité se mesure de plusieurs façons :

- Soit à l'aide d'un densimètre (aréomètre) ;
- Soit à l'aide d'un pycnomètre et une balance de précision selon la norme NF ISO 6883.

• Indice de réfraction

L'indice de réfraction d'un milieu est le rapport du sinus de l'angle d'incidence T_i d'un rayon lumineux dans l'air au sinus de l'angle de réfraction T_r du rayon réfracté dans le milieu considéré. La longueur d'onde considérée est celle des raies D de sodium et la température de référence est de 20°C. Toutefois, si la valeur de l'indice de réfraction est obtenue à une température T_1 autre que 20°C, on peut transcrire cette valeur à la température de référence selon la relation :

$$- n_D^{20} = n_D^{T_1} + 0,00035(T_1 - 20) \text{ si } T_1 > 20^\circ\text{C}$$

$$- n_D^{20} = n_D^{T_1} - 0,00035(T_1 - 20) \text{ si } T_1 < 20^\circ\text{C}$$

C'est une propriété physique des liquides qui permet, par une simple mesure, de vérifier leur pureté. Il dérive du fait que la vitesse de la lumière varie lorsque le rayon lumineux traverse un liquide. L'indice de réfraction varie avec la température de mesure. Il augmente quand la température baisse. Il est fonction de la longueur d'onde de la lumière

utilisée. Il est désigné par n et se mesure au moyen d'un réfractomètre. Le réfractomètre le plus utilisé est le réfractomètre d'ABBE.

L'indice de réfraction peut constituer une indication sur l'insaturation des acides gras de l'huile.

Pour les huiles siccatives : $1,48 < n < 1,523$

Pour les huiles semi-siccatives : $1,47 < n < 1,48$

Pour les huiles non siccatives : $1,468 < n < 1,47$

Caractéristiques chimiques

- **Indice d'acide**

L'indice d'acide d'un corps gras est la quantité de potasse en mg nécessaire pour neutraliser son acidité libre. Comme la teneur en acides libres des corps gras augmente avec le temps, l'indice d'acide constitue donc un outil qui permet d'apprécier l'état de détérioration de ces corps gras. Ce paramètre chimique est déterminé par un dosage en retour qui consiste à faire réagir le corps gras avec un excès de potasse alcoolique de titre connu puis à doser l'excès de potasse par une solution d'acide chlorhydrique.

- **Indice de saponification**

L'indice de saponification correspond à la masse de potasse en mg nécessaire pour neutraliser les acides gras libres et pour saponifier les acides gras combinés dans un gramme de corps gras. Le principe consiste en un dosage en retour qui consiste à faire réagir à chaud une solution d'acide gras avec un excès de potasse puis à doser cet excès par une solution d'acide chlorhydrique. En effet, si l'on porte en ébullition un corps gras en présence de potasse, les acides gras se saponifient : la potasse réagit avec les acides gras libérés pour former du savon. Cette opération se déroule selon l'équation générale :

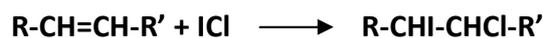


Plus élevé l'indice de saponification, meilleure est la transformation en savon. Pour connaître la quantité en soude caustique (hydroxyde de sodium) il faut multiplier l'indice de saponification par 0,715. En ce qui concerne l'huile d'aleurite, cet indice est de :

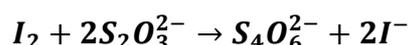
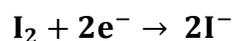
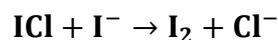
- Avec la soude (NaOH) : 135
- Avec la potasse (KOH) : 189

- **Indice d'iode**

L'indice d'iode d'un lipide est le nombre de gramme d'iode réagissant avec 100g d'huile. Le principe consiste à effectuer une réaction d'addition de l'iode sur les sites insaturés (doubles liaisons surtout) présents dans les chaînes d'acides gras des huiles. Plus l'indice d'iode est élevé, plus l'huile est insaturée. Le réactif de Wijs est le plus utilisé dans cette réaction. Il s'agit d'une solution de monochlorure d'iode (ICl), composé plus réactif que le diiode mais strictement équivalent à celui-ci au point de vue du nombre de moles fixées sur les doubles liaisons. Mis en excès connu, ICl se fixe sur les doubles liaisons du corps gras selon l'équation :



La mesure de l'indice d'iode consiste à faire réagir l'excès de réactif qui est resté en solution avec de l'iodure de potassium puis à doser le diiode libéré suite à cette réaction avec une solution de titre connu de thiosulfate de sodium, en présence d'empois d'amidon et de déterminer la quantité de diiode ayant saturé les doubles liaisons par comparaison avec une réaction identique mais sans acide gras. Ces opérations se font suivant les équations :



Cette mesure peut se faire suivant divers protocoles dont la méthode de Wijs et la méthode de Von HUBL entre autres. Combiné à d'autres caractéristiques, l'indice d'iode présente un intérêt pour l'identification d'un acide gras. Plus l'indice est élevé, plus est élevée la proportion de ces acides et plus le savon sera mou.

Cependant, 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 gras non-saturés présents dans le mélange. Pour cela, il est plus indiqué de combiner les deux indices, c.-à-d. d'utiliser le facteur INS pour trouver de bons mélanges. Les études ont donné un indice d'iode avoisinant 168 pour l'huile d'aleurite.

- **Coefficient INS**

Le coefficient INS s'obtient en ôtant l'indice d'iode de l'indice de saponification du corps gras concerné. On l'emploie pour constituer le mélange des corps gras et pour estimer la qualité du savon que donnera ce mélange de corps gras. Le coefficient INS varie de 15 à 250 pour les corps gras aptes à la savonnerie. En général, avec un accroissement du coefficient d'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.

Afin d'obtenir un savon qui répond aux exigences suivantes :

- avoir une bonne couleur, une apparence brillante, et sans mauvaise odeur ;
- avoir une consistance moyennement dure, produire facilement de la mousse qui est assez stable.

Pour trouver la bonne composition de corps gras, répondant à toutes ces exigences il est indiqué de trouver un coefficient INS autour de 146. L'huile d'aleurite a un coefficient INS égal à 24.

III.1.1.2 – Lessives

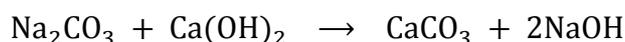
Nous distinguons généralement deux sortes de lessives ou alcalis utilisés en savonnerie : l'hydroxyde de sodium et l'hydroxyde de potassium.

♣ Hydroxyde de sodium (soude caustique)

La soude caustique (NaOH) est la lessive la plus employée. Les savons qui sont obtenus par réaction de la soude caustique sur des corps gras sont des savons "durs". Elle se présente sous forme d'un solide d'apparence crémeuse et de structure fibreuse. Sur le marché, la soude caustique est vendue sous forme de blocs solides, de paillettes, de poudre et de liquide. Pour de grandes quantités, il est plus économique de l'acheter sous forme de blocs dans des tonneaux (min. 25 kg).

❖ Production

La production de la soude se fait selon un procédé chimique ou selon un procédé électrochimique. Dans l'industrie, la soude caustique est obtenue par l'électrolyse de chlorure de sodium (NaCl). La soude peut aussi être préparée artisanalement à partir du carbonate de sodium (Na₂CO₃) et de la chaux éteinte. La préparation se fait selon la réaction :



❖ Propriétés

La soude caustique est un produit hygroscopique, c.-à-d. qu'il attire facilement de l'eau à l'air libre et il réagit avec le gaz carbonique de l'atmosphère pour former du carbonate de sodium. La soude caustique attaque la peau et est corrosive pour les récipients en aluminium.

❖ Manipulation et sécurité

La soude caustique est un produit caustique qui attaque la peau, les yeux et les vêtements. Pour dissoudre la soude dans l'eau, il faut veiller à ce qu'on mette toujours l'hydroxyde de soude dans l'eau et pas le contraire. Il est indispensable de porter des gants et des lunettes et si disponible, un masque au moment de la préparation de la solution. On peut aussi utiliser des tissus imbibés d'eau que l'on recouvre autour de l'ensemble bouche-nez. S'il y a contact avec la soude, d'abord rincer à l'eau, ensuite avec du jus de citron. La soude est corrosive pour les récipients en aluminium. Il est donc à éviter de produire du savon dans une casserole en aluminium.

♣ Hydroxyde de potassium (potasse caustique)

L'hydroxyde de potassium (KOH) ou la potasse caustique est également un alcali qui, en réaction avec des corps gras, donne du savon mou qui est plus soluble dans l'eau que les savons durs de soude. Cette lessive est surtout utilisée dans la fabrication des savons liquides et des shampoings.

❖ Production

Le KOH peut être importé ou produit localement. Le potassium est un élément très répandu dans la nature. Les arbres et les plantes ont la propriété d'assimiler du sol, le potassium en assez grande quantité. Les cendres des plantes contiennent le potassium qui peut être "lessivé" avec de l'eau bouillante. Le produit obtenu par lessivage est le carbonate de potassium (K_2CO_3), une lessive faible qui peut être transformée en lessive forte, notamment l'hydroxyde de potassium. Cette réaction se fait de nouveau en utilisant de la chaux éteinte.

❖ Propriétés

La potasse caustique possède des propriétés chimiques semblables à celles de la soude. Toutefois, elle provoque une réaction chimique plus forte que la soude.

❖ Manipulation et sécurité

Comme l'hydroxyde de potassium est un produit caustique au même titre que l'hydroxyde de soude, les mêmes précautions doivent être prises.

III.1.1.3 - Autres matières premières

♣ Eau

L'eau est le milieu dans lequel se fait la réaction entre le corps gras et la lessive. La saponification nécessite l'eau douce (eau de pluie) parce que l'eau dure contient les ions de calcium et de magnésium qui vont réagir avec le savon et qui l'empêcheront d'agir comme agent détergent. Pour adoucir l'eau il suffit d'y ajouter une petite quantité de lessive concentrée (4ml par litre), de bien mélanger et laisser reposer le mélange pendant 1 à 2

jours. Les ions formeront des particules insolubles dans l'eau qui peuvent être filtrés et ainsi éliminés.

♣ 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 catalysateurs. Ils sont ajoutés à la fin de la préparation en petites quantités (silicate de sodium 25 g/kg d'huile-carbonate 2,5g/kg).

♣ Charges

On emploie les charges pour augmenter le poids du savon sans en modifier le pouvoir détersif. Elles augmentent le volume du savon et en abaissent, en conséquence, le coût de production. Les produits de charge les plus utilisés sont le kaolin, l'argile, le talc, l'amidon, le sel ordinaire, le calcaire, la craie et le carbonate de magnésium. Les charges sont des produits utilisés dans la fabrication de savon dans l'objectif unique d'augmenter leur poids. Ils n'améliorent donc pas la qualité du savon. Le silicate de sodium par contre, est également un produit de charge mais qui joue en même temps le rôle d'antioxydant, qui améliore l'aspect lisse, la cohésion, la transparence et la fermeté du savon.

♣ Sel

Le sel de cuisine (NaCl) est utilisé dans la méthode chaude (ébullition complète) pour séparer le savon de l'excédent de lessive et des eaux contenant la glycérine. Ce processus qu'on appelle le « relargage » permet d'obtenir un savon pur qui est surtout destiné à la fabrication du savon de toilette. 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 car ces derniers peuvent détériorer le savon et y introduire des impuretés sous forme de savons insolubles.

♣ Colorants

Il n'est pas indispensable de colorer le 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.

♣ Parfums

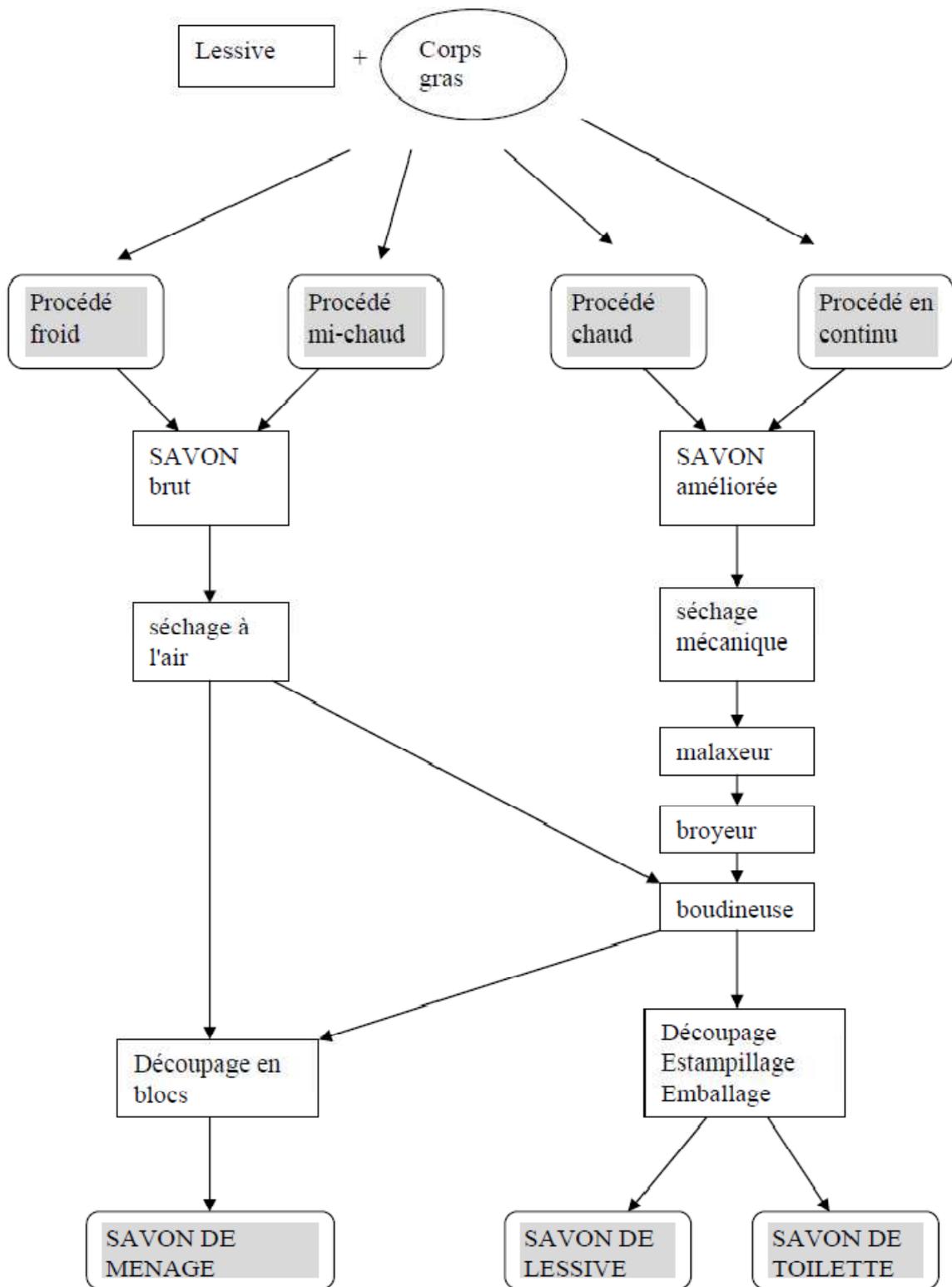
Le parfum permet d'éliminer les mauvaises odeurs susceptibles de persister dans le savon malgré un traitement adéquat des matières grasses. Cependant, il faut noter que tous les parfums ne sont pas appropriés en savonnerie. Quelques parfums synthétiques et huiles essentielles telles que l'huile de girofle ou la vanilline donnent un aspect foncé au savon lors de sa conservation et d'autres le décomposent carrément. L'essence de romarin et celle de citronnelle sont par contre très appropriées. Les parfums sont ajoutés à la fin de la préparation à faible température car ils se volatilisent à températures élevées.

D'autres matières premières peuvent être utilisées à volonté dans le but de rehausser les propriétés tensioactives du savon. Les plus courants sont : l'acide sulfonique, le silicate de soude et le carbonate de soude.

III.1.2- Les différentes méthodes

Il existe plusieurs méthodes permettant de mener à bien la réaction de saponification en fonction du type de savon que l'on se fixe d'obtenir. La figure 4 met en corrélation ces méthodes avec les types de savon obtenus :

Fig. 2 : Schéma de corrélation des procédés utilisés en savonnerie avec les types de savon obtenus



(Source : Lisette Caubergs)

III.1.2.1 - Procédé continu

Ce procédé est uniquement applicable au niveau industriel. Il a pour base un système de pompes doseuses qui alimentent, en continu, le réacteur de saponification en matières premières (corps gras, lessive, eau, etc.) Cette étape est suivie d'un lavage à contre-courant et d'une séparation (par centrifugation) du savon nègre (partiellement recyclé) et du savon lisse. Ces procédés sont le plus souvent entièrement automatisés et font appel à des techniques de vaporisation, d'empâtage et autres, dans un réacteur approprié. Les procédés continus apportent rapidité de cycle de production (quelques heures), gain de place et d'énergie, diminution des pertes et limitation des besoins en personnel qualifié. Il faut une production de 1t/h (>6.000 t/an) pour que l'opération soit rentable.

