

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique



REPUBLIQUE DU MALI
Un Peuple- Un But- Une Foi



**UNIVERSITE DES SCIENCES DES TECHNIQUES ET DES
TECHNOLOGIES DE BAMAKO**

Faculté de Pharmacie

FAPH

THESE

Propriétés émulsionnantes du beurre de karité
Produit au Mali

Présentée et soutenue publiquement le 05 /07 / 2022 devant la faculté de Pharmacie par :

M. FONGA NOUTCHIA Placide Nelson

Pour obtention du grade de Docteur en Pharmacie
(DIPLOME D'ETAT)

JURY

Président : **Pr. Elimane MARIKO**
Membres : **Dr. Bakary M CISSE**
Dr. Hamma Boubacar MAÏGA
Co-directeur : **Dr. Aichata Ben Adam MARIKO**
Directeur : **Pr. Ousmane FAYE**

DEDICACES ET REMERCIEMENTS

Je dédie cette thèse ...

À l'Éternel Dieu tout puissant,

Je te rends grâce Seigneur pour ton amour pour, tes œuvres et ta présence manifeste dans ma vie.

Tu as été mon soutien.

À ma maman Mme DJEUTCHA Colette,

Dans ma vie, aussi, longtemps, que je me souviens, tu as toujours été la maman et le papa à la fois. L'homme que je suis, que je deviens est en grande partie le fruit de sacrifices inestimables que tu as consentis pour nous. Merci pour la vie maman, merci pour ma vie. J'espère que tu es fier de moi un peu plus chaque jour et que le bon Dieu nous permettra de vivre assez longtemps. Je travaille dans l'espoir de te voir heureuse et débarrassée de cette ère inquiète et soucieuse que tu traînes depuis toujours. Trouve dans ce travail maman l'expression de mon amour éternel.

À mon père Feu M. NOUICHIA Marc,

Les péripéties de la vie ne nous a jamais permis d'avoir et de développer ce lien qu'un père a et peut développer avec son fils. Parti très tôt et de façon brusque j'espère que tu as trouvé la paix, que de là où tu es, et que tu veilles sur nous. J'espère que mes choix au quotidien suivent un idéal que tu aurais pu avoir. Que ton âme repose en paix papa.

À ma grande sœur Feue NDAMDJEU Corine Virginia,

Partie très tôt et dans les circonstances troubles, que ton âme repose en paix,

A papa Adolphe Watat,

Papa, tu as toujours su nous transmettre cette rigueur du travail bien fait, la détermination et la patience pour atteindre nos objectifs. Tes sages et nobles conseils paternels ont guidé et éclairé mes pas et mes choix de tous les jours. Ce travail est aussi le tien. Merci d'avoir cru en moi et de m'avoir permis d'arriver au bout de cette réalisation.

À papa, Jean-Marie TCHIENKOUA,

Tu as été comme mon père biologique en raison de ton soutien de toute nature sans faille en des moments pénibles et perplexes tout au long de ma vie. Trouve en ce travail l'expression de mes sentiments les plus chaleureux et de mon amour profond.

À Cyriaque YANOÛ et Ivane DJAMEN,

En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur, de succès et de santé.

Que Dieu, le tout-puissant, vous protège et vous garde.

À tous mes oncles et tantes,

En témoignage de mon attachement et de ma grande considération. J'espère que vous trouverez à travers ce travail l'expression de mes sentiments les plus chaleureux,

Que ce travail vous apporte l'estime, et le respect que je porte à votre égard, et soit la preuve du désir que j'ai depuis toujours pour vous honorer. Tous mes vœux de bonheur et de santé.

À mes chers cousins et cousines,

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

À Dr Nadia ZOÛNA,

Plus qu'une grande sœur, tu as été Nadia, une amie, une conseillère et pour finir une mère. Mes premiers pas à Bamako ont été guidés par toi. Merci pour l'accueil et pour la voie que tu m'as montrée, pour la sympathie et l'affection que tu m'as toujours portée. Femme battante, tu demeuras pour moi une source d'inspiration.

Ma famille de Bamako,

Dr Nadia, Dr Andrea, Dr Maurine, Dr Ida, Dr Diane, Aude, Carole, Chorine, Trésor, Adam, Tatiane, Christian. Merci pour les agréables moments que nous avons passés ensemble. Puisse Dieu vous procurer bonheur, sante, et réussite.

Mes aînés,

Dr Berthol TIODO, Dr Éric ESSO, Dr Flaure LATAGUIA, Dr Estelle KAMGA, Dr Tatiana, Dr MONKAM Goliath, Dr Kevin NIASSAN, Dr John WAANI, Dr Adrien FOGANG, OMBALHO Francis

Merci pour votre aide et vos conseils. La considération que vous avez pour moi et votre générosité porteront ses fruits.

Mes cadets,

*Chorine, Romeo, Ingrid, Naomie, Cyrielle, Jaurès, Christian, Valérie, Michelle, Dimitri,
Benjamin, Manuela, Lucrèce, Fortune, Lunelle, Flora*

Merci pour votre chaleur, votre amitié et votre soutien.

Mes camarades,

*Joel DJEKEU, Dr Faouziya ADAMA, Dr Ines LOWE, Aimé SIEWE, Yétina, junior,
Tatiana*

Merci pour ces moments passés ensemble. Bien de choses à nous

À Dr Ida NGONGANG,

*Ma cousine qui est devenue au fil des années plus qu'une sœur, merci pour ta présence et ton
soutien durant toutes ces années. Que le très haut nous conduise et nous permettent de
réaliser au-delà de nos objectifs.*

À la Pharmacie Hospitalière de L'HDB

Dr MARIKO, Nouh, Sibri, Mai, Ma sœur,

*Merci d'avoir enrichi mes connaissances, merci pour la confiance que vous m'avez accordée.
Puisse Dieu vous accorder longue vie.*

À la promotion MARSEILLE,

*Ce fut un plaisir pour moi de partager ces années ensemble. Que le bon Dieu guide notre
suite.*

À la treizième promotion du numéris clausus FAPH/ Bamako,

*Ce fut un plaisir pour moi de partager ces années ensemble. Que le bon Dieu nous guide pour
suite.*

À L'ÆÆSCM,

Merci pour l'accueil, la solidarité et l'intégration.

À Josiane MAWABO,

Les années passent l'énigme reste presque intacte 'Rires '. Je te souhaite une vie pleine de bonheur, de succès et de santé.

À la famille PETON,

En souvenir des moments passés ensemble, veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon profond respect et mon affection la plus sincère. Merci pour votre hospitalité, votre générosité, pour toutes ces années.

À mes encadreur,

Merci pour les enseignements reçus et votre encadrement durant ces années.

À ma Codirectrice Dr. Aichata Ben Adam MARIKO,

Ce travail est avant tout le vôtre. Travailler avec vous a été un honneur pour moi. Votre rigueur dans la démarche scientifique, votre disponibilité, votre soutien de tout temps et de chaque instant, votre sens de la compréhension ont été très utiles pour l'aboutissement de ce travail. Merci chère maître.

À toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail à tous ceux que j'ai omis de citer

HOMMAGES AUX MEMBRES DU JURY

A notre Maître et Président du jury

Professeur Elimane MARIKO

- ↪ **Professeur honoraire de pharmacologie à la Faculté de Pharmacie et à la Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie (FAPH /FMOS) ;**
- ↪ **Premier pharmacien de l'armée malienne ;**
- ↪ **Ancien Colonel-Major des forces armées, de la défense et des anciens combattants ;**
- ↪ **Président de l'Association des Ressortissants de la Commune Rurale de Tomba ;**
- ↪ **Ancien chef de la cellule de coordination du VIH-SIDA du Ministère de la Défense et des Anciens Combattants ;**
- ↪ **Ancien fonctionnaire des Nations Unies de la lutte contre le VIH-SIDA en République Démocratique du Congo ;**
- ↪ **Recteur de l'Université Scientifique Libre de Bamako (USLB) ;**
- ↪ **Officier de l'ordre National du Mali.**

Cher maître,

Vous nous faites un grand honneur en acceptant de présider ce jury malgré vos multiples occupations.

Votre simplicité et votre humilité sont des qualités qui font de vous un maître envié de tous.

Trouvez ici l'expression de notre profonde gratitude et de notre profond respect.

Puisse Allah le bon Dieu, vous accorder une longue vie et une très bonne santé.

À notre Maitre et Juge

Docteur Hamma Boubacar MAÏGA

- ✎ **Maitre-Assistant en pharmacie galénique ;**
- ✎ **Responsable de la commission de suivi des stages cliniques de la FAPH**
- ;**
- ✎ **Pharmacien à l'hôpital du Mali ;**
- ✎ **Membre de la commission scientifique de l'hôpital du Mali.**

Cher maître,

Vous nous faites un immense honneur en acceptant de juger ce travail.

Nous avons été profondément marqués par votre abord facile, votre générosité, votre disponibilité et votre sens du travail bien fait.

Trouvez ici cher maître l'expression de notre reconnaissance

À notre Maître et Juge

Dr Bakary M CISSE

- ↳ **Maître Assistant en pharmacie galénique ;**
- ↳ **Enseignant chercheur au Laboratoire National de la Santé ;**
- ↳ **Secrétaire à l'organisation du Collectif des Pharmaciens Enseignants Chercheurs ;**
- ↳ **Membre de la Société Ouest Africaine de Pharmacie Galénique et Industrielle.**

Cher maître,

Nous vous remercions pour la simplicité que vous avez témoigné en acceptant de siéger parmi notre jury de thèse.

Vous nous avez reçu avec beaucoup d'amabilité, nous en avons été touchées. En acceptant de juger ce travail, vous nous accordez un très grand honneur. Veuillez accepter l'expression de notre considération la plus distinguée.

À notre Maitre et Co-directrice de thèse

Dr. Aichata MARIKO

- ↪ **Docteur en Pharmacie ;**
- ↪ **Assistante/Enseignante chercheur à la Faculté de Pharmacie (FAPH) ;**
- ↪ **Pharmacienne Galénique, chef de service de pharmacie hospitalière de l'Hôpital Dermatologique de Bamako ;**
- ↪ **Master en science biomédicales à finalité Dermopharmacie et Cosmétologie de l'Université Libre de Bruxelles ;**
- ↪ **Master en sciences et santé du médicament option Biopharmacie, Ingénierie Pharmaceutique et Formulation de l'Université de Ouaga I Pr KI-ZERBO.**

Cher maitre,

La rigueur dans le travail, l'amour du travail bien fait et votre sens élevé du devoir ont forcé notre admiration. Ce travail est le fruit de votre volonté de parfaire, votre disponibilité et surtout votre savoir-faire. Votre ponctualité, votre assurance, votre humilité et votre caractère sociable font de vous une femme de classe exceptionnelle, toujours à l'écoute et à l'attention des autres. Merci pour votre patience, vos encouragements, votre soutien de chaque instant et surtout vos judicieux conseils qui ont contribué à alimenter notre réflexion. Vous resterez pour nous un exemple à suivre.

Les mots nous manquent pour vous remercier de tout ce que vous avez fait pour notre formation afin de faire de nous de bons pharmaciens.

Acceptez ici notre profonde gratitude.

À notre Maître et Directeur de thèse

Professeur Ousmane FAYE

- ↪ **Maître de conférences agrégé à la Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie ;**
- ↪ **Spécialiste en Dermato-Lepro-Vénérologie ;**
- ↪ **PhD en santé publique et science de l'information biomédicale de l'université Pierre et Marie Curie ;**
- ↪ **Ancien Vice doyen à la FMOS ;**
- ↪ **Coordinateur du projet TELEDERMALI.**

Cher maître,

C'est pour nous un grand honneur et un réel plaisir de vous avoir comme directeur de ce travail malgré vos multiples occupations.

L'accueil que vous nous avez réservé ne nous a pas laissé indifférent.

Votre gentillesse, votre chaleur humaine, votre ardeur et votre rigueur scientifique font de vous un homme aux qualités indéniables.

Trouvez ici cher maître l'expression de notre sincère reconnaissance.

Que le très haut vous prête santé et longue vie.

Liste des abréviations

APROMA	: Association pour la Protection des Majeurs
CBE	: Cacao Butter Equivalent
CBI	: Cacao Butter Improver
CECI	: Centre d'Etudes et de Coopération Internationale
FAO	: Food and Agriculture Organization
FAOSTAT	: Food and Agriculture Organization corporate Statistical Database
h	: Heures
ha	: Hectare
HLB	: Hydrophilic-lipophilic balance
Hz	: Hertz
J	: Jour
Km	: Kilomètre
ml	: Millilitres
ng	: Nanogramme
POS	: Plan d'occupation des sols
SPG	: Systèmes de Préférences Généralisées
t	: Tonnes
UV	: Ultraviolet
V	: Volt
W	: Watt
°c	: Degré Celsius
%	: Pourcentage

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures

Figure 1 : Arbre à karité	7
Figure 2 : Répartition du karité en Afrique	8
Figure 3 : Circuit commercial du karité au Mali incluant les coopératives	17
Figure 4 : Schéma explicatif des phases	20
Figure 5 : Différents types de texture des émulsions.....	21
Figure 6 : Schéma d'une émulsion double E/H/E.	23
Figure 7 Schéma simplifié d'un tensioactif:.....	24
Figure 8 Schéma d'une micelle. a- micelle directe; b- micelle inverse:.....	25
Figure 9 : Phénomènes intervenant dans la déstabilisation des émulsions	26
Figure 10 : Murissement d'Ostwald.....	27
Figure 11 : Phénomènes de crémage et sédimentation:	28
Figure 12 Phénomène de floculation	29
Figure 13 : Phénomène de coalescence ou rupture de phase	30
Figure 14 : Étapes de fabrication d'une émulsion	31
Figure 15 : Représentation schématique d'une émulsification simple à flux croisé.....	35
Figure 16 : Représentation schématique d'une émulsification double à flux croisé	35
Figure 17 : Représentation schématique d'une émulsification double par pré-mélangeage membranaire	36
Figure 18 1000 ml Bécher gradue en plastique transparent avec poignée:	42
Figure 19 : Balance de précision	42
Figure 20 : Minuteur de laboratoire à quartz digital	43
Figure 21 : Table de travail électrique AILUX AIRDIS.....	43
Figure 22 : Distillateur d'eau 2001/4	44
Figure 23 YUEWO Lab Digital électrique Agitateur Mélangeur:.....	46
Figure 24 Conditionnement en verre:	49
Figure 25 : Crèmes 2h après la fabrication au laboratoire	52
Figure 26 : Crèmes à J1 après conservation au laboratoire à température ambiante.....	52