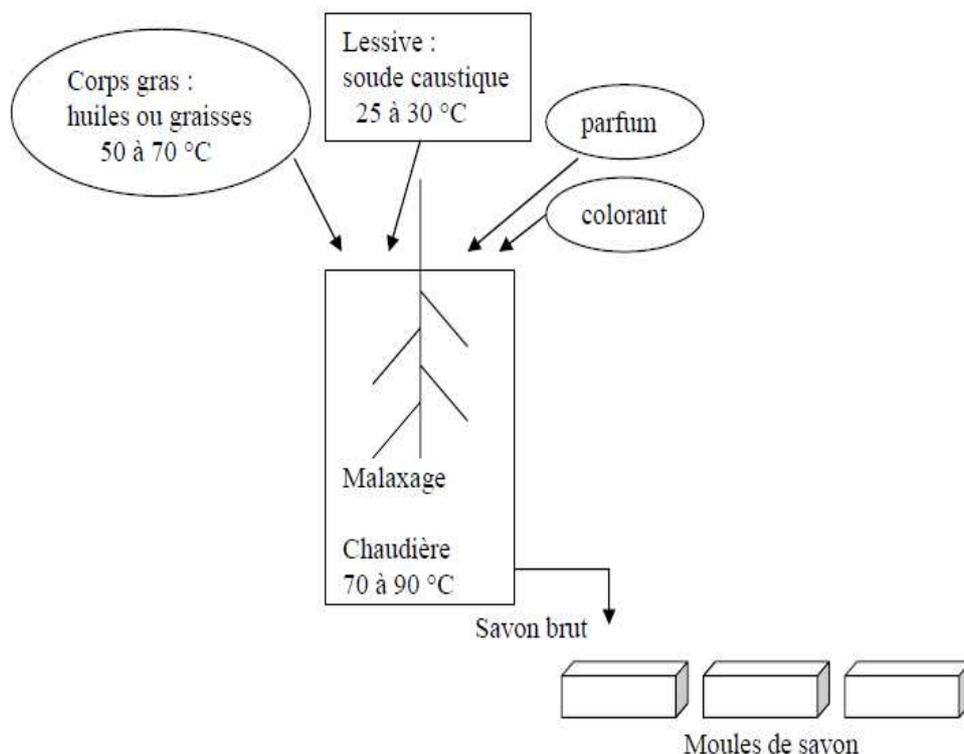
III.1.2.2 - Procédé discontinu

Les procédés discontinus sont au nombre de trois

♣ Procédé mi-cuit

Ce procédé est inadapté à la production du savon de toilette. Il ne peut être utilisé que pour la production du savon de ménage et de tous les types de savons mous et liquides. Le procédé ne permet pas la séparation de la lessive usée qui contient la glycérine laquelle tend à réduire les propriétés de durcissement du savon mais qui, en contrepartie, accroît les propriétés cosmétiques du savon. Les huiles molles et dures, ou leur mélange, sont bien adaptées à ce procédé qui implique la fusion de l'huile ou de la graisse, l'ajout d'une lessive faible (9-10%) de soude caustique à l'huile et une ébullition du mélange. Au total, on a besoin d'une quantité de soude caustique égale à 14 ou 15% du poids de l'huile à saponifier. Pendant la cuisson, on maintient une chaleur modérée et on laisse chaque addition de lessive de soude réagir avec l'huile avant de faire la suivante. Une addition hâtive de lessive aux stades initiaux peut en effet ralentir la saponification ou rendre le savon final granuleux. La fin de la réaction peut être détectée par le « test du ruban ».

Fig. 3 : Schéma de principe du procédé mi-cuit



(Source : Lisette Caubergs)

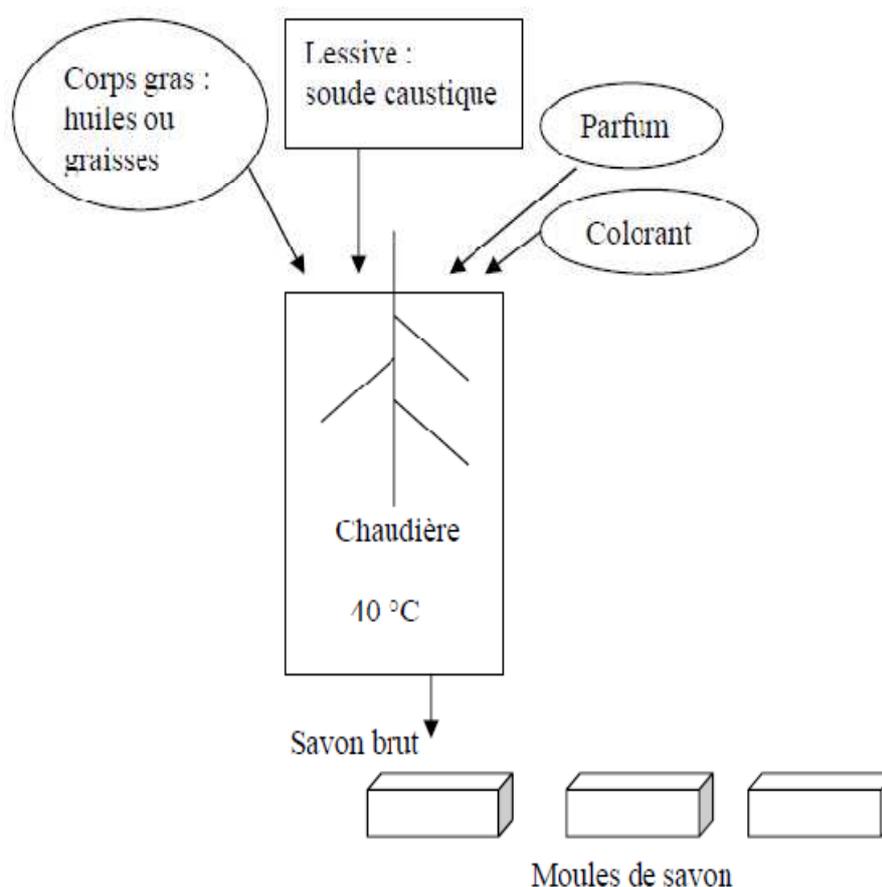
♣ Procédé froid

Ce procédé implique le traitement des corps gras avec une quantité donnée d'alcalis sans qu'il y ait rejet de lessive usée. Ce procédé est basé sur le fait que les glycérides de certaines huiles (huiles de noix) se combinent facilement avec des solutions de soude caustique fortes à basse température en produisant assez de chaleur pour compléter la saponification.

Il est absolument nécessaire dans ce procédé d'employer des matières premières de qualité supérieure. Les huiles et les graisses doivent être exemptes d'excès d'acidité du fait que les acides gras libres se saponifient facilement en présence de soude caustique, formant des granules de savon tendant à devenir épais et sablonneux, se décolorant quelquefois. La soude caustique que l'on emploie doit être également pure. L'eau doit être douce et tous les équipements parfaitement propres. Le procédé suppose l'apport avec agitation d'une

solution de soude caustique de teneur 40°Bé et dont le poids est la moitié de celui de l'huile ou de la graisse. L'incorporation de la solution de soude caustique à l'huile doit se faire d'une manière lente et continue. Il faut agiter le mélange, toujours dans le même sens, en même temps que l'on verse la solution dans l'huile. 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.

Fig. 4 : Schéma de principe du procédé froid



(Source : Lisette Caubergs)

♣ Méthode marseillaise

La méthode marseillaise est un procédé industriel qui conduit à la fabrication d'un savon de toilette de qualité. 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 +/- 100 °C. La méthode se distingue du procédé à froid et du procédé semi-chaud par l'extraction de la glycérine, le lavage et l'ajustage après la saponification. Elle comprend quatre étapes différentes :

- **L'empâtage** : C'est le processus de saponification des corps gras avec une solution faible de la soude caustique. On commence avec une solution de 15°Bé, quand la saponification a commencé on utilise une solution de 18°Bé. Ce processus prend un jour ;
- **Le relargage** : Consiste à ajouter progressivement une saumure (solution de sel ordinaire) de densité 1,2 contenant au total 8 à 10 % du poids des corps gras en sel. Le but de cette opération est de séparer le savon de la lessive usée (mélange de la glycérine produite au cours de la cuisson du savon et de la solution excédante de soude caustique). Le relargage est achevé quand le savon est complètement dégagé de la lessive et flotte sur celle-ci. Quatre couches se forment alors :
 - une mince couche inférieure de saumure avec ses impuretés et l'excès de lessive ;
 - une deuxième couche de savon contenant du sel et de l'eau ;
 - une troisième couche de savon transparent et pur (savon pur) ;
 - et à la partie supérieure, une mince croûte de savon.

On fait écouler hors du chaudron la couche inférieure de saumure et on enlève la deuxième couche et la couche supérieure pour les transformer en barres de savon en les faisant bouillir dans l'eau. On peut aussi donner à la troisième couche de savon pur et grainé des coups de truelle pour écraser les grains et obtenir du savon homogène ou bien le faire

bouillir avec de l'eau pour lui donner une forme lisse et homogène puis, couler dans les moules, découper et procéder à l'estampage.

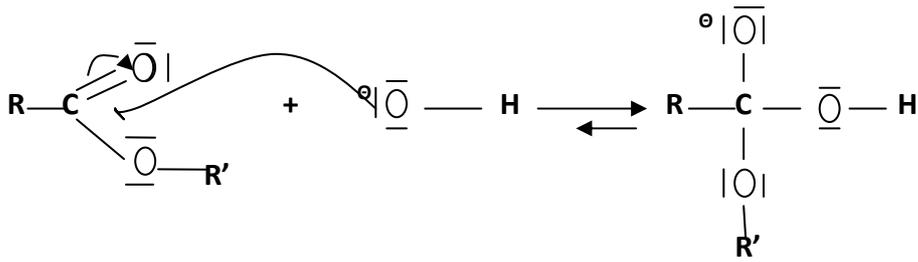
- **La cuisson et le second relargage** : C'est une opération destinée à produire un savon pur pour la fabrication de savons de toilette. La couche inférieure de savon est déchargée, puis on fait bouillir le contenu du chaudron avec une lessive forte de 25 à 30 °Bé. On laisse reposer pendant quelques heures le savon grainé pour permettre à l'excès de lessive de se déposer et d'être vidangé. Ensuite on fait bouillir le savon avec un peu d'eau et on prend de temps en temps des échantillons de pâte de savon pour contrôler ; on ajoute de la lessive si nécessaire. On laisse reposer pendant 2 à 6 jours : séparation en quatre couches : la couche inférieure est évacuée, la première et la troisième sont du savon de basse qualité ; la deuxième couche est du savon de qualité.
- **Le Traitement de la pâte de savon décantée** : Après la décantation de la pâte de savon en quatre couches, la couche inférieure de lessive usée est évacuée alors qu'on transforme par cuisson la première et la troisième couche en savon de basse qualité. Après cela, on évacue la deuxième couche de bon savon et on la transporte dans une autre cuve propre où on procède au lavage et à la liquidation de la pâte de savon. La liquidation implique l'addition au savon lavé de solutions alcalines comme le silicate de sodium et le carbonate de sodium. Le carbonate de sodium donne de la fermeté au savon et augmente ses propriétés détergentes. Après le lavage et la liquidation, il est possible d'ajouter des charges.

III.1.3 - Aspects thermodynamique et cinétique de la réaction de saponification

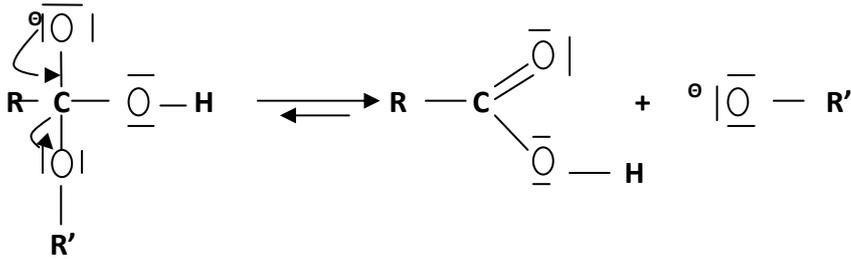
La saponification est une réaction lente mais totale. C'est une réaction exothermique. Pour accélérer la réaction, on peut jouer sur plusieurs facteurs :

- Température élevée
- Agitation du mélange soude-ester pour permettre aux réactifs de se rencontrer plus facilement et maintenir une émulsion. Le mécanisme se décompose en trois étapes :

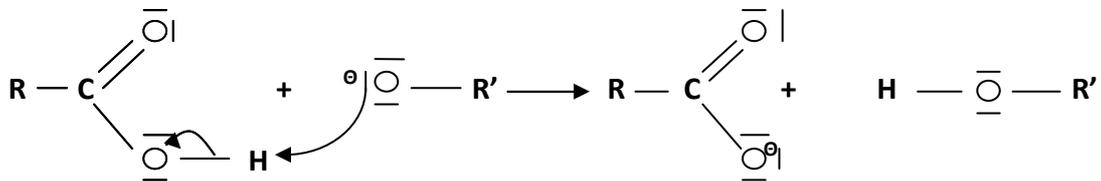
Première étape : Addition de HO⁻ sur l'ester



Deuxième étape : Elimination du groupe alcoolate

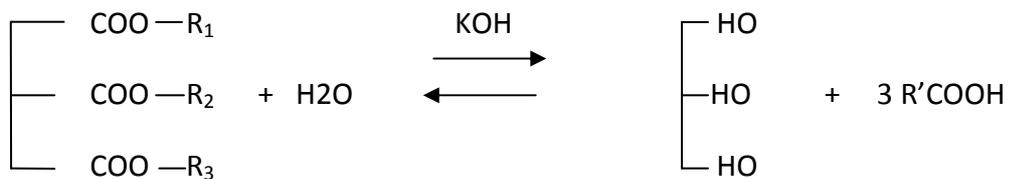


Troisième étape : Réaction acide-base entre l'acide carboxylique et l'ion alcoolate



Cette réaction est la seule du mécanisme qui soit irréversible et quasiment totale ($10^{14} < K < 10^{17}$). Ainsi, elle déplace les équilibres des équations précédentes (en consommant entièrement leurs produits), les rendant elles aussi totales ou presque.

Dans le cas de la synthèse du savon, on emploie spécifiquement des triglycérides qui sont hydrolysés en milieu alcalin par une base, généralement de la potasse ou de la soude, à une température comprise entre 80°C à 100°C.



CHAPITRE IV - EQUIPEMENT POUR LA FABRICATION DU SAVON

IV.1 - Equipement pour la fabrication du savon de lessive [2][3][4][6]

IV.1.1 – Chaudières

Pour la fabrication du savon de lessive à froid en petites quantités, des bassins en plastique de 8 à 10 l sont souvent utilisés. Pour la fabrication à mi-chaud, il faut des cuves qui supportent l'exposition à feu ouvert. Les petites entreprises utilisent souvent des fûts d'huile de 200 l. Les cuves peuvent être faites en acier doux, en inox, en tôle galvanisée. Elles ont de préférence un corps cylindrique avec une base en tronc de cône avec un tuyau d'évacuation fixé à la base de la cuve pour faciliter le déchargement du savon. Les grandes cuves de plus de 500 l nécessitent un système de malaxage. Pour les petites cuves, ce choix est optionnel. Si le chauffage se fait avec le bois, il est indiqué de faire une construction pour protéger le feu. Comme la charge de la chaudière aura tendance à monter lors de la saponification, la quantité maximale doit être limitée à 2/3 de la contenance de la chaudière. Pour le prétraitement des corps gras, les mêmes cuves peuvent être employées. Un récipient avec un tuyau d'évacuation est en tout cas intéressant pour faciliter la séparation de différentes couches dans le récipient, comme par exemple l'évacuation l'eau contenant des impuretés après l'épuration à l'eau.

IV.1.2 – Moules

Les moules ou les mises sont des cadres ou boîtes en bois ou en métal pour verser la pâte de savon afin de la laisser refroidir. Ils varient en taille et le nombre nécessaire dépend de la quantité de savon produit. Des moules démontables sont intéressantes pour faciliter le démoulage.

IV.1.3 - Dispositifs de coupage

Après séchage et démoulage, la masse solide doit être coupée en barres ou en morceaux. Pour ne pas rendre difficile le découpage, il est préférable de ne pas laisser durcir le savon trop longtemps. Le découpage peut se faire à l'aide d'un fil de fer simple. Pour de grandes quantités, l'utilisation d'une table de découpage est indiquée. Il s'agit d'une table simple avec une barre transversale dans le sens de la largeur où sont attachés, un ou

plusieurs fils de coupe tendus par un écrou à oreilles. Le savon séché est tranché par la poussée ou par une manivelle à contre-sens des fils de coupe.

IV.1.4 – Estampeuse

Pour donner une forme commerciale au savon, lui donner une forme précise et graver une inscription ou la marque déposée du fabricant, on utilise une presse à estamper. La machine, actionnée à la main ou au pied, se meut verticalement pour frapper le savon. Les matrices pour marquer le savon doivent être fabriquées en laiton dur pour obtenir un bon résultat. Normalement, on a besoin de deux matrices s'il faut estamper les deux faces. La matrice du bas est normalement posée dans la cassette (ou chemise) qui retient le savon alors que celle du haut est fixée à la partie mobile.

IV.1.5 - Autres matériels

Il s'agit de matériels nécessaires à un laboratoire généralement. Il s'agit de :

- Une balance pour les mesures ;
- Un densimètre ou beaumètre pour mesurer la densité ou la concentration ;
- Des gants, lunettes, masques et bottes pour la sécurité ;
- Un agitateur rotatif pour l'homogénéisation de la phase fluide, le transfert de chaleur entre la phase solide et la phase fluide et pour la création d'aire interfaciale entre deux phases immiscibles ;

IV.2 - Equipement pour la fabrication artisanale du savon de toilette

IV.2.1 – Malaxeur

Le malaxeur ou amalgateur est employé pour mélanger le savon sous forme de copeaux avec du parfum, des colorants et d'autres additifs. La machine se compose d'une trémie fixée à un tonneau de malaxage muni d'un dispositif d'inclinaison pour permettre un déchargement facile du mélange. Le malaxage se fait par une série d'aubes en acier inoxydable.

IV.2.2 – Broyeur

Le broyeur est destiné à rendre le savon plus homogène. Le moulin se compose d'une trémie posée sur une chambre où tournent trois ou quatre rouleaux de granit ou d'acier munis d'un système d'engrenages approprié. Les rouleaux sont assemblés de manière à tourner à des vitesses différentes, de telle façon qu'ils frottent plus qu'ils n'écrasent. Au moyen d'un dispositif à vis, on règle la pression des rouleaux l'un sur l'autre pour donner au savon en copeaux l'épaisseur voulue.

IV.2.3 – Boudineuse

La boudineuse appelée également extrudeuse, est une machine qui comprime les copeaux de savon et en fait des barres compactes et solides, aptes au découpage et à l'estampage. Elle se compose d'une trémie fixée sur un tube en métal épais, d'une forme conique et ressemblant à un canon qui s'effile en pointe vers la filière, et dans laquelle tournent une ou deux vis pour pousser le savon vers l'extrémité conique. Quand le savon est introduit dans la chambre de compression, il est poussé à travers un disque métallique perforé (disque cribleur). Là, on le soumet à une pression élevée pour le comprimer. Le savon sort finalement par la filière à laquelle est fixée une coupeuse de modèle approprié qui coupe le savon, dès sa sortie, à la longueur désirée. La filière est munie d'un réchauffeur électrique à résistance qui maintient la température entre 40 °C et 55 °C pour permettre une sortie facile du savon. La température est réglée d'une manière automatique au moyen d'un thermostat fixé au-dessus de la chambre de chauffage, afin d'empêcher le savon de cloquer au cas où la filière serait trop chaude, ou de se présenter sous une forme mate quand la température est réduite.

IV.3 - Equipement à l'échelle industrielle [3][4]

A l'échelle industrielle, l'équipement, automatisé et un peu plus complexe, est constitué de :

- Une caisse de fusion des corps gras ;
- Une pompe d'alimentation des corps gras ;
- Un réservoir de stockage des matières grasses ;

- Une pompe d'alimentation des matières grasses ;
- Une caisse pour la solution de la soude caustique ;
- Une pompe de circulation de la solution de soude caustique ;
- Un réservoir de dilution de la soude caustique ;
- Un réservoir de dilution de NaCl ;
- Une pompe d'alimentation en solution de NaCl ;
- Un filtre ;
- Un réservoir pour le dosage de la solution de NaCl ;
- Un réservoir pour le dosage des corps gras ;
- Un réservoir pour le dosage de la soude caustique ;
- Un chaudron de saponification.

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

DEUXIÈME PARTIE :
ETUDES EXPERIMENTALES

CHAPITRE I – ETUDES PRELIMINAIRES DES GRAINES

I.1- Collecte et stockage des graines

Toutes les graines ont été collectées dans les régions de Mitsamiouli et Bambao, respectivement au nord et au centre de la grande-comore. Le mode de collecte effectué a été le ramassage. En effet, ce mode est conseillé dans le cas de la récolte des graines d'aleurite moluccana car permet d'obtenir des fruits secs et de bonne qualité tout en contournant la difficulté d'escalader les vieux arbres. Après la collecte, les graines ont été stockées durant 8 mois à Antananarivo. Pour la suite, toutes les opérations ont été effectuées aux laboratoires de chimie minérale et de chimie organique (laboratoire de valorisation des substances naturelles) du département Génie Chimique à Vontovorona et au bloc technique d'Ankatso.

I.2 - Décorticage

Les graines d'aleurite moluccana sont des graines à coque très dure (Photo.3). Le décorticage s'effectue donc à l'aide d'un petit marteau qui permet d'extraire facilement l'amande en frappant légèrement sur la base de la graine. Au cours de cette opération manuelle, 3 kilos de graines ont été décortiquées. L'opération a duré 3 heures de temps à l'issue desquelles on a pu obtenir 1,208 kilos d'amandes dont 1,125 kilos en bon état (Photo.4) et 0,083 kilos en état de putréfaction (Photo.5). Le triage s'est fait manuellement et par simple appréciation visuelle. Le tableau numéro 5 fait état du rendement des différentes parties de la graine.

Tableau 5 : Rendement des différentes parties de la graine

PARTIE DE LA GRAINE	MASSE PESEE (kg)	RENDEMENT (%)
GRAINES ENTIERES	3	100
AMANDES	1,208	40,27
AMANDES EN BON ETAT	1,125	37,5
AMANDES EN PUTREFACTION	0,083	2,77
TEGUMENTS	1,792	59,73

(Source : Auteur)

Photo.3 : Graines entières Photo.4 : Bonnes amandes Photo.5 : Mauvaises amandes



(Source : auteur)

I.3 - Extraction de l'huile et Teneur en huile de l'amande

Pour l'extraction de l'huile et la détermination du rendement de l'amande en huile, plusieurs méthodes ont été effectuées. Cependant, quelque soit la méthode, les amandes ont été préalablement broyées afin de réduire les dimensions de l'amande, ce qui permet d'obtenir une granulométrie plus faible et appropriée pour l'extraction par l'augmentation de la surface de contact entre la graine et l'extracteur.

I.3.1 – Extraction par pression

I.3.1.1 – Méthode de pression utilisée et principe [10]

De manière générale, il existe trois différentes méthodes de procédé d'extraction par pression de l'huile selon le type de presse utilisée, la température appliquée à la graine au cours de l'extraction ou selon le nombre de pression appliquée sur la graine :

- La pression à chaud au cours de laquelle la matière à extraire est préchauffée avant sa trituration à une température élevée (environ 130°C ou plus) puis pressée dans des « expeller ». Le préchauffage augmente le rendement mais la qualité de l'huile s'en trouve altérée ;
- La pression multiple qui réalise des pressions multiples en mettant en jeu soit deux presses différenciées par leur performance technique, soit des séries de réglage de la pression entre deux extractions consécutives ;
- La pression à froid au cours de laquelle toutes les opérations telles que cuisson, grillage ou préchauffage sont supprimées. Les graines sont alors mécaniquement

triturerées à la température ambiante dans des presses (presse à vis ou presse hydraulique) conçues pour tourner à des vitesses très lentes afin d'éviter au maximum tout échauffement de l'huile.

Dans notre cadre d'études, c'est ce dernier moyen, c'est-à-dire la pression à froid, qui a été exploité. Ce choix se justifie par la conservation des substances vitales et précieuses de « l'huile vierge » obtenue (Vitamines A, C, E, antioxydants et protecteurs de la peau, ce qui constitue un atout pour le savon issu de cette huile). La presse utilisée est la presse hydraulique (machine d'essai universelle : Wolper Testwell) du bloc technique d'Ankatso. Cette machine est dotée d'une pression pouvant aller jusqu'à 12 tonnes.

Soit «*m*» la masse d'huile ainsi obtenue et «*M*» celle de la prise d'essai. La teneur en huile de l'amande est donnée par :

$$t(\%) = m * \frac{100}{M} \quad \text{Avec } t(\%) : \text{teneur en huile}$$

I.3.1.2 – Résultat de la pression

Tableau 6 : Teneur en huile de l'amande à partir d'une presse

PRISE D'ESSAI (<i>M</i> en g)	HUILE OBTENUE (<i>m</i> en g)	RENDEMENT (<i>t</i> (%))
1.125	360	32%

(Source : Auteur)

I.3.2 – Extraction par solvant

- **Principe :**

La méthode consiste à extraire au soxhlet (Photo.6) l'huile contenue dans l'amande à l'aide d'un solvant sélectif à l'huile, chimiquement inerte avec l'huile, stable à haute température et très volatil afin de pouvoir être facilement chassé de l'huile une fois l'extraction terminée. Pour cela, le n-hexane a été choisi.

- **Mode opératoire :**

- a. Des graines ont été décortiquées et les amandes ont été extraites.
- b. Les amandes extraites ont été finement broyées.
- c. M_g d'amandes broyées ont été pesées puis placées dans une cartouche d'extraction.
- d. La cartouche contenant la prise d'essai a été installée dans le corps de l'extracteur à 2/3 rempli de solvant.
- e. Le ballon de chauffe a été alimenté du solvant nécessaire à l'extraction.
- f. L'extraction a été menée durant 4 heures selon la norme française NFV 03-905 (annexe 5) puis on a laissé refroidir le ballon contenant l'extrait hexanique.
- g. Par distillation, le solvant a été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif (Photo.7).
- h. Selon la même norme, une nouvelle extraction a été effectuée. Cependant, le résultat obtenu a marqué la fin de l'opération.

Soit « m » la masse d'huile ainsi obtenue et « M » celle de la prise d'essai. On a :

$$t(\%) = m * \frac{100}{M}$$

Avec $t(\%)$: teneur en huile

Photo.6 : Soxhlet de laboratoire

Photo.7 : Evaporateur rotatif



(Source : auteur)

- **Résultats :**

Tableau 7 : Rendement en huile de l'amande à partir du soxhlet

PRISE D'ESSAI (M en g)	HUILE OBTENUE (m en g)	RENDEMENT (t(%))
114	53,54	46,96%

(Source : auteur)

I.3.3 – Macération des tourteaux

Afin de vérifier quelle peut être la teneur de l'huile résiduelle dans les tourteaux, une macération à froid des tourteaux issus de la pression d'une part, et des tourteaux issus de l'extraction au soxhlet d'autre part, a été réalisée. Pour cela, on a procédé comme suit :

- 0,2 kilos (200 grammes) de tourteaux issus de la pression ont été macérés avec 400mL d'hexane dans un bocal hermétiquement fermé ;
- 0,05 kilos (50 grammes) de tourteaux issus de l'extraction au soxhlet ont été macérés avec 100mL d'hexane dans un autre bocal hermétiquement fermé.

Les deux bocaux (Photo.8) ont été bien secoués puis laissés reposer durant trois jours puis chaque lot a été filtré sous vide à l'aide d'un Büchner avant l'évaporation du solvant à l'aide d'un évaporateur rotatif.

Photo.8 : Macération des tourteaux



(Source : auteur)

A l'issue de cette opération, 0,031592 kilos (31,592 grammes) d'huile ont été obtenus à partir des tourteaux issus de la pression (ce qui représente 15,796%) pendant que la phase

donnée par les tourteaux issus du soxhlet ne donnait presque exclusivement que du n-hexane (en fait une infime quantité non mesurable d'huile).

Tableau 8 : Résultat de la macération des tourteaux

TYPE DE TOURTEAUX	PRISE D'ESSAI (M en g)	HUILE OBTENUE (m en g)	RENDEMENT (t(%))
TOURTEAUX ISSUS DE LA PRESSE	200	31,592	15,796%
TOURTEAUX ISSUS DU SOXHLET	50	-	-

(Source : auteur)

CHAPITRE II – CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

II.1 - Caractéristiques organoleptiques

II.1.1 – Couleur

L'huile obtenue est d'un aspect huileux limpide et de couleur jaune. Cependant, les huiles issues de la pression et du soxhlet ne présentent pas la même intensité de couleur. L'huile issue de l'extraction au soxhlet est d'un jaune très clair pendant que celle issue de la pression était d'un jaune trouble et presque noirâtre. Toutefois, après décantation de cette huile pendant 24 heures puis siphonage, la couleur jaune s'est clarifiée.

II.1.2 – Odeur

L'odeur de cette huile est un peu caractéristique, proche de l'ail et son goût est celui des noisettes mais un peu âcre.

II.2 - Caractéristiques physiques

II.2.1 – Densité à 20°C

- **Protocole :**

- a. Une éprouvette a été soigneusement nettoyée puis rincée avec de l'alcool et de l'acétone.
- b. L'éprouvette ainsi séchée a été pesée et sa masse m_0 notée.
- c. L'éprouvette a été ensuite remplie avec de l'eau distillée jusqu'au volume 4ml et, après avoir bien essuyé l'extérieur, a été pesée de nouveau. Sa nouvelle masse m_1 a été notée.
- d. De nouveau, l'éprouvette a été lavée puis et rincée avec de l'alcool puis séchée à l'aide d'acétone, avant d'être remplie de l'échantillon et pesée comme ce fut le cas avec l'eau distillée. Sa nouvelle masse m_2 a été notée.

La densité de l'huile à la température de mesure est donnée par :

$$d_t = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$$

Si la température du milieu est différent de 20°C, la densité à 20°C est alors donnée par :

$$d_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} d_{t(\text{eau})} + 0,0012 \left[1 - \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} d_{t(\text{eau})} \right]$$

- **Résultats :**

La température au moment de la mesure est de 23°C.

Tableau 9 : Densité de l'huile

m_0 (g)	m_1 (g)	m_2 (g)	$d_{23^{\circ}\text{C}(\text{eau})}$	$d_{20^{\circ}\text{C}}$
30,5	35,85	35	0,99756	0,839

(Source : auteur)

II.2.2 - Indice de réfraction

- **Principe :**

Un parallélépipède de verre d'indice N aussi élevé que possible a sa face supérieure et sa face gauche soigneusement polies. On forme ainsi un prisme d'un angle au sommet A . pour un réfractomètre d'ABBE, $A = 60^{\circ}$. Sur la face supérieure du prisme, on dépose une goutte du liquide à étudier et on suppose que l'indice de réfraction n du liquide est inférieur à l'indice N du prisme. Avec une source étendue monochromatique, on éclaire la goutte. Il est essentiel que des rayons tangents à la face supérieure du prisme arrivent sur la goutte. Pour ce rayon, l'incidence sur le prisme est de 90° . L'angle maximum de réfraction dans le prisme est donc i avec $N \cdot \sin(i) = n$.

Ce rayon limite arrive sur la face droite du prisme avec une incidence $r = 90^{\circ} - i$. Il émerge avec l'incidence j telle que : $\sin(j) = N \cdot \sin(r)$. Si, avec un viseur dont l'axe optique fait l'angle k avec l'horizontale on examine la goutte, pour les valeurs de k inférieures de j , on observe un champ noir car aucun rayon ne parvient au viseur. Pour les valeurs supérieures, on a un champ éclairé. Pour $k = j$, une moitié du champ est noire et l'autre éclairée.

- **Protocole :**

- a. Relever le prisme d'éclairage et nettoyer la plaque de verre avec un coton imbibé d'acétone.
- b. Placer quelques gouttes d'échantillon sur la face de mesure puis rabattre le prisme d'éclairage.
- c. Orienter le réfractomètre vers la fenêtre et amener la zone sombre inférieure vers le milieu du champ en tournant le grand bouton.
- d. Faire disparaître la frange colorée qui sépare la zone claire en faisant tourner le bouton de compensation de telle sorte que la ligne limite paraisse nette et incolore.
- e. En agissant de nouveau sur le grand bouton, amener la ligne de pénombre, exactement au point de croisement des deux fils de réticule. L'indice mesuré est lu sur le trait vertical qui se place au milieu des échelles, dans la partie inférieure du champ.

- **Résultats :**

Les mesures ont été effectuées avec 2 modèles de réfractomètres différents, tous de type réfractomètre d'ABBE. Les modèles utilisés sont :

modèle Sopelen N° 3-317, France ;

modèle Convex, ser N° 042952, CETI-BELGIUM.