Liste des tableaux

<u>Tableau I</u> : Offre de karité en provenance du Mali	13
<u>Tableau II</u> : Production et exportations de karité	13
<u>Tableau III</u> : Offre potentielle au Mali (PCDA)	14
<u>Tableau IV</u> : Utilisation des produits de karité au Mali, 2007.....	15
<u>Tableau V</u> : Fréquence d'utilisation au Mali, 2007.....	15
<u>Tableau VI</u> : Rôle des tensioactifs en fonction du HLB	25
<u>Tableau VII</u> : Phénomènes et causes des instabilités des émulsions	26
<u>Tableau VIII</u> : Matières premières et fournisseurs.....	46
<u>Tableau IX</u> : Composition quantitative (g) des émulsions.....	48
<u>Tableau X</u> : Aspect des émulsions selon la taille des globules	50
<u>Tableau XI</u> : Évolution de la fluidité et de la stabilité physique des crèmes de J0-J90	54

Table des matières

INTRODUCTION.....	1
OBJECTIFS.....	3
GÉNÉRALITÉS.....	4
1. Généralités sur le beurre de karité.....	4
1.1. Historique du karité.....	4
1.2. Description du beurre de karité.....	6
2. Les émulsions.....	19
2.1. Définitions.....	19
2.2. Les différents types d'émulsions.....	21
2.3. Tension superficielle et Tensioactifs.....	23
2.4. Stabilité des émulsions.....	26
2.5. Procédés discontinus de préparation des émulsions.....	30
2.6. Procédés continus de fabrication des émulsions.....	39
PARTIE EXPERIMENTALE.....	41
PARTIE I : METHODOLOGIE.....	41
I. Cadre et type d'étude.....	41
II. Matériels et méthodes.....	42
PARTIE II : RESULTATS.....	52
I. FORMULATIONS ET PREPARATIONS DES CREMES.....	52
II. STABILITE DES CREMES.....	53
PARTIE III : COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS.....	56
I. LIMITES.....	56
II. Aspect macroscopique.....	56
III. Sens de l'émulsion.....	56
IV. STABILITE AU COURS DU TEMPS.....	57
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	59
RÉFÉRENCES.....	60
ANNEXES.....	65
Fiche signalétique.....	65
Serment de Galien.....	66

INTRODUCTION

L'arbre à Karité ou le « Shea yiri » signifiant en langue vernaculaire Bambara, l'arbre de vie est une plante originaire des régions arides de l'Afrique subsaharienne [1]. Le beurre de karité non raffiné est la matière oléagineuse obtenue de l'amande des noix de *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn, de la famille des sapotacées par des méthodes manuelles ou mécaniques [2].

Ce beurre connu depuis des millénaires, est une ressource très prisée des populations africaines qui l'utilisaient déjà aussi bien comme phyto-médicaments pour ces propriétés anti-inflammatoire, anti-hémorroïdaire, relaxant, antitussif, antioxydant, cicatrisant... Outre ces propriétés médicales, le beurre de karité possède aussi d'autres propriétés et de ce fait, il est utilisé en cosmétique notamment dans les soins corporels pour son pouvoir émoullient, hydratant, soins capillaires, soins bébé et maman, photo-protecteur et dans la prévention des vergetures... Le beurre servait aussi comme aliment et enfin comme matière première dans la fabrication des savons à usage domestique (kabacorouni en langue vernaculaire Bambara). Aujourd'hui ce corps gras est devenu aussi bien prisé des industries cosmétiques que pharmaceutiques à cause de sa composition particulière qui lui confère des propriétés physico-chimiques (point de fusion, étalement facile) et thérapeutiques déjà susmentionnées [3-7].

Il représente une richesse monétaire pour les populations africaines vivant dans la ceinture du karité notamment celle du monde rural. Le Nigeria, le Burkina Faso et le Mali, demeurent les grands exportateurs de ce produit dans le monde [8].

Plusieurs études ont été réalisées sur les propriétés physico-chimiques du karité, mais très peu de données existent sur ses propriétés émulsionnantes. Une étude

intitulée « Détermination expérimentale de la valeur de la balance hydrophile / lipophile requise du beurre de karité » réalisée au Laboratoire du développement du médicament (LADME) de l'Université Pr Ki Zerbo de Ouagadougou avait émis comme perspective de recherche que le beurre de karité pourrait avoir des propriétés émulsionnantes et recommandait l'initiation de travaux plus poussés afin d'approfondir les recherches dans ce sens [9].

Pour initier ces recherches, plusieurs questionnements méritent d'être soulevés : comment le beurre de karité agit comme stabilisateur ? Quel seraient les quantités optimales permettant une stabilisation des émulsions ? Pendant combien de temps les émulsions seront stables ?

Nous envisageons mener une étude sur les possibles propriétés émulsionnantes du beurre de karité. Le but de ce travail est la mise en évidence des possibles propriétés émulsionnantes du beurre de karité en vue de son utilisation comme émulsifiant ou co-émulsifiant.

Cette hypothèse si elle se confirmait pourrait être une mine d'informations précieuses pour les fabricants et les consommateurs. Cela permettrait :

- De réduire le coût de fabrications des émulsions car le beurre est une ressource accessible économiquement
- De l'utiliser comme co-émulsifiant dans la fabrication des émulsions de types E/H afin de renforcer la stabilité des émulsions qui la contiennent et réduire la quantité de tensioactifs à utiliser
- De valoriser les ressources naturelles Africaines et d'être dans la mouvance du green cosmétique
- De renforcer les études déjà réalisées sur les propriétés physico-chimiques du beurre de karité.

OBJECTIFS

Objectif général :

Étudier les propriétés émulsionnantes du beurre de karité au Mali.

Objectifs spécifiques

- 1- Formuler des émulsions Eau / Beurre de karité ;
- 2- Quantifier le beurre de karité nécessaire pour la stabilisation des émulsions ;
- 3- Estimer une durée minimale garantissant une stabilité des émulsions.

GÉNÉRALITÉS

1. Généralités sur le beurre de karité

1.1. Historique du karité

Le karité est un produit traditionnellement et exclusivement africain. Les premières traces écrites que l'on trouve au sujet de ce produit ont été rapportées par l'explorateur écossais Mungo Park en 1796 dans la région de Ségou (Mali) qui fut le premier à donner les caractéristiques botaniques de cet arbre, ainsi qu'à énumérer les principales applications du beurre de karité dans son ouvrage de 1797 intitulé : « Travels in the Interior Districts of Africa ». Dans ce document, Park décrit un produit transporté sur la côte de Gambie : le « shea-toulou » qui signifie littéralement : « beurre d'arbre » ou « beurre végétal ». Il explique qu'en tout lieu, la population est impliquée dans la cueillette des fruits et dans la préparation du beurre obtenu par cuisson de l'amande dans l'eau bouillante. Ce mode de fabrication traditionnelle est toujours utilisé de nos jours.