Toutes les mesures ont été effectuées à 23°C.

$$n_D^{20} = n_D^{23} + 0,00035(23 - 20)$$

Les Résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-après :

Tableau 10 : Résultats de l'indice de réfraction

MODELE DE REFRACTOMETRE UTILISE	n_D^{23}	n_D^{20}
MODELE Sopelen N° 3-317	1,463	1,46405
MODELE Convex, CETI-BELGIUM	1,469	1,47005
MOYENNE DES DEUX MODELES	1,466	1,46705

(Source : auteur)

II.3 - Caractéristiques chimiques

II.3.1 - Indice d'acide

- **Principe :**

L'indice d'acide est déterminé par un dosage en retour. Le corps gras réagit avec un excès connu de potasse alcoolique. L'excès de potasse est alors dosé par une solution d'acide chlorhydrique. Le corps gras est mis en solution par un solvant organique.

- **Protocole :**

a. Préparation de la solution de corps gras

m g d'échantillon (0,9998 g dans notre cas) ont été pesés dans un bécher puis on ajoute 10mL de solvant (Ethanol) et on agite pour dissoudre le corps gras.

b. Dosage de l'indice d'acide

La solution d'échantillon ainsi obtenue a été introduite dans un bécher puis dosée par de la potasse alcoolique de concentration $0,1 \text{ molL}^{-1}$ en présence de 2 à 3 gouttes de phénophtaléine. On note alors le volume de potasse versée.

c. Un excès de 2,3 ml de potasse alcoolique a été ajouté à notre solution. L'excès de potasse est ensuite dosé par de l'acide chlorhydrique de concentration C_{HCl} égale à $0,1 \text{ molL}^{-1}$ en agitant constamment jusqu'au virage de l'indicateur à l'incolore. Le volume d'HCl versé est noté.

L'indice d'acide est donné par :

$$IA = \frac{V_{\text{KOH}} * C_{\text{HCl}} * M_{\text{KOH}}}{m}$$

M_{KOH} : Masse molaire du KOH (56,11)

- **Résultats :**

Les résultats sont résumés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Résultats de l'indice d'acide

$m(g)$	$V_{KOH}(ml)$	$V_{HCl}(ml)$	IA
0,9998	1,4	2,3	7,85

(Source : auteur)

II.3.2 - Indice de saponification

- **Principe :**

Il s'agit d'un dosage en retour. On fait réagir à chaud une solution d'acide gras avec un excès de potasse (KOH). Cet excès est ensuite dosé par une solution d'acide chlorhydrique (HCl). Le résultat se confirme par comparaison avec un témoin. Si l'on porte à ébullition un corps gras en présence de KOH, les acides gras se saponifient : c'est une réaction totale lente à température ambiante mais qui prend entre 40 à 60 minutes par chauffage par ébullition douce. La potasse réagit avec les acides gras libérés pour former du savon.

- **Protocole :**

- m g d'échantillon sont pesés puis ajoutés à 10 ml de potasse alcoolique de concentration 0,5N.
- Le tout est porté en ébullition à reflux pendant 1h.
- L'excès d'alcali de la solution savonneuse a été dosé par de l'acide chlorhydrique de concentration 0,5N. Soit V_1 le volume de HCl versé.
- La même opération a été effectuée avec une solution témoin de potasse alcoolique. Le volume de HCl versé est alors noté V_2 .

L'indice de saponification est donné par :

$$IS = \frac{(V_2 - V_1) * C_{HCl} * M_{KOH}}{m}$$

M_{KOH} : Masse molaire de KOH (56,11)

- **Résultats :**

Deux essais ont été effectués. Les résultats sont résumés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Résultats de l'indice de saponification

TYPE D'ESSAI	m (g)	V_1 (ml)	V_2 (ml)	IS
ESSAI 1	1,0372	3,3	10,25	187,989
ESSAI 2	1,0716	2,95	10,25	191,117
MOYENNE DES DEUX ESSAIS	1,0544	3,125	10,25	189,5

(Source : auteur)

II.3.3 - Indice d'iode et facteur INS

La détermination de cet indice n'a pu être réalisée faute de produit (réactif de Wijs). Nous avons tenté de l'effectuer au CNRE, mais le résultat était bien bas (71). Cependant, la préparation du réactif de Wijs utilisé datait de 2005 et la pureté du produit utilisé est à mettre en doute. Pour cela, nous nous en tenons à ce que nous a présenté la littérature soit à la valeur de : 166,5.

Il en est de même pour le facteur INS qui est la différence entre l'indice de saponification et l'indice d'iode. Nous considérerons la valeur 23 donnée par la littérature.

CHAPITRE III – FABRICATION DU SAVON

III.1 – Prétraitement des corps gras

L'huile extraite par pression a été décantée puis siphonnée avant de subir une filtration. L'huile obtenue a été d'un jaune clair. L'huile n'a été soumise à aucun autre traitement.

III.2 - Savons obtenus selon le procédé froid [2]

- **Principe du procédé :**

Le procédé suppose l'apport avec agitation d'une solution de soude caustique de teneur 40°Bé et dont le poids est environ la moitié de celui de l'huile ou de la graisse. L'incorporation de la solution de soude caustique à l'huile doit se faire d'une manière lente et continue. La température indiquée du mélange des corps gras est 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 exothermique). Le malaxage prend environ 30 à 45 minutes pour une quantité réduite (quelques litres d'huiles) à quelques heures pour des quantités plus importantes (+/- 100 l).

- **Mode opératoire :**

- a. Une lessive de concentration en degré béaumé appropriée est préalablement préparée 24h à l'avance pour laisser la solution se stabiliser.
- b. La matière grasse a été portée au feu à 35°C puis de façon continue mais lente, la lessive lui a été ajoutée.
- c. A l'aide d'un thermomètre et du bouton de réglage de la résistance utilisée pour le chauffage, la température du milieu réactionnel a été maintenue entre 35 et 45°C durant toute la cuisson.

d. L'homogénéisation du milieu a été assurée par un agitateur magnétique tout le long du processus.

- **Résultats :**

1. Savon à base d'huile d'aleurite seule

Pour l'obtention de ce type de savon, un seul essai sans charge a été effectué. Le résultat est résumé dans le tableau 13.

Tableau 13 : Résultats de l'essai à froid avec l'huile d'aleurite

	Huile d'aleurite
Poids du corps gras (g)	75
Indice de saponification	189,5
Indice d'iode	166,5
Coefficient INS	23
Poids de soude caustique (g)	10,2
Poids de l'eau (g)	48
Poids de la charge (g)	0
Poids de carbonate de soude (g)	0,2
Température de cuisson (°C)	35-45
Durée de la cuisson (mn)	120
Qualité du savon	Très molle et moyennement bonne
Pouvoir moussant	Mousse très crémeuse
Pouvoir détergent	Mauvais
Effet sur la peau	Très doux

(Source : auteur)

2. Savon à base d'un mélange d'huile d'aleurite et d'huile de coco (50/50)

Pour l'obtention de ce type de savon, deux essais sans ont été effectués : un essai sans charge et un essai avec charge. Les résultats sont résumés dans les tableaux 14 et 15.

2.1 - Sans charge

Tableau 14 : Résultats de l'essai à froid avec un mélange d'huile d'aleurite et d'huile de coco et sans charge

	Huile d'aleurite	Huile de coco
Poids du corps gras (g)	37,5	37,5
Indice de saponification	189,5	256
Indice d'iode	166,5	8
Coefficient INS	23	248
Poids de soude caustique (g)	12	
Poids de l'eau (g)	40	
Poids de la charge (g)	0	
Poids de carbonate de soude (g)	0,2	
Température de cuisson (°C)	35-45	
Durée de la cuisson (mn)	35	
Qualité du savon	Bonne et dure	
Pouvoir moussant	Bon, formation rapide, mousse stable	
Pouvoir détergent	Bon	
Effet sur la peau	Doux	

(Source : auteur)

2.2 - Avec charge

Tableau 15 : Résultats de l'essai à froid avec un mélange d'huile d'aleurite et d'huile de coco et avec charge

	Huile d'aleurite	Huile de coco
Poids du corps gras (g)	37,5	37,5
Indice de saponification	189,5	256
Indice d'iode	166,5	8
Coefficient INS	23	248
Poids de soude caustique (g)	12	
Poids de l'eau (g)	40	
Poids de la charge (g)	3,75 (5%)	
Poids de carbonate de soude (g)	0,2	
Température de cuisson (°C)	35-45	
Durée de la cuisson (mn)	35	
Qualité du savon	Bonne et dure	
Pouvoir moussant	Bon, formation rapide, mousse stable	
Pouvoir détergent	Bon	
Effet sur la peau	Doux	

(Source : auteur)

III.3 – Savons obtenus selon le procédé mi-cuit [2]

- Principe du procédé :

Le procédé consiste à apporter une chaleur modérée durant la cuisson du savon et implique une fusion préalable des corps gras. On laisse chaque addition de lessive de soude réagir avec l'huile avant de faire la suivante. 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. Après avoir versé petit à petit la soude dans l'huile, on malaxe pendant 2 à 5 heures de temps. 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.

- **Mode opératoire :**

- a. Une lessive de soude de concentration en degré béaumé appropriée a été préparée juste avant la cuisson pour conserver une certaine chaleur.
- b. La matière grasse a été préchauffée jusqu'à 70°C puis une quantité de lessive a été ajoutée toutes les 3 minutes jusqu'à épuisement de la lessive.
- c. A l'aide d'un thermomètre et du bouton de réglage de la résistance utilisée pour le chauffage, la température du milieu réactionnel a été maintenue entre 70 et 90°C durant toute la cuisson.
- d. L'homogénéisation du milieu a été assurée par un agitateur magnétique tout le long du processus.

- **Résultats :**

1. Savon à base d'aleurite seule

Deux essais ont été effectués : un essai sans charge et un essai avec charge. Les résultats sont présentés dans les tableaux 16 et 17.

1.1 - Sans charge

Tableau 16 : Résultats de l'essai par procédé mi-cuit d'huile d'aleurite sans charge

	Huile d'aleurite
Poids du corps gras (g)	75
Indice de saponification	189,5
Indice d'iode	166,5
Coefficient INS	23
Poids de soude caustique (g)	10,2
Poids de l'eau (g)	91
Poids de la charge (g)	0
Poids de carbonate de soude (g)	0,2
Température de cuisson (°C)	70-90
Durée de la cuisson (mn)	180
Qualité du savon	Un peu molle et bonne
Pouvoir moussant	Mousse très crémeuse
Pouvoir détergent	Moyennement bon
Effet sur la peau	Très doux

(Source : auteur)

1.2 - Avec charge

Tableau 17 : Résultats de l'essai par procédé mi-cuit d'huile d'aleurite avec charge

	Huile d'aleurite
Poids du corps gras (g)	75
Indice de saponification	189,5
Indice d'iode	166,5
Coefficient INS	23
Poids de soude caustique (g)	10,2
Poids de l'eau (g)	91
Poids de la charge (g)	3,75 (5%)
Poids de carbonate de soude (g)	0,2
Température de cuisson (°C)	70-90
Durée de la cuisson (mn)	240
Qualité du savon	Très molle mais bonne
Pouvoir moussant	Mousse très crémeuse
Pouvoir détergent	Moyennement bon
Effet sur la peau	Très doux

(Source : auteur)

2. Savon à base d'un mélange d'huile d'aleurite et de coco

Les résultats sans charge et avec charge sont résumés dans les tableaux 18 et 19.

2.1 - Sans charge

Tableau 1 8 : Résultats de l'essai par procédé mi-cuit avec un mélange d'huile d'aleurite et d'huile de coco sans charge

	Huile d'aleurite	Huile de coco
Poids du corps gras (g)	37,5	37,5
Indice de saponification	189,5	256
Indice d'iode	166,5	8
Coefficient INS	23	248
Poids de soude caustique (g)	12	
Poids de l'eau (g)	72	
Poids de la charge (g)	0	
Poids de carbonate de soude (g)	0,2	
Température de cuisson (°C)	70-90	
Durée de la cuisson (mn)	180	
Qualité du savon	Bonne et dure	
Pouvoir moussant	Bon, formation rapide, mousse stable	
Pouvoir détergent	Bon	
Effet sur la peau	Doux	

(Source : auteur)

2.2 - Avec charge

Tableau 19 : Résultats de l'essai par procédé mi-cuit avec un mélange d'huile d'aleurite et d'huile de coco avec charge

	Huile d'aleurite	Huile de coco
Poids du corps gras (g)	37,5	37,5
Indice de saponification	189,5	256
Indice d'iode	166,5	8
Coefficient INS	23	248
Poids de soude caustique (g)	12	
Poids de l'eau (g)	72	
Poids de la charge (g)	3,75 (5%)	
Poids de carbonate de soude (g)	0,2	
Température de cuisson (°C)	70-90	
Durée de la cuisson (mn)	150	
Qualité du savon	Un peu molle mais Bonne	
Pouvoir moussant	Bon, formation rapide, mousse stable	
Pouvoir détergent	Bon	
Effet sur la peau	Doux	

(Source : auteur)

TROISIÈME PARTIE :
ETUDES ECONOMIQUE ET D'IMPACT
ENVIRONNEMENTAL

CHAPITRE I - ANALYSE DE L'ETAT INITIAL ET DE SON ENVIRONNEMENT

I.1 - Cadre géographique et économique [18][19][23][24]

Nous comptons mener notre projet à Mitsamiouli, une ville située au nord de la Grande Comore. Afin de mener à bien ce travail et afin de mieux situer le site dans son contexte géographique et économique, nous trouvons judicieux de commencer par faire une brève présentation des Comores puis de l'île de la Grande Comore avant d'entamer une présentation de la zone d'étude proprement dite.

I.1.1 - Présentation générale sur les Comores

- Cadre géographique :

Les Comores, **Juzur al Qamar** en arabe est un pays situé dans l'océan Indien, à l'entrée nord du canal du Mozambique, entre 11° 20' et 13° 04' de latitude Sud et 43° 11' et 45° 19' de longitude Est. Les Comores comprennent les îles de Grande Comore (ou Ngazidja), de Mohéli (Mwali) et d'Anjouan (Nzwani). Sa capitale est Moroni, ville de la Grande Comore.

L'archipel des Comores constitue un pont entre l'Afrique, Madagascar et le Proche-Orient. Il compte une quatrième île, Mayotte (ou Maoré). Celle-ci, à l'issue d'un référendum au cours duquel les autres îles ont choisi l'indépendance, a préféré se maintenir sous souveraineté française. Les figures 5, 6 et 7 présentent la position des Comores respectivement dans le monde, dans son cadre insulaire et dans le canal de Mozambique.

Fig. 5 : Carte du monde

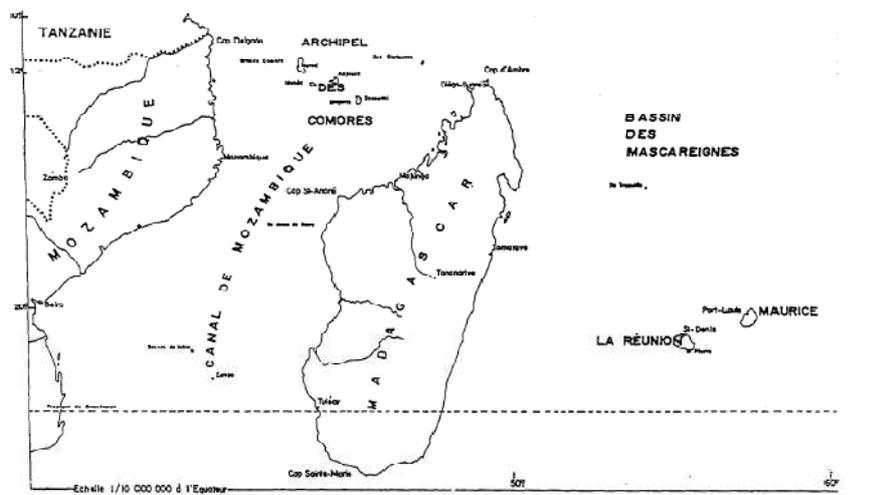


Fig.6 : Archipel des Comores



(Source : Revafrique)

Fig. 7 : Les Comores dans le canal de Mozambique



(Source : Abdou Soimadou ALI et Abdoulhouda YOUSSEUF, Conservation de la biodiversité aux Comores, Parc national de Mohéli)

La république des Comores couvre une superficie de 2.034 km². D'origine volcanique, les Comores, situées à égale distance de l'Afrique et de Madagascar, sont essentiellement formées de montagnes, qui surplombent des plaines côtières étroites. Le sommet le plus élevé, le Kartala (2 361 m) sur la Grande Comore, est un volcan toujours actif, dont la dernière éruption s'est produite en 1977.

- **Climat :**

Les îles, soumises à un climat tropical humide, sont exposées à la mousson de l'océan Indien de novembre à mai, ainsi qu'aux alizés, qui prévalent le reste de l'année. Les températures vont de 23 °C à 26 °C en moyenne, toutefois le climat subit d'importantes variations locales. Les précipitations varient en fonction de l'altitude ; Moroni reçoit 2 600 mm d'eau par an, mais le massif du Kartala en reçoit de 6 000 à 8 000 mm par an.

- **Démographie :**

En 2008, la population comorienne était de 731 775 habitants, soit une densité moyenne de 337 habitants au km². Le taux de croissance de la population s'élève à 35,1 p. 100 pour la période 1995–2005. En 2008, le taux de natalité était de 35,8 p. 1 000 avec une moyenne de 4,90 enfants par femme. L'espérance de vie était de 63,1 ans en 2008,

60,7 ans pour les hommes et 65,5 ans pour les femmes. Le taux d'alphabétisation était de 56,8 p. 100 en 2005. Les données démographiques sur les Comores sont données dans le tableau 20.

Tableau 20 : Tableau récapitulatif des données démographiques aux Comores

Population	731 775 habitants (2008)
Densité de population	337,2 habitants au km ² (2008)
Taux de fécondité	4,9 enfant(s) par femme (2008)
Taux de mortalité	7,8 ‰ (2008)
Taux de mortalité infantile	68,6 ‰ (2008)
Taux de croissance de la population	2,80 % (2008)
Espérance de vie	hommes : 60,7 ans (2008) femmes : 65,5 ans (2008)
Population par tranches d'âge	moins de 25 ans : 61 % (2008) 25-64 ans : 35,9 % (2008) plus de 65 ans : 3 % (2008)
Taux d'urbanisation	36,3 % (2005)
Taux d'alphabétisation	hommes : 63,9 % (2005) femmes : 49,7 % (2005)
IDH	0,556 (2006)

(Source : Encarta 2009)

- **Economie :**

L'archipel des Comores est l'un des pays les plus pauvres au monde et dépend de l'aide internationale, notamment française. En 2006, le produit intérieur brut (PIB) était estimé à 403,2 millions de dollars, soit un revenu annuel par habitant de 657,10 dollars. L'économie repose essentiellement sur l'agriculture, qui occupe près de 80 p. 100 de la population active, mais ne suffit pas à nourrir la population. L'archipel est spécialisé dans les plantes à parfum et les épices — l'ylang-ylang (premier rang mondial dans les années 2000), le giroflier et le vanillier —, dont l'exportation constitue les principaux revenus de l'archipel.

Les forêts couvrent près de 16 p. 100 de la superficie des îles. Très dégradées par la pression humaine, elles ne fournissent qu'une quantité modeste de bois dur, essentiellement sur la Grande Comore. Le secteur secondaire demeure embryonnaire (l'industrie constitue moins de 5 p. 100 du PIB) tandis que le secteur tertiaire est essentiellement lié au commerce des cultures de rente. La dette extérieure des Comores s'élevait fin 2002 à 232 millions de dollars. L'unité monétaire de la République des Comores est le franc des Comores (divisible en 100 centimes), qui fait partie de la zone franc et est lié à l'euro (1 euro équivaut à 491,97 francs comoriens). Les données économiques sur les Comores sont relatées dans le tableau 21.

Tableau 21 : Tableau récapitulatif des données économiques aux Comores

Monnaie	franc des Comores
PNB	327,6 millions de dollars (2004) 660 dollars par habitant (2006)
PIB	403,2 milliards de dollars (2006) 657,1 dollars par habitant (2006)
Taux de croissance du PIB	0,5 % (2006)
Taux d'inflation *	2,7 % (2006)
Taux de chômage	20 % (1996)
Balance commerciale	-87,2 % des importations (2002-2004)
Part du secteur primaire	77,3 % de la population active (1990) 45,2 % du PIB (2006)
Part du secteur secondaire	9,4 % de la population active (1990) 11,8 % du PIB (2006)
Part du secteur tertiaire	13,3 % de la population active (1990) 38 % du PIB (2005)

(Source : Encarta 2009)

- **Peuplement :**

La situation géographique des Comores, qui furent intégrées au commerce swahili dans l'océan Indien, explique la diversité de son peuplement : les Antalaotres, peuples de la mer à l'origine mythique, en seraient les premiers habitants. Des Arabes, des Perses, établis initialement à Zanzibar et sur la côte orientale de l'Afrique, des Malgaches et des Indiens musulmans sont venus peupler l'archipel. Peuplées, selon la tradition, d'Antalaotres, une population née des contacts entre les populations locales et les immigrants d'Arabie et d'Orient, les Comores sont islamisées à partir du XII^e siècle par les Arabes, qui donnent leur nom aux îles (en arabe, *Jazayr al-Qamar*, les îles de la Lune). L'archipel est intégré au commerce swahili entre la côte orientale de l'Afrique, le Proche-Orient et l'Orient, plus lointain. Au XVI^e siècle, des Perses de Chiraz, établis à Zanzibar, à Kilwa et sur la côte africaine, s'installent aux Comores, où ils nouent des alliances avec les chefs locaux, formant des clans qui deviennent peu à peu des sultanats.

Dans le même temps, les premiers Européens, d'abord des Portugais, accostent dans l'archipel, certains d'entre eux entrant comme pirates au service des sultans, qui ne cessent de batailler entre eux et dont les territoires sont exposés aux raids des pirates malgaches. L'île d'Anjouan finit par s'assurer la prééminence sur l'archipel, où le pouvoir se trouve parfois aux mains de sultans. Au début du XVIII^e siècle, ces « îles des sultans batailleurs » prennent à leur service des pirates européens chassés de la mer des Antilles, ouvrant ainsi leur territoire à l'influence de mercenaires et d'aventuriers qui ne cessent de s'impliquer dans la politique locale. Les pirates malgaches dévastent Anjouan en 1790. En 1843, les Français achètent Mayotte au sultan local. Un protectorat est mis en place, élargi en 1885-1886 aux trois autres îles. L'accaparement des meilleures terres par les Européens provoque de grandes insurrections comme en 1889 à Anjouan et en 1902 à Mohéli.

Devenu colonie française, l'archipel est rattaché à Madagascar à la veille de la Première Guerre mondiale. En 1946, il est séparé de Madagascar et devient territoire français d'outre-mer. Le 6 juillet 1975, les îles Comores accédèrent unilatéralement à l'indépendance.

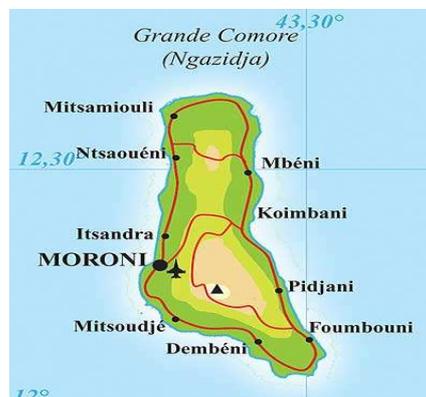
L'archipel des Comores est composé des îles de Grande Comore (ou Ngazidja), de Mohéli (Mwali) et d'Anjouan (Ndzuwani). 36 p. 100 seulement des Comoriens habitent les villes, dont la plus peuplée, Moroni, la capitale, sur la Grande Comore, compte moins de 30 000 habitants. Les autres centres urbains importants sont Mutsamudu, sur Anjouan, et Fomboni, sur Mohéli. C'est dans l'île de la Grande Comore que nous comptons mener notre projet, notamment à Mitsamiouli, la deuxième ville de l'île par son importance, notamment touristique.

I.1.2 - Présentation régionale

Grande Comore ou Ngazidja en Shikomor est la plus grande des îles de l'archipel des Comores. Elle fait partie de l'Union des Comores et comprend la capitale, Moroni.

L'île possède de nombreuses plages de sable blanc mais souffre du pillage. Toutefois, depuis les années 1990, un plan de sensibilisation a été mis en place pour préserver l'écosystème. Un éventuel essor du tourisme pourrait inciter les habitants à réfléchir sur les conséquences de ce pillage. En effet, ce sable pourtant de très mauvaise qualité, car salé, était utilisé frauduleusement dans la construction. La Grande Comore dispose également d'un plateau étendu qui souffre de manque d'eau, ce qui nuit à l'expansion de l'agriculture. Pour remédier à ce handicap, de nombreuses nappes souterraines sont aujourd'hui captées grâce aux fonds fournis par différents programmes d'aide au développement. Cependant, les ressources restent insuffisantes pour une utilisation agricole extensive. C'est au nord de cette île (figure 8) que se trouve le site où nous comptons mener notre projet.

Fig. 8 : Ile de la Grande Comore



(Source : Revafrique)

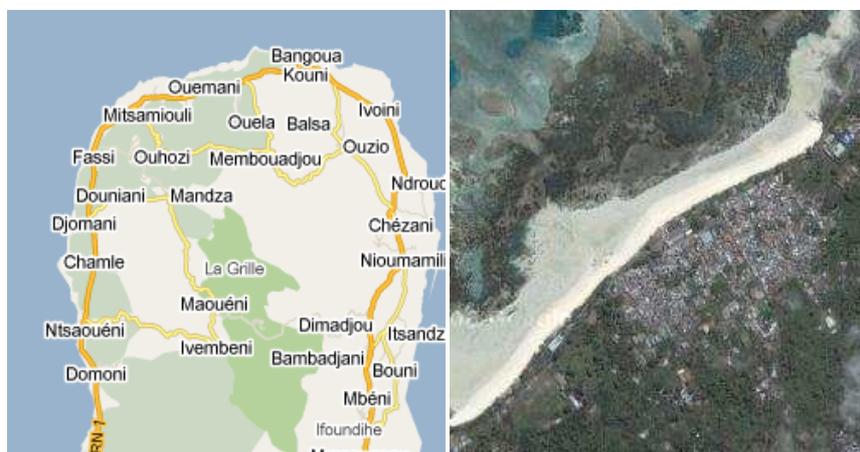
I.1.3 - Présentation locale

Mitsamiouli est le chef lieu de la région de Mitsamihuli, au nord de la Grande Comore, la plus grande île des Comores. Mitsamiouli est située à une latitude de -11,38472 et à une longitude de 43,28444. La localité comptait 6104 habitants en 2006.

Mitsamiouli est la région la plus touristique de l'île avec de nombreuses plages au sable blanc, des vestiges des palais royaux datant de la période des Sultanats et une série de structures d'hébergement touristique allant des simples bungalows au complexe hôtelier 4 étoiles.

La population de Mitsamiouli est d'origine bantoue et arabe avec une forte proportion de descendants de colons français (Humblot, Rivière et Toinette sont les plus connus). La région comprend environ une dizaine de villages.

Fig. 9 : Région de Mitsamiouli Fig. 10 : Photo satellite de la ville



(Source : Revafrique)

I.1.4 - Accès au site

Mitsamiouli est traversée par la route nationale numéro 1 (RN1) qui fait le tour de l'île. Des routes secondaires relient par ailleurs la ville de Mitsamiouli aux autres villages de la région qui sont situés en haute altitude. Mitsamiouli demeure ainsi l'une des villes les plus

faciles d'accès à partir de n'importe quelle région de l'île. Par rapport, aux autres îles, le passage par la capitale, Moroni, s'impose car c'est cette ville qui abrite l'unique port de l'île. Cependant, cette situation ne complique en rien l'accès au site car Moroni se situe à seulement 45km de la ville. Le site proprement dit se trouve vers le sud de la ville dans un lieu dénommé « Handadji », à quelques mètres seulement de l'hôpital de la ville. On peut y accéder à pied ou en voiture. La figure 11 est un croquis des routes d'accès à la ville.

Fig. 11 : Croquis des routes de la ville



(Source : Revafrique)

I.1.5 - Economie générale de la région de Mitsamiouli

I.1.5.1 - Activité économique

D'antan, la ville de Mitsamiouli a été un des grands ports de l'île, notamment en provenance de Zanzibar, un des grands fournisseurs du pays en matière de marchandises de tout genre. Ainsi, le commerce y est prépondérant. La population, très citadine, est très active. Mitsamiouli a abrité une dizaine d'années durant un des plus grands complexes hôteliers de l'Afrique, l'hôtel Galawa Beach. Cette présence avait fait de la ville une, sinon la locomotive économique du pays. Artisanat, sport nautique et autres activités à critère touristique se sont vite développés.

D'autre part, Mitsamiouli doit sa renommée de moteur économique du pays grâce à l'héritage laissé par les colons dont la plupart s'étaient épris de cette ville. Actuellement, on

peut toujours y admirer les grands domaines coloniaux et la culture d'ylang ylang y est plus prépondérante que dans les autres parties de l'île. La culture de la vanille y est aussi très pratiquée.

Par ailleurs, plusieurs villages de la région sont très réputés être des grands producteurs de denrées vivrières (banane, tarot, manioc...). De plus, cet important port de pêche s'auto-suffit en poissons. Ces produits sont presque exclusivement écoulés au grand marché de la ville, un marché construit à cet effet par l'ensemble communautaire de la ville et des autres villages de la région.

Actuellement, Galawa Beach n'est plus, mais la région bénéficie jusqu'alors de son potentiel touristique et un projet d'ouverture du plus grand complexe de l'Afrique de l'Est par un prince Saoudien est actuellement en cours dans cette région.

I.1.5.2 - Les types d'occupation du sol

De manière générale, l'agriculture est pratiquée de façon artisanale. Ainsi, divers types de cultures peuvent se trouver réunis dans le sol. Ainsi par exemple, dans un champ (appartenant à des particuliers), on trouve souvent représenté des orangers, des manguiers, du manioc, du tarot, de la banane...

Seule la culture de l'ylang ylang ou de la vanille bénéficie d'un soin particulier. Cependant, en s'éloignant de la ville vers les autres villages de la région, plusieurs types de cultures sauvages y sont représentés. Nous ne pouvons pas les citer ici faute d'études de ce genre mais nous citerons particulièrement la présence abondante d'Aleurite Moluccana dans cette région.

Côté élevage, le mouton, la chèvre et la poule sont les principaux animaux qu'on y rencontre. L'élevage de la vache s'y effectue mais à plus faible échelle.

I.1.5.3 - Emprise du projet

Bien que la ville de Mitsamiouli soit le lieu d'implantation du projet, une emprise certaine sur l'économie de la région en particulier, et du pays en général est certaine.

I.2 - Caractéristiques physiques du site et de ses environs [12][24]

I.2.1 – Topographie

La ville de Mitsamiouli se situe au bord de la mer, à presque 0km du niveau de la mer. Il en est de même pour de nombreux autres villages appartenant à la région (Bangoi-Kouni, Ndzaouzé, Ipvoini, Batsa...). L'altitude varie de façon croissante en s'éloignant de la ville vers les autres villages de la région situés en altitude. Quant au site, il est situé dans un relief plan dans sa totalité.

I.2.2 – Climatologie

Le nord de l'archipel est caractérisé par des basses pressions équatoriales. Localement, des brises de terre et de mer peuvent survenir le soir ou après le lever du jour. Toutes les stations des Comores reçoivent plus de 1 mètre de pluie par an. Sur la côte, la température moyenne annuelle est voisine de 25° centigrades.

Les températures maximales peuvent avoisiner les 35° centigrades. Les données pluviométriques de quatre stations de la Grande Comore dont Mitsamiouli, sont résumées dans le tableau 22 et celles relatives aux températures de la zone d'étude dans le tableau 23.

Tableau 22 : Tableau relatif à la pluviométrie (en mm) de la zone d'étude

	J	F	M	A	M	J	
Moroni	345,6	296,5	283,6	331,3	249,6	251,3	
Nyumbadju	459,6	348,4	443,7	873,9	1070,5	612,7	
Mitsamiouli	416	297,8	282,7	238,2	80,8	45,2	
Fumbuni	222,9	173,6	250,6	210,1	95,6	58,3	
	J	A	S	O	N	D	Total annuel
Moroni	243	154,1	107,4	95	106	231,2	2695
Nyumbadju	661,8	345,2	184,2	262,4	302,5	334,2	5888,2
Mitsamiouli	31,7	58,7	80,7	111,4	72,1	170,3	1884,6
Fumbuni	36,5	26	30,4	47,3	70,8	175,8	1398,5

(Source : Géographie des Comores, René Battistini, Pierre Vérin, Nathan, 1984)

Tableau 23 : Tableau relatif à la température de la zone d'étude

Jour	Température Min-max (°C)
Jeudi 31 décembre 2009	28°-28°
Vendredi 01 janvier 2010	28°-29°
Samedi 02 janvier 2010	28°-29°
Dimanche 03 janvier 2010	29°-29°
Lundi 04 janvier 2010	28°-29°
Mardi 05 janvier 2010	28°-28°
Mercredi 06 janvier 2010	28°-28°

(Source : Revafrrique)

I.2.3 - Pédologie, flore et faune

Le transect pédologique de direction Nord-Sud décrit respectivement un sol sableux sur le littoral et basaltique à l'intérieur. Le site est un champ abritant plusieurs cultures vivrières (manguiers, bananiers, orangers...). On y trouve également des herbes, herbacées et des arbustes (tel que *Jatropha Curcas*). Les fougères y sont abondantes.