En 1999, des chercheurs de l'usine pilote POS, établissement de recherche privée de Saskatoon - et leurs collègues burkinabés ont commencé à examiner les moyens d'améliorer le traitement et le nettoyage du karité. Cette recherche a été entreprise dans le cadre d'une initiative de 1,5 million \$ financée par le Canada afin d'améliorer le commerce du beurre et de l'amande de karité au Burkina Faso, pays de l'Afrique de l'Ouest. D'après Pierre Zaya [11], spécialiste du karité au Centre de recherches pour le développement international (CRDI), à Ottawa, « il n'y a pas à proprement parler d'industrie du karité au Burkina Faso ». Des chercheurs de Saskatoon et de Ouagadougou, capitale du Burkina Faso, ont décidé de faire bouger les choses et d'aider le pays à se doter de sa propre industrie du karité.

En 1987, deux études ont été effectuées sur la chimie des amandes et du beurre de karité par, Zénabou CISSÉ [12] et l'évolution des paramètres physico-chimiques du beurre de karité par Alfred TRAORÉ et Adama BARRO [13] au Burkina Faso. Leurs contributions ont permis de mieux comprendre les propriétés du beurre de karité et son comportement en fonction des traitements et du stockage, de l'influence du dépulpage, de la température, du mode de séchage, du mode d'extraction et de l'état des amandes sur la teneur en beurre et en acidité.

De 1988 à 1998, l'Institut de l'environnement et de recherches agricoles [14] a développé avec son équipe d'ingénieurs en mécanique, de chimistes et par la participation des productrices de karité, des équipements adaptés à l'extraction du beurre de karité (moulin, concasseur, torréfacteur, presse, système de lavage et filtre use à karité).

Les données statistiques les plus récentes sur le karité sont fournies par L'Organisation des Nations Unies [15] pour l'alimentation et l'agriculture. Les informations sont disponibles pour 7 pays sur 16 producteurs de karité et vont jusqu'en 2003. Les thèmes abordés sont : la description de l'arbre, du fruit, la composition du beurre, l'origine et l'histoire du karité, les conditions de culture, les rendements, les causes principales de destruction des récoltes, les critères de qualité au niveau mondial et les exigences minimales à l'importation des amandes, les secteurs d'utilisation : le débouché chocolatier, la cosmétologie et la pharmacologie, les marchés, la filière karité, la technologie: méthode traditionnelle, le pressage et l'extraction par solvant, l'évolution du prix des amandes et du beurre, le commerce électronique et les politiques économiques.

Une recherche sur l'influence des méthodes de traitement des amandes sur la qualité du beurre de karité a été menée par un groupe de chercheurs du Cameroun dont l'article scientifique a été publié sur le site de PBA : Procédés Biologiques et alimentaires le 30 mai 2005 [16]. Il s'agit de l'étude se rapprochant le plus de ce projet de maîtrise.

1.2. Description du beurre de karité

1.2.1. Définition

Le beurre de karité est une huile végétale, une substance comestible extraite des fruits du karité, un arbre poussant principalement dans les savanes arborées de l'Afrique de l'Ouest, Centrale et de l'Est, et dont le nom signifie « vie » en langue mandingue [17].

Le beurre de karité est principalement consommé dans la cuisine traditionnelle ou utilisé dans l'industrie du chocolat en Europe comme substitut au beurre de cacao. Il est surtout connu en Afrique, en Europe et aux États-Unis pour ses propriétés cosmétiques assouplissantes et nourrissantes pour la peau. Ses propriétés font qu'il entre aujourd'hui dans la composition de nombreux produits cosmétiques et aussi pharmaceutiques.

1.2.2. Arbre de karité

L'espèce végétale *Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn, qui a pour synonyme *Butyrospermum parkii* (G. Don) ou *Butyrospermum paradoxa subsp.parkii* (G. Don) Hepper, est connue sous l'appellation « karité » en français et « shea » en anglais. C'est une espèce agroforestière soudano-sahélienne de l'ordre des Ebenales et de la famille des sapotaceae [5].



Figure 1 : arbre à karité

Le karité est un arbre d'une quinzaine de mètres de haut à tronc épais pouvant atteindre 150 centimètres (cm) de diamètre, aux rameaux trapus (munis d'une écorce épaisse) et à feuillage dense et caduc (Figure 3). Les feuilles, groupées en grosses touffes serrées, pubescentes et de couleur rouge rouillée dans leur jeunesse, deviennent progressivement glabres, coriaces, luisantes et vertes foncés. La floraison, caractérisée par des groupes de 30 à 40 fleurs jaunâtres très parfumées a lieu généralement d'Avril à Mai. Le fruit est une baie elliptique vert jaune ou jaune, de 3 à 6 cm et d'un poids moyen de 20 à 25 grammes (g). Il contient une, deux ou trois graines appelées « noix de karité » [18,19].

L'arbre se retrouve essentiellement en Afrique, en savane arborée, s'étendant de la frontière sénégal-soudanaise à l'Afrique centrale, à travers le sud du Mali, le Burkina Faso, le nord du Togo, du Ghana, du Bénin, de la Côte d'Ivoire, du Nigeria, le sud du Tchad et du Soudan. Il peuple les savanes et les forêts sèches, depuis la Guinée jusqu'au Soudan, une bande longue 5 000 Km pour 400

à 750 Km de large, soit une surface de 1 million de Km² cette zone étant surnommée « ceinture de karité » par les négociants.