Les espèces animales identifiées sur les lieux sont généralement des espèces de mollusques (escargot), des annélides (ver de terre) et des insectes (papillon). Le sous-sol renferme des roches calcaires et en creusant, de l'eau relativement salée peut y jaillir.

I.2.4 – Hydrologie

L'eau est un des problèmes majeurs rencontrés au niveau de l'île de la Grande Comore. A Mitsamiouli cependant, ce problème a toujours été moins vécu que dans le reste de l'île étant donné l'abondance de l'eau souterraine à partir des puits. Cette eau est cependant de moindre qualité pour la consommation car salée mais cela peut être considéré plutôt comme avantage dans notre projet où le sel peut servir d'agent de relargage sinon de charge.

Au niveau de chaque foyer ou presque, il est coutume d'aménager une citerne pour recueillir l'eau de pluie. Mitsamiouli compte actuellement 5 puits publics et à peu près le même nombre de bornes fontaines.

I.3 - Milieu humain

I.3.1 - Aspect socio-économique

Mitsamiouli est dotée d'une structure communautaire qui s'occupe de la gestion des biens de la ville. Cette structure interne appelée « Ikayo cha mdji » (littéralement : boîte de la ville) est dirigée par un collectif issu du milieu intellectuel et de la notabilité. Cette structure s'autofinance à partir des sommes d'argent versées lors des grands mariages et à partir des bénéfices issus des activités communautaires.

La contribution financière des associations communautaires de la ville et des autres villages de la région habitant en France apporte beaucoup au développement de la région. Mitsamiouli figure parmi les villes ayant un grand taux d'alphabétisation au pays et le taux de scolarisation dépasse les 80% (si on tient compte des deux modes de scolarisation observés au pays : école coranique et école moderne).

I.3.1.1 - L'enseignement

♣ Situation des établissements existants

La liste des établissements scolaires existant aux environs du site est relatée dans le tableau 24.

Tableau 24 : Tableau récapitulatif des établissements scolaires de la ville de Mitsamiouli

DESIGNATION	LOCALISATION	PUBLIC	PRIVE
Pré-scolaire	Kariako		1 (Groupe Scolaire Olivier)
Primaire	Kariako	1	1 (Groupe Scolaire Olivier)
	Mtsongolé		1 (6 Juillet)
	Miréréni	1	1 (EPSMC)
	Djao		2 (EPM, Lumière)
	Dima		
Secondaire 1 ^{er} cycle	Kariako	1	1 (Groupe Scolaire Olivier)
	Miréréni		1 (6 Juillet)
	Djao		1 (EPSMC)
	Dima		2 (EPM, Lumière)
Secondaire 2 nd cycle	Kariako	1	1 (Groupe Scolaire Olivier)
	Djao		1 (EPSMC)
	Dima		1 (EPM)

(Source : Après enquête)

I.3.1.2 - La santé

♣ Les centres de santé

- Le complexe hospitalier de Mitsamiouli
- Les cabinets privés

I.3.1.3 - L'habitat

♣ Type d'habitat

- Habitat traditionnel utilisant des matériaux locaux : maison en paille ou en feuille de cocotier (presque en état de disparition), ou en tôle.
- Construction de type moderne : ossature en béton, toiture en tuile, en béton ou en tôle.

♣ Structure sanitaire

Le plus souvent, un grand trou creusé sur un espace aménagé à cet effet fait office de latrines. De nos jours, on assiste de plus en plus au remplacement de ces latrines traditionnelles par des structures sanitaires très modernes.

I.3.1.4 - Les sports et loisirs

Le sport est le deuxième point fort de la ville après le tourisme. Tout d'abord, les kilomètres de plage qui longent la ville font office d'un terrain immense pour des sports divers (football, volley-ball...). La ville est dotée aussi de l'unique terrain de foot agréé par la FIFA du pays. Le basket-ball et le volley-ball s'y pratiquent aussi couramment. Côté loisirs, des places publiques ont été aménagées pour des jeux de société (domino, « mraha »,...).

I.3.1.5 - Les autres structures d'appui opérant dans la région

Le tableau 25 fait état des structures d'appui opérant aux environs du site.

Tableau 25 : Tableau récapitulatif des structures d'appui à Mitsamiouli

DENOMINATION	STATUT	LOCALISATION	DOMAINE D'INTERVENTION
MECK	Institution financière	Kariako	Financement de microcrédit
CLAC	Centre culturelle	Miréréni	Education socioculturelle
ADCS	Association	Miréréni	Education socioculturelle

(Source : Après enquête)

I.3.1.6 - Les religions

L'islam est la seule religion pratiquée dans le secteur et la ville est peuplée de personnes particulièrement croyantes. Les mosquées (lieux de prière) de la ville sont répartis comme suit (voir tableau 26) :

Tableau 26 : Tableau récapitulatif des lieux de prière à Mitsamiouli

Kariako	Mtsongolé	Miréréni	Djao et Dima
2	5	4	4

(Source : Après enquête)

I.3.1.7 - Les us et coutumes

La presque totalité des pratiques traditionnelles du pays et donc de la région découlent de la religion musulmane. Le pays observe cependant des coutumes qui lui sont propres tel que le grand-mariage (type de mariage coutumier). La vente ainsi que la consommation de la viande de porc et de tout ce qui s'y rapporte y est entièrement prohibée.

I.4 - Paysage

I.4.1 - Typologie du paysage

A l'instar des villes côtières du monde, le paysage de la ville de Mitsamiouli est dominé par les innombrables plages au sable blanc. La ville est parcourue par une rangée de grands arbres dont des cocotiers. Des badamiers sous lesquels les habitants se protègent du soleil arborent les places publiques. La ville est bâtie sur une surface plane, on n'y rencontre ni montée ni descente.

I.4.2 - Infrastructures existantes

♣ Les infrastructures administratives

- Les locaux de la préfecture du nord
- Un bureau des postes
- Un bureau de Comores Telecom
- Un poste de gendarmerie
- Un poste de police

♣ Les marchés et industries

La ville compte un grand marché principal où tous les vendeurs de la région viennent écouler leurs marchandises. On y rencontre également des commerçants malgaches et zanzibarites. La ville est munie de deux boulangeries et d'au moins 3 magasins de vente en gros. On ne compte pas moins d'une dizaine d'épiceries.

♣ Les infrastructures routières

La ville de Mitsamiouli est traversée par la RN1 contournant la totalité de l'île. Cette même route relie directement la ville à Moroni, la capitale située à 45km de la ville. D'autres routes secondaires relient la ville aux localités avoisinantes.

♣ L'énergie électrique

La presque totalité de la région est reliée au secteur électrique de la « MAMWE », la société comorienne de l'électricité et de l'eau.

♣ La communication

Environ 6 cabines téléphoniques sont recensées dans la ville. La région est par ailleurs entièrement couverte par le réseau de Comores-Télécom, l'unique opérateur du pays en matière de télécommunication (fixe et mobile).

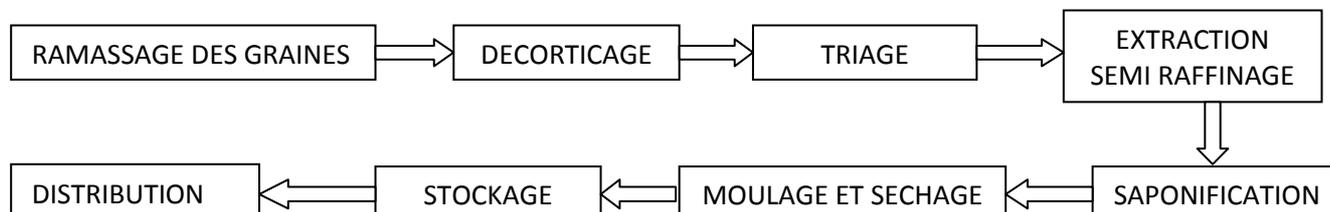
I.4.3 - Valeur du paysage

Le site est situé dans un champ et a longtemps servi à la culture de cultures vivrières. Cependant, nous ne prévoyons pas le rasage de tout le champ mais juste de la surface nécessaire à l'implantation.

CHAPITRE II : ANALYSE DES EFFETS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

II.1 - Schéma général d'exploitation

II.1.1 - Mode d'exploitation



II.1.2 - Différentes installations de surface

Nous n'envisageons pas encore la construction d'un bâtiment en guise de savonnerie mais l'utilisation d'un hangar déjà existant pour le séchage et le stockage (à la fois des matières premières et des produits finis). La cuisson se fera en plein air et au soleil juste en dehors dudit hangar. Des dépenses ne seront donc pas prévues à cet effet.

II.1.3 - Régime de travail et production

Notre objectif pour le long terme est d'assurer l'approvisionnement du pays en matière de savon. Pour un début, nous visons seulement la production de savons de ménage et de lessive et pour une production annuelle de 7 tonnes de savons, ce qui représente une capacité journalière de 25kilos de savon (l'usine fonctionne 6 jours par semaine et donc 288 jours par an sans compter les jours fériés). La production se fait de manière semi-industrielle, c'est-à-dire avec des matières premières propres à la production industrielle (soude, technique, appareillages de laboratoire...) mais des moyens de fabrication artisanaux (Traitement de la matière végétale, matériels...).

II.1.4 – Matériels et équipements

Pour le lancement du projet, nous comptons nous doter de :

- Une presse dont la capacité de production pourrait atteindre 15 litres d'huile par jour.
- Une grande cuve en plastique de 100 litres de capacité.

- Une chaudière de 100 litres de capacité.
- Une estampeuse
- Une balance
- Un densimètre
- Des gants et des lunettes de protection

II.1.5 – Matières premières :

Les matières premières utilisées par la savonnerie sont :

- La soude caustique : elle sera importée de Madagascar
- Les huiles : l'approvisionnement se fera localement.
- Le silicate de soude : il sera importé de Madagascar
- Le calcaire : il sera exploité sur place.
- L'eau : elle sera puisée sur place sur un puits. Elle sera traitée par précipitation et décantation à la chaux.

II.1.6 – Processus de fabrication :

Nous prévoyons la production par le procédé froid (et éventuellement le procédé semi-chaud). La chaîne de fabrication sera la suivante :

- Ramassage des graines et pressage de l'huile (bien qu'une plantation est prévue, dans le présent projet, nous envisageons le ramassage des graines dans les diverses localités et ne prévoyons que l'achat du coco). Cette étape inclut aussi les traitements préalables de l'huile. Ces tâches seront assurées par deux hommes forts qui se relayent.
- La préparation des autres matières premières (lessives, eau, charges et catalyseur). Le responsable de la production est chargé de cette préparation.
- La cuisson, le moulage et le stockage du savon. Cette tâche sera confiée à une femme.

II.2 – Identification des impacts environnementaux

II.2.1 - Impacts sur l'eau

La production de savon par le procédé froid (ou même semi-chaud) n'engendre aucun rejet d'eau ou d'autres rejets que ce soit. Les effluents issus de la savonnerie sont alors ceux provenant du traitement de l'huile (nous notons que le seul traitement envisagé est l'épuration à l'eau) et ceux issus du lavage des matériels utilisés. Ces effluents ne présentent cependant aucun danger majeur car exempts de produits chimiques.

II.2.2 - Impacts sur le sol

A priori, on n'observe aucune contamination du sol. Seul le traitement en amont de la fabrication génère de la boue contenant de la chaux.

II.2.3 - Impacts sur l'atmosphère

Les impacts sur l'atmosphère proviennent essentiellement des vapeurs de soude émises lors de la préparation de soude et de la cuisson. Dans le cadre de production par le procédé mi-chaud, les fumées issues du bois de chauffage contaminent aussi l'atmosphère.

II.2.4 - Impacts écologiques

La production du savon par les procédés froid ou semi-chaud n'a aucun impact écologique majeur. Quant au savon proprement dit, il est considéré comme un produit naturel bien que non disponible dans la nature étant donné qu'il se décompose facilement une fois évacué dans la nature.

II.2.5 - Impacts sur l'Homme

Les impacts sur l'Homme peuvent être considérés sur trois points :

II.2.5.1 - Les nuisances

- Nuisances sonores : La savonnerie n'utilise aucune machine motorisée susceptible d'émettre des bruits. Les seules nuisances sonores sont celles occasionnées par les bruits lors du décorticage des graines et du pressage de l'huile.
- Odeurs : L'odeur de la soude qui peut affecter les voies respiratoires et entraîner une incommodité de celui qui prépare les lessives.

II.2.5.2 - La sécurité des travailleurs

Les impacts sur la sécurité des travailleurs se manifestent généralement de plusieurs manières (accident sur le lieu de travail, incendie des locaux...). Cependant, en savonnerie, l'atteinte majeure qui peut affecter la sécurité des travailleurs est la brûlure par la soude caustique.

II.2.5.3 - La santé

Les impacts sur la santé publique peuvent se manifester par :

- La contamination par ingestion ou par inhalation des produits chimiques utilisés.
- L'ingurgitation accidentelle de l'huile d'aleurite qui présente une certaine toxicité.

II.2.6 - Impact socio-économique du projet

Quatre-vingt pour cent de la population comorienne et environ 60% de la population de la région vivent de l'agriculture. Ce projet offre à cette frange importante de la population la possibilité de devenir des fournisseurs potentiels de matière première (de coco et d'aleurite notamment). Le projet est aussi porteur de travail, notamment concernant

les femmes, les plus communément concernées par la filière savonnerie. Cet autre aspect de promotion de la femme est un impact considérable aux Comores où une grande partie des femmes demeure jusqu'alors « femmes au foyer ». Cependant, le véritable défi qu'un tel projet peut relever est la réduction de la dépendance du pays en matière de PPN, de savon notamment, vis-à-vis de l'extérieur.

II.2.7 - Impact sur les équipements publics et l'urbanisme

Le projet est générateur d'une nouvelle société dans le pays, ce qui contribue énormément au secteur secondaire qui ne représente que 5% des activités du pays. Les bâtiments servant de locaux à l'entreprise constituent un apport de plus dans l'urbanisme des lieux.

CHAPITRE III - LES RAISONS DU CHOIX DU PROJET

III.1 - Choix du site

Le choix du lieu découle principalement de l'aspect côtier de la ville. En effet, l'implantation d'une savonnerie près de la mer facilite énormément plusieurs opérations telles que le relargage si besoin en est. D'autre part, les matières premières du savon (Coco, plantes oléagineuses dont Aleurite Moluccana) se trouvent généralement sur les côtes comme c'est le cas pour le site choisi. Cependant, l'avantage majeur du lieu d'implantation demeure le côté ensoleillé et chaud de la zone, ce qui contribue énormément à l'apport nécessaire à la cuisson du savon (qui se fait à 40°C pour le procédé froid et à 70-90°C pour le procédé semi-chaud). Le deuxième critère qui a retenu notre attention concerne le long terme du projet : il s'agit de l'aspect touristique des lieux. En effet, il serait intéressant de présenter des produits aux huiles essentielles du pays (notamment avec le fort potentiel de production d'ylang ylang dans la région) aux touristes. Un éventuel contrat avec les hôtels et bungalows locaux pour une livraison permanente y est aussi envisageable. Enfin, s'agissant de ma ville natale, le projet pourrait y trouver un soutien indéfectible de la part de la famille et des nombreux amis.

III.2 - Nécessité du projet

III.2.1 - Politique de développement socio-économique

A ma connaissance, les Comores ne disposent jusqu'alors d'aucune unité de savonnerie. Nazico, la seule savonnerie ayant fait l'expérience aux années 1990 a vite fermé les portes mais la qualité du savon produite par cette société semble avoir énormément contribué à son échec. Pour avoir une idée sur les importations de savon aux Comores, nous sommes référés à une analyse des flux commerciaux sur les Comores relatée sur le programme de promotion du commerce Sud-Sud. Les données sont présentées dans le tableau numéro 27.

Tableau 27 : Etat des importations par principaux postes (en pourcentage de la valeur CAF)

PRODUITS	2000	2001	2002	2003	2004
Lait et poudre	8,61	1,85	2,28	1,49	2,46
Viande	2,95	5,06	5,75	6,87	9,31
Poisson	3,74	4,52	1,71	6,69	4,83
Riz ordinaire	6,16	4,96	7,63	9,22	5,43
Farine	10,68	1,52	1,89	2,26	3,02
Sucre	0,17	2,3	1,2	1,48	2,15
Huile	4,85	1,05	1,2	1,13	1,28
Sel	3,75	5,84	9,54	6,30	9,26
Ciment	2,26	3,29	2,84	2,95	5,35
Produits pétroliers	2,68	1,27	1,18	1,21	1,72
Savon	2,66	6,59	1,18	2,70	5,9
Chaussures	1,33	2,86	2,87	2,72	5,22

(Source : Direction générale des douanes)

La mise en place d'une savonnerie peut donc contribuer énormément à la limitation des sorties d'argent du pays vers l'étranger et améliorer ainsi de manière significative la balance commerciale du pays.