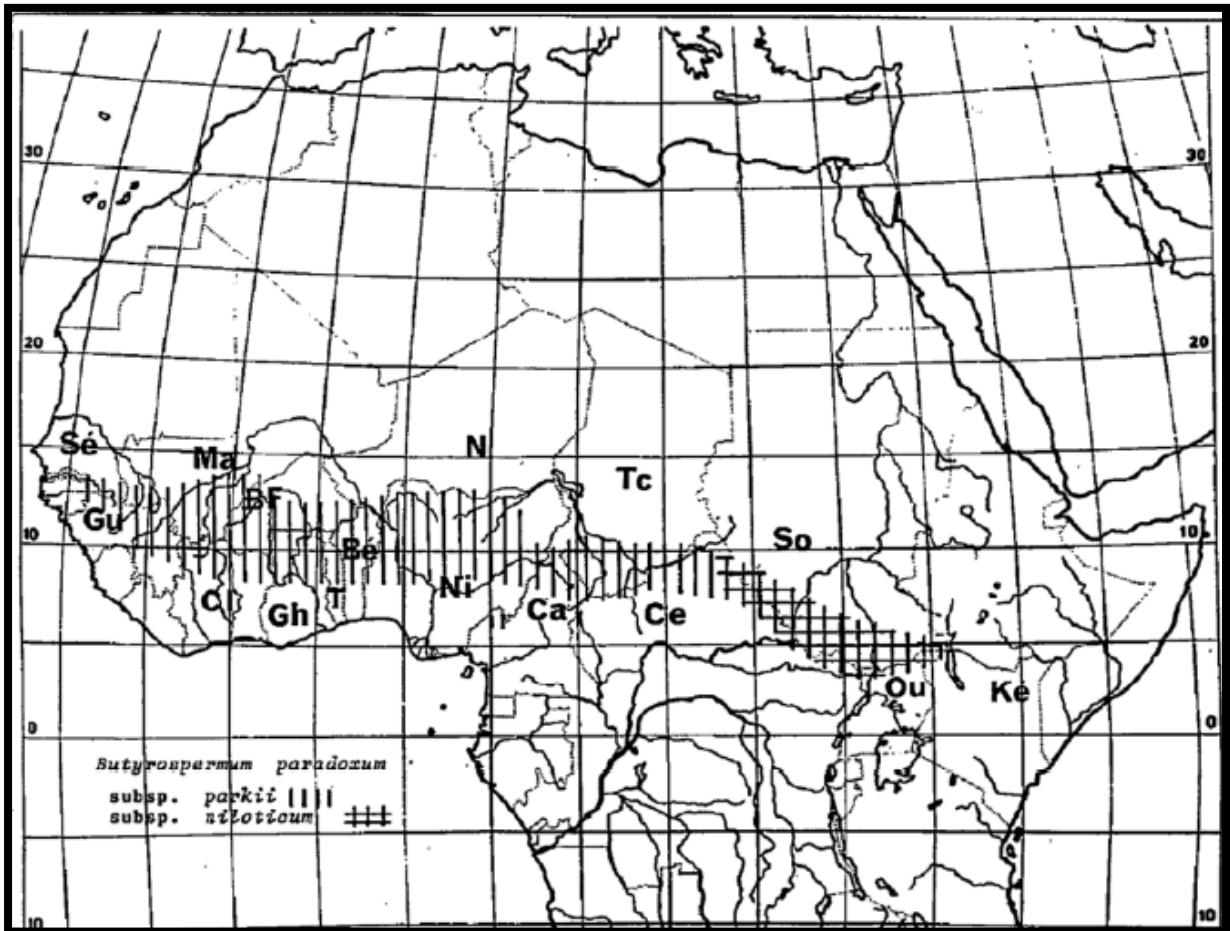


Figure 2 : Répartition du karité en Afrique [21]

Il pousse spontanément dans les régions arides et semiarides, sous une pluviométrie de 500 à 1500 millimètres (mm) et des climats marqués par deux saisons bien distinctes, avec une longue période sèche. Il pousse également, à l'état spontané, sur des sols latéritiques bien drainés [18]. Les sols abritant le plus densément du karité sont situés du Mali au Nigéria [21,22].

Les recherches scientifiques récentes ont aussi montré que la culture du karité dans nos régions est techniquement possible et réalisable [19].

1.2.3. Fabrication

La récolte des fruits jusqu'à l'extraction du karité voire sa commercialisation à l'échelle locale sont principalement effectuées par seize millions de femmes africaines des zones rurales [23,24] d'où son surnom d'« or des femmes » mais la filière internationale du karité est essentiellement dominée par des hommes [24-26].

« Le beurre de karité est un ingrédient essentiel du régime alimentaire et du commerce informel dans les zones où il est produit » [24].

Traditionnellement, les fruits du karité récoltés entre mi-juin et mi-septembre sont débarrassés de la pulpe. On obtient alors une noix dont on récupère l'amande. On la lave et la laisse sécher puis on la concasse, la torréfie, la mout puis on la baratte. Trois kilos d'amande donnent environ un kilo de beurre, soit un rapport d'un tiers [27].

Il existe trois méthodes pour extraire le beurre de l'amande contenue dans le fruit du karité :

a) La méthode traditionnelle

L'amande est concassée, torréfiée, moulue jusqu'à l'obtention d'une pâte épaisse qui, mélangée à de l'eau, sera vigoureusement barattée. L'immersion dans l'eau bouillante va permettre de séparer le beurre des autres composants de l'amande, notamment les impuretés qui se déposent au fond du récipient. Une fois retiré, le beurre flottant en surface est malaxé avant d'être cuit longuement afin de permettre à l'eau de s'évaporer et aux impuretés de se déposer. L'huile (en fait le beurre liquide) ainsi obtenue sera filtrée avant d'être conditionnée. On obtient ainsi du beurre de karité artisanal mais la chaleur altère quelque peu ses qualités.

Le résultat s'élève à 30 à 35 % de beurre par poids sec de noix [27].

b) L'extraction par pression à froid

Les amandes sont simplement broyées dans une presse, à une température inférieure à 80 °C. Cette méthode mécanique ne permet pas d'extraire la totalité du beurre présent dans la noix mais c'est la méthode qui permet d'avoir la meilleure qualité puisque les principes actifs du beurre de karité sont préservés.

c) L'extraction par solvant

Les amandes sont broyées puis on utilise un solvant, l'hexane. Le beurre encore contenu dans les amandes se dissout dans l'hexane. Ensuite, on laisse l'hexane s'évaporer et on récupère le beurre de karité. Cette méthode est la plus rentable mais le beurre de karité obtenu est de qualité inférieure. Le résultat s'élève jusqu'à 45 % de beurre par poids sec de noix [27].

d) En Occident

La plus grande partie de la production de beurre ou composants du beurre est issue d'importations sous forme d'amandes transformées en Occident et en Asie, ce qui prive les pays producteurs et les transformatrices traditionnelles d'une part importante de la plus-value de la filière [28]. « Le beurre de karité est extrait à l'aide de procédés industriels, principalement en Europe, puis séparé en deux fractions :

- Une fraction de graisse végétale (stéarine) : vendue pour la formulation d'équivalents ou d'améliorants du beurre de cacao (CBE/CBI) et de margarines
- Et une fraction d'huile, utilisée comme base bon marché dans la production de margarines, ainsi que comme composante d'aliments fourragers » [27].

Cette oléine est aussi revendue aux fabricants de cosmétiques, et malgré des campagnes intensives de marketing sur l'effet bénéfique du secteur dans l'autonomisation des femmes, il représenterait 50 % du karité utilisé dans la filière cosmétique [28].

1.2.4. Composition

Le beurre de karité contient cinq principaux acides gras (triacylglycérides) : l'acide palmitique, stéarique, oléique, linoléique, et arachidique. Parmi ceux-ci, les acides stéarique et oléique atteignent environ 85 à 90 %, selon les provenances [29,30] :

- Acide oléique (40-60 %)
- Acide stéarique (20-50 %)
- Acide linoléique (3-11 %)
- Acide palmitique (2-9 %)
- Acide linoléique (< 1 %)
- Acide arachidique (< 1 %)

La proportion relative des acides stéarique et oléique influence la consistance du beurre [30]. L'acide stéarique donne une consistance solide, tandis que l'acide oléique donne une consistance molle ou même liquide. Ainsi, le beurre de karité provenant du plateau Mossi (Burkina Faso) et celui issu du nord du Ghana ont une teneur plus élevée en acide stéarique et sont donc généralement plus durs ; celui en provenance d'Ouganda est liquide et nécessite un fractionnement pour devenir beurre ; les beurres de karité d'Afrique de l'Ouest sont plus variables dans leur consistance [30].

Outre ses acides gras, le beurre de karité contient des catéchines, des vitamines E, A, acides gras essentiels [31], des triterpènes [32].

1.2.5. Selon l'origine

La provenance géographique du beurre de karité influence sa composition [30]. En effet, plusieurs études dont celle de l'université Ben Gourion du Negev montre « une variabilité élevée entre les provenances de différentes régions africaines et un effet significatif du climat sur les niveaux de α -tocophérol » (forme de la vitamine E). « La teneur totale en tocophérols (α , β , γ et δ) dans 102 échantillons de beurre de karité de 11 pays varie de 29 à 805 $\mu\text{g/g}$ de beurre de karité, avec une moyenne de 220 $\mu\text{g/g}$. L' α -tocophérol, la forme principale détectée, constitue en moyenne 64 % de la teneur totale en tocopherol ». Le karité des arbres de « *Vitellaria* situés dans des climats chauds et secs a les plus hauts niveaux d' α -tocophérol (par exemple, une moyenne de 414 ng/g dans des échantillons de N'Djamena, Tchad). Les concentrations les plus faibles de α -tocophérol (sont) trouvées dans des échantillons provenant de régions montagneuses froides, en particulier dans le nord du pays (une moyenne de 29 $\mu\text{g/g}$) » [33]. La même remarque s'applique pour la teneur en acide stéarique et en alcool triterpénique (principalement amyrynes, lupéol et butyrospermol), selon une étude japonaise [34].

L'acide oléique est dominant dans le beurre de karité en provenance d'Ouganda alors que l'acide stéarique est dominant ceux d'Afrique occidentale, d'après une étude italienne portant sur 150 régions des Mali, Burkina Faso, Nigeria et Ouganda [35].

Des résultats français montrent « les différences entre l'Afrique de l'Est et de l'Ouest dans la composition de la graisse des noix de karité : les noix de l'Est (ont) une teneur en graisse et en acide oléique significativement plus élevée » à partir des prélèvements de « 624 arbres dans cinq pays africains (Sénégal, Mali, Burkina, Ghana et Ouganda) » [36].

1.2.6. Importance socio-économique du beurre de karité au Mali

a) Offre

D'après les Brèves de la Revue Marchés Tropicaux et Méditerranéens de 2008, l'offre de karité en provenance du Mali était répartie comme suit en 2005 :

Tableau I : Offre de karité en provenance du Mali

Éléments	Quantités en tonnes
Noix	85000
Amande	8000
Beurre	500

Deuxième producteur de karité au monde après le Nigéria, le Mali occupe la sixième place en termes d'exportations. Selon la FAO, en 2008, le Mali a enregistré une production de noix de karité de 190 000 tonnes. Alors même que le potentiel du parc est estimé à 250 000 tonnes pour cette même année, soit une production globale de noix de karité égale à 76 % du potentiel estimé.

En ce qui concerne les exportations, les dernières données disponibles sur FAOSTAT sont de l'ordre de 4 015 tonnes de noix en 2002 contre 2 432 tonnes en 2004 [37].

Tableau II : Production et exportations de karité

Année	1998	2000	2002	2004	2006	2008
Mali						
Production	85000	85000	85000	85000	70000	190000
Exportation			4015	2432		

Selon la DNSI (Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique) 2003, 3,5 % des exportations maliennes concernent la noix de karité. Par ailleurs, il représente 81 % des oléagineux exportés.

Les deux tiers de ces exportations vont en direction du marché sous régional (République de Côte d'Ivoire, Burkina Faso et Ghana) qui le commercialise sous leurs labels. Il y a dans ces pays une forte représentation des industriels européens utilisant le karité comme matière première.

D'après le programme national PCDA (Programme de Compétitivité et diversification agricole), le potentiel de production du parc malien est estimé dans le tableau suivant :

Tableau III : Offre potentielle au Mali (PCDA)

Estimation du parc karité	408.607.769 pieds
Superficie estimée	229.912.500 ha
Production potentielle	250.000 t
Collecte potentielle	150.000 t
Consommation estimée	97.000 t
Export estimé total	53.000 t
Export sous forme d'amandes de karité	50.000 t
Export sous forme de beurre de karité	3.000 t

b) La demande

La demande en beurre karité malien est surtout locale, nationale et sous - régionale. Il n'existe pas de données disponibles sur la demande de karité à quelque niveau que ce soit.

Les quelques données dont nous disposons sur la consommation nationale sont anciennes. Elles datent de 1993 avec une étude de l'APROMA qui soulignait

qu'en moyenne, par jour une famille de 7 personnes consomme l'équivalent de 150 g de beurre.

Au niveau international, une demande existe. Cependant, pour répondre à cette demande, le karité malien est obligé dans la majeure partie de transiter par la République de Côte d'Ivoire ou le Burkina Faso. Les exportateurs avec qui nous sommes entretenus confirment cette pratique, citant majoritairement la Hollande et l'Inde comme principaux clients.

Une étude intéressante du CECI sur l'image de marque du karité en 2007 donne des informations sur la consommation malienne de karité. C'est le résultat d'une enquête dont la taille de l'échantillon était de 500 urbains (de Bamako et Sikasso).

Le profil du consommateur malien dégagé par cette étude correspond à la tranche d'âge des 21 à 40 ans, mariés. Cette tranche constitue 58,8 % des consommateurs.

Pour ce qui est de la forme des produits consommés, les tableaux qui suivent, nous renseignent sur la nature de l'utilisation ainsi que sur leur fréquence.

Tableau 4 : Utilisation des produits de karité au Mali, 2007

Produit de karité	Pourcentage
Beurre brut pour hydratation	99,20
Beurre brut pour huile de cuisson	97,40
Crème hydratante	87,60
Savon artisanat	86,00
Savon industriel	66,00
Baume pour lèvres	18,20

Tableau 5 : Fréquence d'utilisation au Mali, 2007

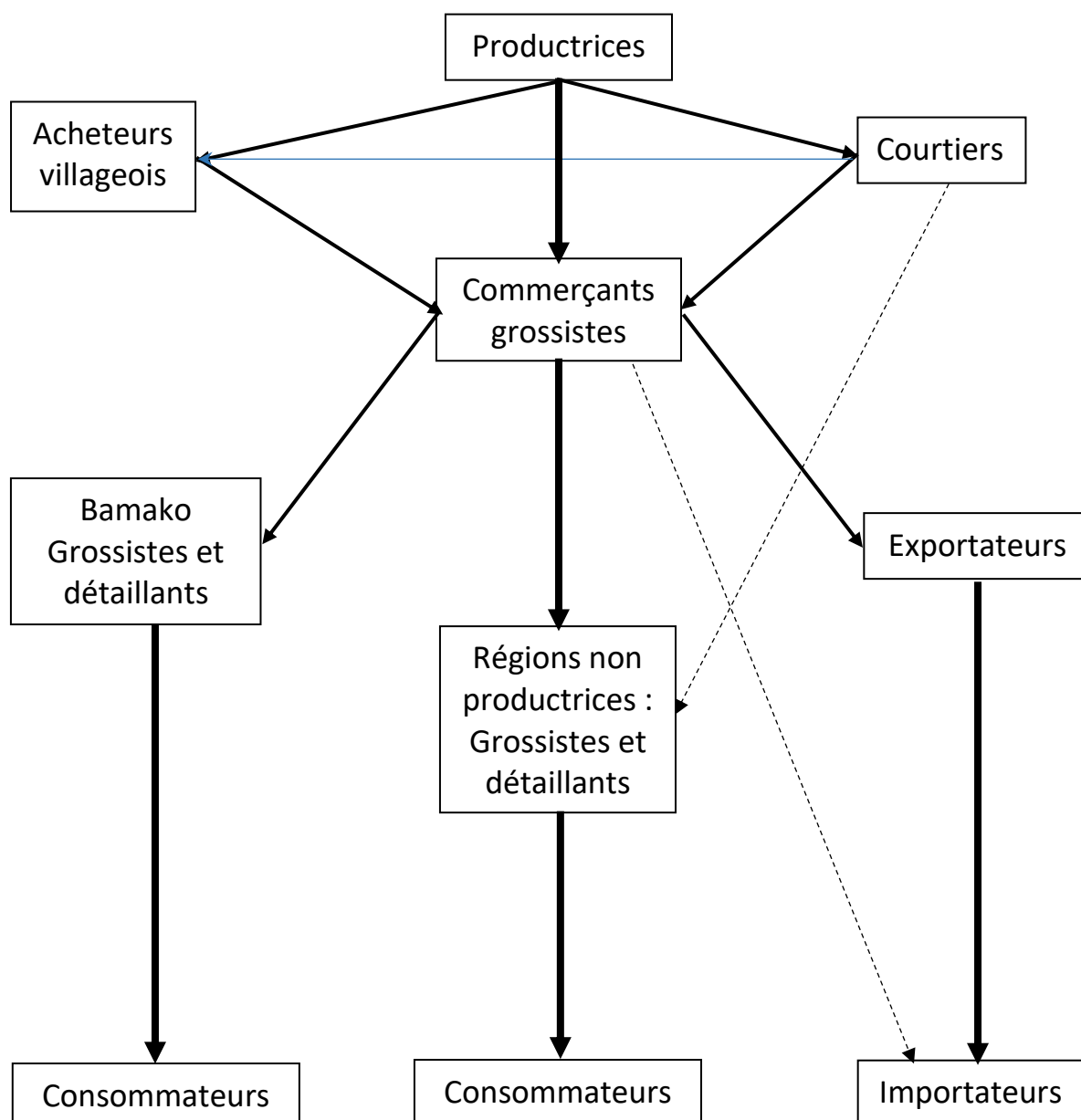
Produit Fréquence	Souvent	Occasionnellement	Rarement	Jamais	Ne sais pas
Brut hydratation	55	30	9	7	0
Cuisson	42	38	10	0	0
Crème hydratante	10	15	15	52	7
Savon artisanal	30	28	18	0	3
Savon industriel	11	7	5	60	18
Baume pour les lèvres	23	32	13	8	8