III.2.2 - Aspect économique du projet

III.2.2.1 - Les coûts d'investissement

♣ Les coûts des appareillages

Tableau 28 : Tableau récapitulatif des coûts des appareillages

Désignation	Nombre	PU (Ar)	PT (Ar)	PU (fc)	PT (fc)
Presse de type Bielenberg	1	500.000	500.000	90.000	90.000
Cuve en inox de 100l	1	500.000	500.000	90.000	90.000
Balance	1	40.000	40.000	7.200	7.200
Densimètre	1	39.000	39.000	7.000	7.000
Thermomètre	1	58.000	58.000	10.350	10.350
Paires de gants	10	4.000	40.000	720	7.200
Lunettes de protection	1	25.000	25.000	4.500	4.500
TOTAL	17		1.202.000		216.250

$$T_1 = 1.202.000 \text{ Ar (216.250 fc)}$$

- Frais de transport de la presse

Nous envisageons effectuer l'achat de la presse à Madagascar. La presse devra donc être transportée aux Comores par voie maritime.

$$T_2 = 150.000 \text{ Ar (27.000 fc)}$$

- Coût total d'investissement en matériel principal : I_1

C'est la somme du coût des appareillages et de leur transport.

$$I_1 = T_1 + T_2$$

$I_1 = 1.352.000 \text{ Ar (243.250 fc)}$

III.2.2.2 - Les frais opératoires

♣ Charges variables

- Matières premières

On aura 8 heures de travail par jour et l'on travaillera 6 jours par semaine, donc, 24 jours par mois. On travaillera durant toute l'année soit 288 jours. On n'envisage aucun achat de l'aleurite mais son ramassage. Seuls les frais de transport vers le lieu de production feront office de dépense. Le ramassage de l'aleurite se fera journallement et le déplacement vers le lieu de production se fera à chaque fin de mois. Ainsi, le prix unitaire dans la case de l'aleurite désigne le frais mensuel du transport (qui se fait mensuellement) et le prix total désigne les dépenses occasionnées annuellement. Pour ce qui est de l'huile de coco, nous comptons acheter les noix et en extraire l'huile nous même. Nous estimons que 5 cocos fourniront 1kg d'huile. Le carbonate de soude utilisé durant la phase expérimentale sera par ailleurs substitué par du silicate de soude aux propriétés bien meilleurs. Les dépenses sont souscrites pour une année. Sur la base de notre calcul, la production de 1kg de savon nécessite environ :

- 75g de soude
- 235g d'huile d'aleurite
- 235g d'huile de coco
- 11,72g de silicate de soude
- 23,5g de charge (calcaire dans notre cas)
- 450g d'eau

Avec la presse Bielenberg, le rendement est d'environ 20%, ce qui suppose que, pour avoir 235g d'huile d'aleurite, il faut disposer de 1,2 kilo d'amandes d'aleurite, soit 3 kilos de graines (cf. tableau 5). Une production journalière de savon (25 kilos) nécessite donc en fin de compte :

- 1,875 kilo de soude
- 6 kilos d'huile d'aleurite (soit 75 kilos de graines)
- 6 kilos d'huile de coco (30 noix de cocos)
- 293g de silicate de soude
- 587,5g de charge (calcaire)
- 11,25 kilos d'eau

En une année de travail donc (soit 288 jours), la production consomme en moyenne :

- 540 kilos de soude
- 1.728 kilos d'huile d'aleurite (21.600 kilos de graines)
- 1.728 kilos d'huile de coco (8.640 noix de coco)
- 84,384 kilos de silicate de soude
- 163 kilos de calcaire.
- 3.240 kilos d'eau

Tableau 29 : Tableau récapitulatif des coûts des matières premières et de leur transport

Désignation	Quantité	PU (Ar)	PT (Ar)	PU (fc)	PT (fc)
Aleurite	12 mois	56.000	672.000	10.000	120.000
Coco	8.640 noix	560	4.838.500	100	864.000
Soude caustique	540 kg	1800	972.000	325	175.500
Silicate de soude	85 kg	3.000	255.000	550	46.750
Transport*	625kg	500	312.500	90	56.250
TOTAL			7.050.000		1.262.500

I₂ = 7.050.000 Ar (1.262.500 fc)

- Charges en personnel

Tableau 30 : Tableau récapitulatif des masses salariales

Personnel	Salaire mensuel	Nombre de mois de travail	Effectif	Salaire annuel
Directeur (chef de production)	420.000 Ar (75.000fc)	12	1	5.040.000 Ar (900.000fc)
Ouvriers	140.000 Ar (25.000fc)	12	3	5.040.000 Ar (900.000fc)
Masse salariale				10.080.000 Ar (1.800.000fc)

♣ **Frais de démarrage**

Les frais de démarrage sont composés par les frais dus aux produits et réactifs utilisés pendant les premiers mois de la production ainsi que les salaires du personnel de production et de maintenance.

$$I_3 = (\text{Charges variables}/12) + (\text{Main d'œuvre}/12)$$

$$I_3 = 587.500 \text{ Ar (105.225 fc)} + 840.000 \text{ Ar (150.000 fc)}$$

$$I_3 = \underline{\underline{1.427.500\text{Ar (255.255 fc)}}}$$

♣ **L'amortissement**

Le capital amortissable est la somme de tous les investissements :

- Appareil : $I_1 = 1.352.000 \text{ Ar (243.250 fc)}$
- Frais de démarrage : $1.427.500 \text{ Ar (255.255 fc)}$

Nous estimons que la durée de vie probable sera probablement 10 ans pour l'équipement. Ainsi, nous avons un taux d'amortissement de 10% pour l'équipement. Nous avons dans le tableau ci-après le résumé du coût de l'amortissement annuel.

Tableau 31 : Tableau représentatif des coûts annuels de l'immobilisation et de l'amortissement

Désignation	Coût de l'immobilisation	Taux (%)	Montant d'amortissement
Frais de démarrage	1.427.500 Ar (255.255 fc)	10	142.750 Ar (25.550 fc)
Appareil	$I_1 = 1.352.000$ Ar (243.250 fc)	10	135.200 Ar (24.325 fc)
TOTAL	2.779.500 Ar (498.500 fc)	10	277.950 Ar (49.900 fc)

Cette somme sera empruntée auprès de la banque avec un taux d'intérêt de **14%**.

L'intérêt à payer pour la première année d'exercice est :

390.000 Ar (69.800 fc)

♣ Montant des charges fixes

La valeur totale des charges fixes par an est :

Tableau 32 : Tableau récapitulatif des charges fixes

Désignation	Montant
Rémunération des personnels	10.080.000 Ar (1.800.000 fc)
Amortissement	277.950 Ar (49.900 fc)
TOTAL	10.357.950 Ar (1.849.900 fc)

♣ Coût opératoire

Le coût opératoire CO comprend les charges fixes ainsi que l'ensemble des charges variables.

$$\text{CO} = \text{CF} + \text{CV} = 10.357.950 \text{ Ar (1.849.900 fc)} + 7.050.000 \text{ Ar (1.262.500 fc)}$$

CO = 17.407.950 Ar (3.112.400 fc)
--

♣ Chiffre d'affaire : CA

D'après ce qui précède, nous projetons la production de 7200 kilos de savon par an.

D'où le chiffre d'affaire annuel est :

Tableau 33 : Chiffre d'affaire annuel

Quantité de savon produite	7.200 kg
Prix de vente pour 1kg	4.200 Ar (750 fc)
Chiffre d'affaire annuel (Ar)	30.240.000 Ar (5.400.000 fc)

♣ Seuil de rentabilité et le délai pour atteindre pour ce seuil

Calcul de la marge sur coût variable (MCV) et le résultat d'exploitation.

Tableau 34 : Tableau du résultat de l'exploitation

RUBRIQUE	MONTANT
Chiffre d'affaire (CA)	30.240.000 Ar (5.400.000 fc)
Charges variables (CV)	7.050.000 Ar (1.262.500 fc)
Marge sur coût variable (MCV) MCV = CA – CV	23.119.000 Ar (4.137.500 fc)
Charge fixe (CF)	10.357.950 Ar (1.849.900 fc)
Résultat de l'exploitation (RN) RN = MCV – CF	12.761.0 (2.287.600 fc)

- Seuil de rentabilité (SR) :

$$SR = \frac{(CA \times CF)}{MCV}$$

$$SR = 13.548.350 \text{ Ar (2.414.400 fc)}$$

- Délai pour atteindre le seuil de rentabilité

$$SR \times \text{Temps d'activité}$$

$$\text{Délai pour atteindre le seuil de rentabilité} = \frac{\quad}{\quad}$$

Chiffre d'affaire

Temps d'activité = 9 mois

$$\text{Délai pour atteindre le seuil de rentabilité} = 4 \text{ mois}$$

♣ Investissement global

Il se détermine par la formule :

$$\text{Investissement globale } I_o = \text{Immobilisation} + \text{Fonds de roulement interne (FRI)}$$

Le fond de roulement interne est prévu pour assurer les dépenses pendant 2 mois.

$$\text{Donc, FRI} = 2 * 1.427.500 \text{Ar} (255.255 \text{ fc})$$

$$\underline{\underline{\text{FRI} = 2.855.000 \text{ Ar} (510.510 \text{ fc})}}$$

Nous avons donc comme investissement global :

Tableau 35 : Tableau représentatif de l'investissement global

Désignation	Montant
Immobilisation	2.779.500 Ar (498.500 fc)
Fond de roulement	2.855.000 Ar (510.510 fc)
TOTAL	5.634.500 Ar (1.009.000 fc)

III.2.2.3 - Résultat prévisionnel de la première année de fonctionnement

Tableau 36 : Tableau prévisionnel de la première année

Désignation	Valeur
Chiffre d'affaire (CA)	30.240.000 Ar (5.400.000 fc)
Total des charges (Rémunération et charges variables)	17.130.000 Ar (3.062.500 fc)
Excédent brut d'exploitation ou Résultat (EBE) (CA – Total des charges)	13.110.000 Ar (2.337.500 fc)
Amortissement	277.950 Ar (49.900 fc)
Intérêt	390.000 Ar (69.800 fc)
Bénéfice fiscal (EBE – Amortissement – Intérêt)	12.442.000 Ar (2.217.800 fc)
Impôts sur les bénéfices	3.732.600 Ar (665.300 fc) (30%)
Cash flow (Bénéfice fiscal – IBS + Amortissement)	8.987.350Ar (1.602.400 fc)

III.2.2.4 - Récapitulation générale

♣ Rentabilité commerciale

Résultat

Rentabilité commerciale = _____

Chiffre d'affaire

Rentabilité commerciale = 43,32%

♣ Rentabilité économique

$$\text{Rentabilité économique} = \frac{\text{Résultat}}{\text{Capital investi (CO)}}$$

$$\text{Rentabilité économique} = 75,27 \%$$

III.2.3 – Mesures d’atténuation des impacts et d’accompagnement

Les principales mesures d’atténuation des impacts environnementaux porteront sur :

- Le choix de travailler préférentiellement avec le procédé froid pour minimiser la pollution de l’atmosphère par les fumées du bois de chauffage.
- Le choix d’un site approprié pour la décharge des déchets occasionnés par la savonnerie (boue issue du traitement de l’eau en amont)

L’accompagnement concerne la mise en place de programme de suivi périodique des rejets et de la réponse du milieu récepteur suivant un terme de référence bien défini et basé sur la norme et la législation environnementale en vigueur. Le tableau 37 fait état des mesures d’atténuation prévues le long de la chaîne de production.

Tableau 37 : Tableau des analyses d'impacts et de mesures d'atténuation

Activités	Impacts	Mesures d'atténuation
1. Récolte des graines	-Accidents (employés) -Création d'emploi et de revenu	-Participation sur les frais hospitaliers de l'employé en cas d'accident -Impact positif
2. Traitement des graines et pressage de l'huile	-Déchets solides (coques) -Intoxication par l'huile -Crampe due aux gestes mécaniques (santé) -Création d'emploi et de revenu	-Mettre en place des bacs à ordures -Information et port gants de protection -Accorder des pauses -Impact positif
3. Préparation des lessives	-Risque de brûlures, d'inhalation de vapeurs de soude ou de projection sur les eaux -Création d'emploi et de revenu	-Protection par port de gants, de lunettes et d'un masque respiratoire -Impact positif
4. Cuisson du savon	-Risque de brûlure (dans le cas du procédé mi-chaud seulement) -Création d'emploi et de revenu	-Port de gants de protection -Impact positif

CONCLUSION

Cette étude nous a permis de nous familiariser aux diverses techniques employées en huilerie-savonnerie. Il s'agit d'extraire de l'huile, d'en déterminer les indices physico-chimiques de base puis de l'utiliser en tant que matière première pour la fabrication du savon. La qualité du savon obtenu à l'issue de cette étude semble prometteuse pour relancer la filière savonnerie aux Comores, un pays où elle est quasi inexistante malgré l'abondance d'une matière première qualifiée même d'envahissante. En effet, les résultats obtenus nous ont permis de constater que l'huile d'aleurite donne un savon doux mais dont la dureté et le pouvoir moussant ne sont pas assez bons pour intéresser d'éventuels consommateurs. Cependant, ajoutée à de l'huile de coco, cette huile donne un savon dont les propriétés sont nettement améliorées (mousse stable et bonne, bonne dureté et bonne détergence) et dont la qualité n'a rien à envier aux savons disponibles sur le marché. L'huile se saponifie à froid comme à chaud. La saponification à chaud donne les savons les plus doux tandis que la saponification à froid donne les savons les plus durs. L'adjonction de charge a quelquefois tendance à rendre le savon un peu mou surtout avec la saponification à chaud.

Cette étude nous a par ailleurs permis d'évaluer l'intérêt économique et écologique pouvant découler de l'exploitation de l'aleurite moluccana aux Comores. Ses utilités sont nombreuses et couvrent plusieurs domaines : pharmacopées, industrielles et hygiéniques. La réalisation d'un tel projet aux Comores pourrait beaucoup apporter à ce pays ne serait-ce qu'en limitant la demande externe en matière de savon, d'autant plus qu'il s'avère économiquement viable. Par ailleurs, une exploitation en masse de cette espèce semble être le moyen le plus sûr et le plus approprié pour lutter contre son envahissement constaté aux Comores. Cependant, pour que ce projet soit une véritable réussite, plusieurs défis sont à relever :

- Faire face à une concurrence de plus en plus rude et sans frontière ;
- Savoir entretenir cette matière première de base autant que possible.

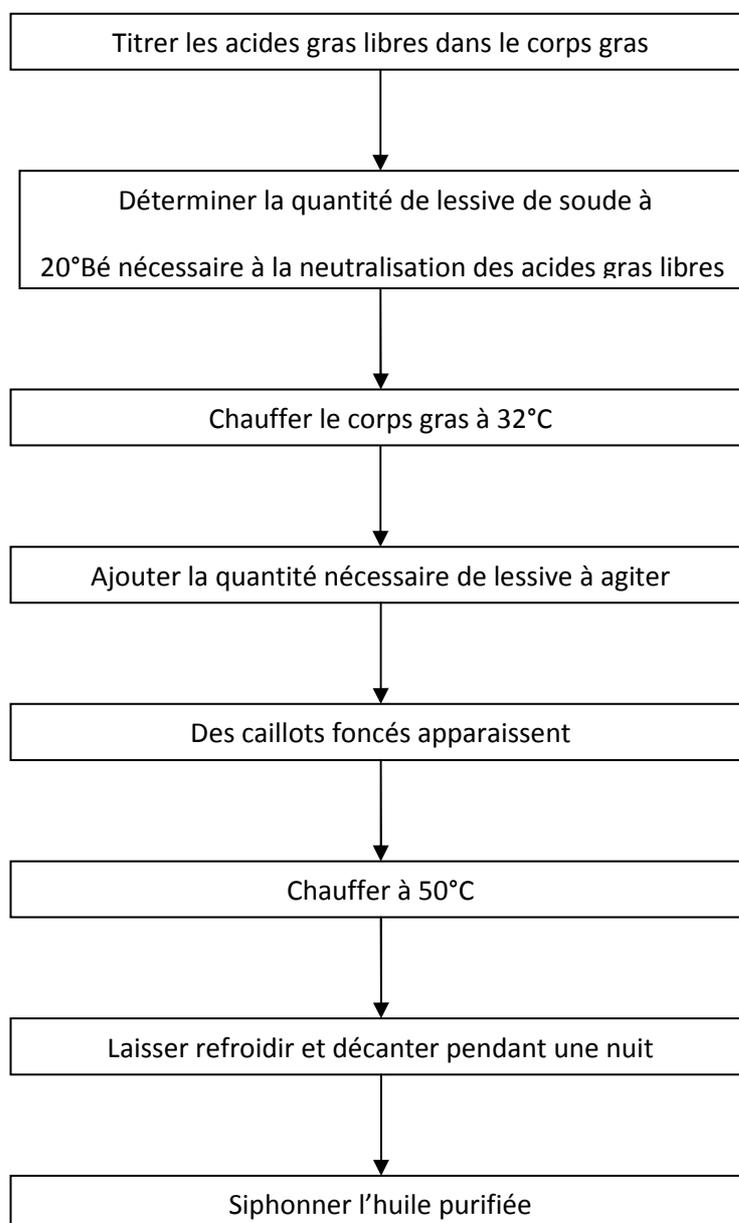
Pour rendre cela possible, d'autres études complémentaires devraient être menées avant la finalisation de ce projet. Ces études devraient porter notamment sur l'aspect

marketing et sur une éventuelle plantation de l'aleurite dans un domaine propre à la savonnerie.