Les principales motivations de l'utilisation du beurre de karité en plus de l'aspect naturel sont :

- Pour le beurre brut pour hydratation, les vertus médicinales sont les plus importantes ;
- Pour le beurre brut pour cuisson, les vertus alimentaires sont mentionnées par 71,7% des utilisateurs ;
- 63,2% et 60% mentionnent les vertus cosmétiques respectivement pour la crème hydratante et le savon industriel ;
- Pour 80,7% des répondants, une caractéristique clé du savon artisanal tient à ses vertus médicinales plutôt que cosmétiques (7,8%)
- 62,4% des consommateurs maliens classe les vertus médicinales du baume pour les lèvres a base de karité avant ses vertus cosmétiques (36,2%).

L'enquête révèle par ailleurs que les consommateurs maliens une fois bien renseignés sur le concept du commerce équitable se disent prêt à 89,4 % à acheter ces produits bien que les prix soient plus élevés (2007) [37].

c) Circuit commercial



Légendes :

→ Très fréquent

→ Fréquent

→ Rare

Figure 3 : Circuit commercial du karité au Mali incluant les coopératives [37].

1.2.7. Utilisations cosmétiques et pharmaceutiques du beurre de karité

Le beurre de karité, bien qu'utilisé depuis des millénaires en Afrique, est de nos jours une matière première fort prisée au niveau industriel. Il est en effet retrouvé dans l'industrie agroalimentaire et surtout dans les industries cosmétiques et pharmaceutiques.

a) Utilisation en cosmétologie

Bien que limité par rapport aux besoins agroalimentaires, la demande en karité par les industries cosmétiques est relativement forte. En effet, comme toutes les matières grasses végétales, la présence d'acides gras libres et de triglycérides dans le beurre de karité permet son utilisation pour la formulation de savons, de crèmes, de laits et de pommades cosmétiques. De plus, on lui attribue, à cause de sa haute teneur en insaponifiables, des propriétés de réparation et d'entretien de la peau et des cheveux.

A cet égard, il est souvent utilisé comme agents :

- ↳ De protection capillaire, grâce à la présence de la vitamine A qui redonne souplesse et vitalité aux cheveux abîmés ;
- ↳ De soins pour le visage et le corps car il hydrate et nourrit les couches superficielles de la peau, protège la peau contre les rayons UV du soleil et améliore son élasticité par la régénération des cellules mortes ;
- ↳ Relaxants en massages ;
- ↳ De protection contre les intempéries du climat (froid, vents) ;

C'est ainsi qu'on retrouve le beurre de karité dans les produits cosmétiques [39] tels que :

- Les produits de soins pour bébés (5 à 8 %) ;
- Les crèmes pour les mains (5 à 10 %) ;
- Les soins des lèvres (5 à 10 %) ;

- Les crèmes pour les soins de nuit (8 à 15 %) ;
- Les produits pour les peaux sèches et sensibles (5 à 12 %) ;
- Les produits contre les vergetures de la grossesse (6 à 8 %) ;
- Les crèmes de jour (4 à 6 %) ;
- Les savons (2 à 3 %) ;
- Les pâtes dentifrices (1 %) ;
- Les masques faciaux (5 %), etc... [5]

b) Utilisation en pharmacie

L'insaponifiable du beurre de karité lui confère des propriétés anti-inflammatoires et cicatrisantes, utilisées pour les massages, les traitements des courbatures, du rhume de cerveau. Ces propriétés sont aussi exploitées dans certains produits destinés au traitement des douleurs rhumatismales et des brûlures.

Le beurre de karité est aussi employé comme excipient gras dans la préparation des pommades, des laits et des crèmes dermatologiques [39]. On le retrouve par exemple dans des préparations analgésiques (Baume saint Bernard, crème à l'hydrocortisone) et anti- acnéiques, dans les liniments et les onguents.

2. Les émulsions

2.1. Définitions

Une émulsion est définie comme un système où un liquide est dispersé en fines gouttelettes dans un autre liquide. Ces deux liquides doivent être non miscibles. Le liquide se trouvant dispersé sous la forme de fines gouttelettes est appelé phase dispersée (ou discontinue), tandis que l'autre liquide dans laquelle les gouttelettes diffusent est appelé phase continue (ou dispersante). Les émulsions sont donc des systèmes dispersés [52].

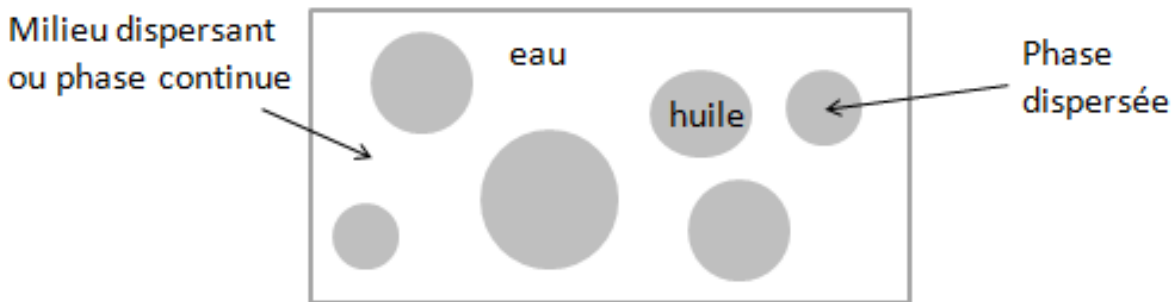


Figure 4 : Schéma explicatif des phases

Les émulsions sont rencontrées dans de nombreux domaines tels que l'alimentaire, la cosmétique, la pharmacie, le pétrole... Ceci peut s'expliquer par les différents types d'émulsions que l'on peut trouver [41] :