Enfin, concernant la plante elle-même, il serait beaucoup plus intéressant si des travaux concernant ses autres utilisations pouvaient être menés, car cela ne ferait que rehausser sa valeur.

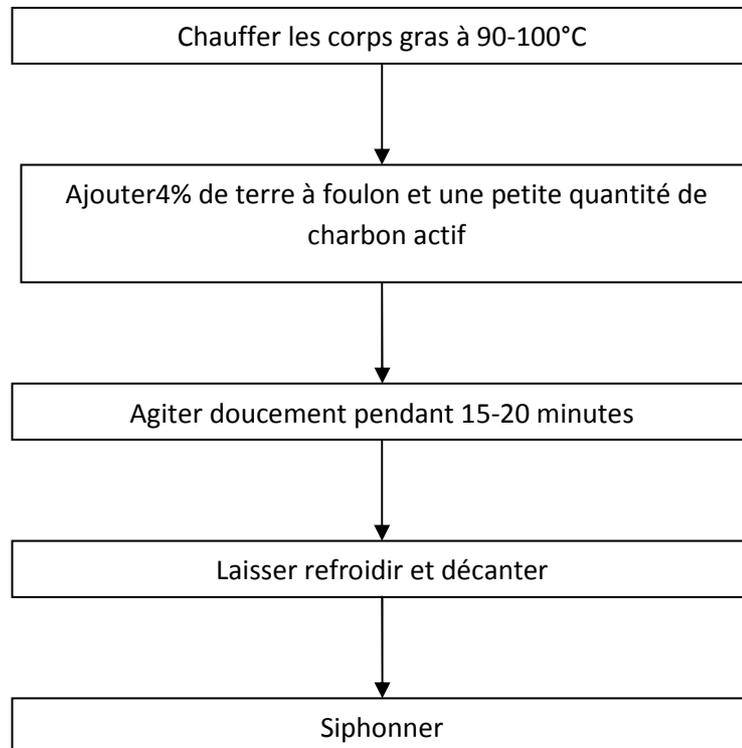
ANNEXE 1 :

Processus d'épuration alcaline



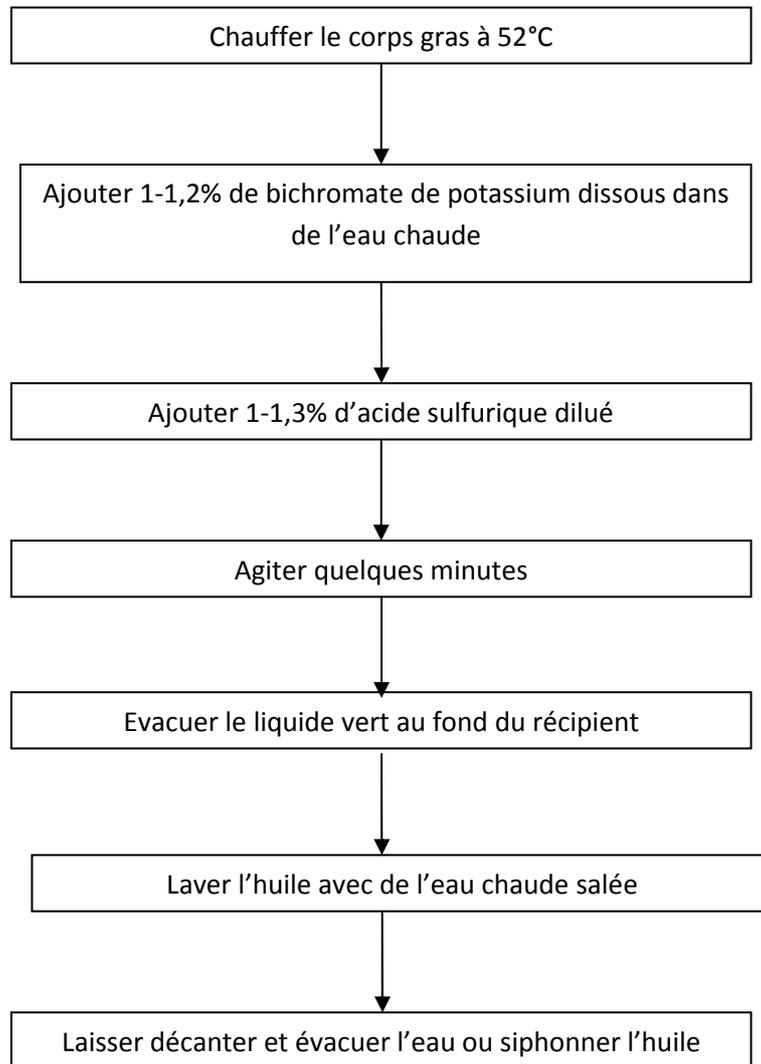
ANNEXE 2 :

Processus de décoloration par la terre



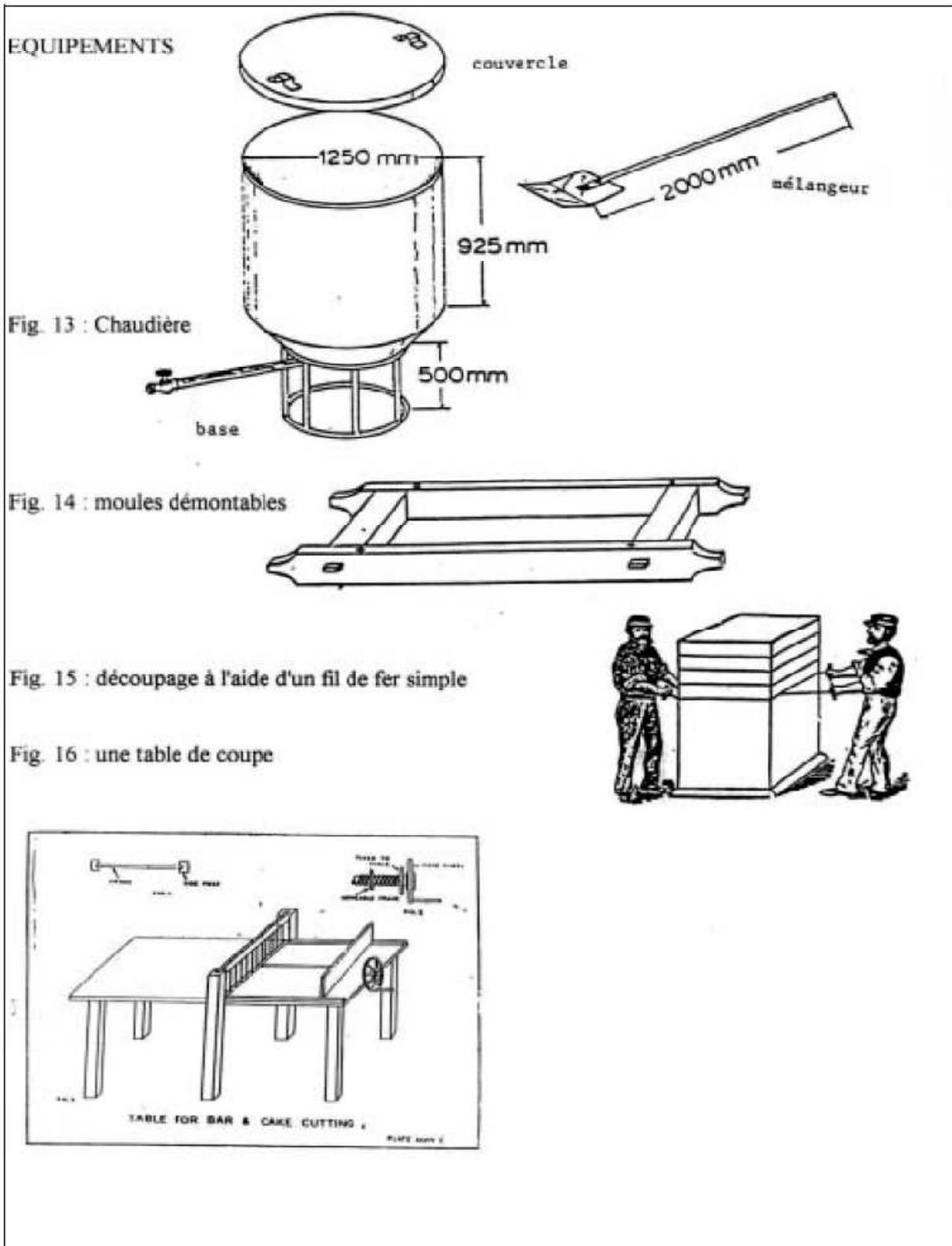
ANNEXE 3 :

Processus de décoloration chimique



ANNEXE 4 :

Equipements de base en savonnerie



ANNEXE 5

DETERMINATION DE LA TENEUR EN HUILE DE L'ALBUMEN

Méthode d'extraction à chaud selon la norme française NFV 03-905

Matériels :

- 2 ballons rodés de 500ml
- Soxhlet
- Balance analytique
- Billes de verre
- Broyeur
- Evaporateur rotatif

Mode opératoire :

- Déchiqueter l'albumen en petits morceaux à l'aide d'une lame.
- Peser 10g de ces petits morceaux d'albumen et les placer dans une cartouche d'extraction.
- Tarer les deux ballons munis chacun de billes de verre.
- Installer la cartouche, avec la prise d'essai, dans le corps de l'extracteur.
- Verser dans l'un des ballons la quantité nécessaire de solvant (hexane).
- Laisser fonctionner pendant 4h.
- Par distillation, chasser le solvant à l'aide de l'évaporateur rotatif.
- Laisser refroidir le ballon contenant l'huile.
- Etuver pendant 10 minutes puis refroidir dans un dessiccateur ; peser.
- Faire une nouvelle extraction.
- L'opération est terminée lorsque la différence entre deux pesées successives est égale à 10mg.

Résultats :

La teneur en huile par rapport au produit frais est :

$$t(\%) = m * \frac{100}{M}$$

avec *m*: masse de l'huile et *M*: masse de la prise d'essai

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. RAKOTONIAINA Jean Marie Bernardin, « Analyse et utilisations de quelques aleurites endémiques de Madagascar », mémoire de fin d'études, ESSA.
2. Lisette Caubergs, « La fabrication du savon, aspects techniques, économiques et sociaux ».
3. RAMARSON.N et RAZAFIMIHOATRA.A, « Conception d'une unité micropilote de fabrication de savon », mémoire de fin d'études, ESPA, 1995.
4. ANDRIAMANANTENA Tovonony Barison, « Projet de fabrication artisanale de savon à partir de l'huile de jatropha curcas dans la région de l'Itasy », mémoire de fin d'études, ESPA, 2006.
5. RAZAFIMANDEFTRA André, « Cours de tensioactifs et colorants », ESPA, 2009.
6. Peter Donkor, « Produire du savon », GRET, 1986.
7. RASON, RAMANDIMBISON, « Les plantes oléagineuses du sud de Madagascar », mémoire de fin d'études », ESPA, 1986.
8. ADAM.J, « Les plantes à matière grasse », sociétés d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1953.
9. IDY Avisoa Natacha, « Etude de l'huile d'amande de la noix de Calophyllum Inophyllum et application pour la fabrication de savon », mémoire de fin d'études, ESPA, 2007.
10. ANDRIANIRINA Tsiory, « contribution à l'étude des caractéristiques de l'huile des graines de Moringa Drouhardii », mémoire de fin d'études, ESPA, 2009.
11. Henri-Pierre Maders, Etienne Clet, « Comment manager un projet », éditions d'organisation, 2002.
12. René Battistini et Pierre vérin, « Géographie des Comores », Nathan, 1984.

13. Reinhard K. Henning, baganí, Allemagne et Tianasoa Ramorafeno, Green Island Association, Madagascar, « Le manuel Jatropha », 2005.
14. Alfons Üllenberg, « Jatropha à Madagascar, rapport sur l'état actuel du secteur », disponible sur : <http://www.jatropha.de/madagascar/uellenberg-jatropha-a-Madagascar-2007.pdf> (consulté le 07.03.2009)
15. Cii.CORNEVIN « Des plantes vénéneuses et des empoisonnements qu'elles déterminent ».
16. Robin Levingston et Rogelio Zamora, « Arbres médicinaux sous les tropiques ».
17. Yahaya Salimou, « Comores, analyse des flux commerciaux », 2006.
18. Abdou Soimadou ALI et Aboulhouda YOUSOUF, « Conservation de la biodiversité aux Comores : Parc national de Mohéli », 1996.
19. Dictionnaire Encarta 2009.
20. Dictionnaire Le Robert, édition 1977.

WEBOGRAPHIE

21. <http://fr.wikipedia.org> (consulté le 4.12.2009)
22. <http://www.graines-des-îles.org/graines> (consulté le 02.12.2009)
23. <http://www.revafrigue.com/géographie/ville-comores> (consulté le 8.12.2009)
24. <http://www.comores.relais-infocom.net> (consulté le 8.12.2009)

TABLES DES MATIERES

REMERCIEMENTS

GLOSSAIRE

LISTE DES PHOTOS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ANNEXES

ACRONYMES

INTRODUCTION.....1

PARTIE I.ETUDES PRELIMINAIRES

CHAPITRE. I.L'ALEURITE MOLUCCANA.....3

I. 1.Description botanique du genre Aleurite [1]3

I. 2.Classification et noms vernaculaires [1][15]3

I. 3.Mode de culture [1][16].....5

I. 4.Rendement [1].....6

I. 5.Utilisations courantes de l'Aleurite Moluccana et de son huile [15][16][22].....6

CHAPITRE. II.GENERALITES SUR LE SAVON.....8

II.1.Approche historique [2][3][6].....8

II.2.Propriétés du savon [2][3][4][5][21].....9

II.3.Aspect écologique du savon [2].....13

II.4.Les types de savon [6].....14

CHAPITRE. III.LA REACTION DE SAPONIFICATION26

III.1.La technique de saponification [2][4][5][7][8][9][10].....26

III.2.Les différentes méthodes [2][4][5][7][8][9][10]32

CHAPITRE. IV.EQUIPEMENT POUR LA FABRICATION DU SAVON.....39

IV.1.Equipement pour la fabrication du savon de lessive [2][3][4][6].....39

IV.2.Equipement pour la fabrication artisanale du savon de toilette.....40

IV.3.Equipement à l'échelle industrielle [3][4].....41

PARTIE II.ETUDES EXPERIMENTALES

CHAPITRE. I.ETUDES PRELIMINAIRES DES GRAINES43

I. 1.Collecte et stockage des graines43

I. 2.Décortilage.....43

I. 3.Extraction de l'huile et Teneur en huile de l'amande.....44

CHAPITRE. II.CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES.....49

II. 1.Caractéristiques organoleptiques.....49

II. 2.Caractéristiques physiques.....49

II. 3.Caractéristiques chimiques.....	52
CHAPITRE. III.FABRICATION DU SAVON.....	55
III.1.Prétraitement des corps gras.....	55
III.2.Savons obtenus selon le procédé froid [2].....	55
III.3.Savons obtenus selon le procédé mi-cuit [2].....	58
PARTIE III.ETUDES ECONOMIQUE ET D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL	
CHAPITRE. I.ANALYSE DE L'ETAT INITIAL ET DE SON ENVIRONNEMENT	64
I.1.Cadre géographique et économique [18][19][23][24].....	64
I.2.Caractéristiques physiques du site et de ses environs [12][24].....	72
I.3.Milieu humain.....	75
I.4.Paysage.....	79
CHAPITRE. II.ANALYSE DES EFFETS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT.....	81
II.1.Schéma général d'exploitation.....	81
II.2.Identification des impacts environnementaux.....	83
CHAPITRE. III.LES RAISONS DU CHOIX DU PROJET.....	86
III.1.Choix du site.....	86
III.2.Nécessité du projet.....	86
CONCLUSION.....	99
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	