- Les émulsions dites « naturelles » tel que le lait, la vinaigrette ;
- Les émulsions se formant temporairement au cours de certaines étapes de procédés industriels (extraction liquide-liquide, polymérisation en émulsion) ;
- Les émulsions indésirables se formant lors de certains procédés que l'on va chercher à casser, se formant par exemple lors d'exploitation de gisements pétrolier. Ce phénomène est également rencontré dans des procédés d'usinage, de dégraissage, de déshuilage d'eaux de rejets avant évacuation ;
- Les émulsions formulées qui sont les plus couramment rencontrées

Leur gamme d'utilisation est très variée du fait de leur facilité de formation mais également de par leurs nombreuses textures : fluide, crémeuse, gélifiée... expliquant notamment leur grand intérêt dans la cosmétique (hygiène-beauté) ou l'agroalimentaire.



Figure 5 : Différents types de texture des émulsions

2.2. Les différents types d'émulsions

Une émulsion est dans la plupart du temps composée de deux phases : une phase hydrophile appelée eau [E] et une phase lipophile, appelée huile [H].

- La phase hydrophile [E], appelée également phase aqueuse, contient de l'eau et des composés solubles en phase aqueuse appelés composés hydrosolubles.
- La phase lipophile [H], aussi appelée phase grasse, phase huileuse ou phase organique, est constituée d'un mélange d'ingrédients d'origines variées. Elle peut être composée d'huiles, de graisses et/ou de cires qui, à température ambiante se trouvent respectivement sous forme liquide, semi-solide et solide. Des substances synthétiques peuvent aussi être utilisées [40].

2.2.1. Les émulsions simples

Selon la pharmacopée, il existe 2 formes d'émulsions simples :

- Les émulsions directes : émulsions huile dans eau H/E dans lesquelles les gouttelettes d'huile sont dispersées dans de l'eau.
- Les émulsions inverses : émulsions eau dans huile, E/H [40].

2.2.2. Les émulsions doubles

Les émulsions doubles sont celles comportant simultanément des émulsions H/E et E/H conduisant soit à des émulsions eau dans huile dans eau (E/H/E) soit à des émulsions huile dans eau dans huile (H/E/H).

Chaque globule dispersé dans l'émulsion double forme une structure vésiculaire contenant des compartiments aqueux simples ou multiples séparés de la seconde phase aqueuse par une phase huileuse [40].

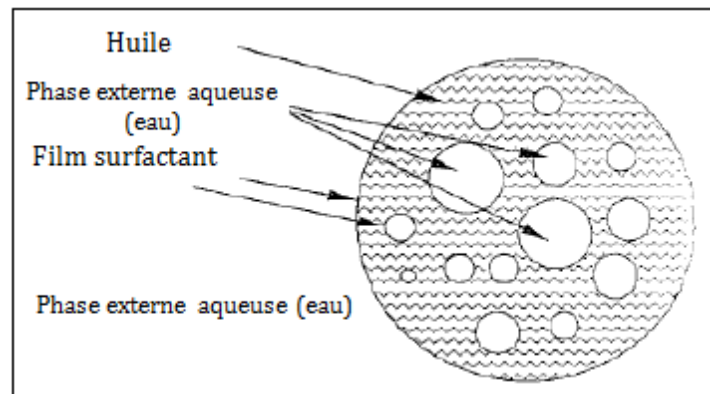


Figure 6 : Schéma d'une émulsion double E/H/E

Tout comme les émulsions simples, il existe 2 types d'émulsions doubles :

- Les émulsions eau dans huile dans eau (E/H/E), dans lesquelles une émulsion E/H est dispersée sous forme de gouttelettes dans une phase aqueuse. Les gouttelettes d'huile sont ainsi entourées d'une phase aqueuse, et à leur tour entourent une ou plusieurs gouttelettes d'eau. Leur fabrication nécessite deux agents tensio-actifs : un hydrophobe destiné à stabiliser l'interface de l'émulsion interne E/H et un hydrophile pour stabiliser l'interface externe des globules d'huile.
- Les émulsions huile dans eau dans huile (H/E/H), dans lesquelles une émulsion H/E est dispersée dans une phase huileuse. Dans ce système

d'émulsion, la phase aqueuse (hydrophile) sépare la phase huileuse interne et externe.

Les émulsions eau dans huile dans eau (E/H/E) sont les plus couramment utilisées car elles comportent des domaines d'applications plus larges [42].

2.3. Tension superficielle et Tensioactifs

a. Tension superficielle

Une émulsion étant formée de 2 phases immiscibles, les molécules à l'interface des liquides n'étant pas entourées de molécules de même nature, elles ne sont pas en équilibre. Il se développe donc une force à l'interface qui va avoir pour effet de contracter la surface de contact afin de stabiliser cette interface. Cette force s'appelle la tension interfaciale. Elle existe au niveau de toute interface entre deux milieux différents (deux solides, deux liquides, ou entre un liquide et un solide). On peut également la définir indifféremment comme une énergie par unité de surface, ou comme une force par unité de longueur. L'unité de mesure de la tension superficielle est le newton par mètre (N/m) ou le J/m². Plus elle est élevée, plus l'énergie nécessaire pour fabriquer de la surface sera importante et donc plus il sera difficile de générer une goutte.

b. Les tensioactifs

Les tensioactifs ou surfactants sont des molécules amphiphiles possédant une partie hydrophile et une partie lipophile. La tête hydrophile forme des liaisons hydrogènes et ioniques avec la phase hydrophile tandis que la queue forme des liaisons de Van der Waals et des interactions hydrophobes avec la phase lipophile.

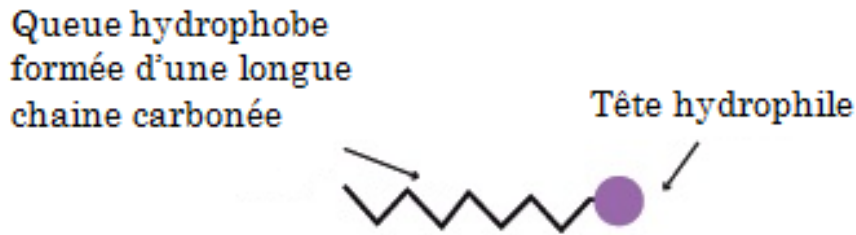


Figure 7 : Schéma simplifié d'un tensioactif

Ils ont 3 propriétés importantes en termes de fabrication et de stabilité des émulsions :

- Ils diminuent la tension superficielle ce qui facilite la formation des gouttelettes et empêche la recombinaison immédiate de la goutte
- Ils diminuent le gradient de pression au niveau de l'interface ce qui a pour effet de stabiliser les gouttelettes par effet de répulsion entre elles
- Ils stabilisent les gouttes en les empêchant d'interagir entre elles

La balance HLB (Hydrophilic-Lipophilic Balance) a été développée par William C. Griffin en 1949. Elle permet d'estimer le rapport hydrophile/lipophile et surtout de choisir un tensioactif en fonction du sens de l'émulsion choisie.

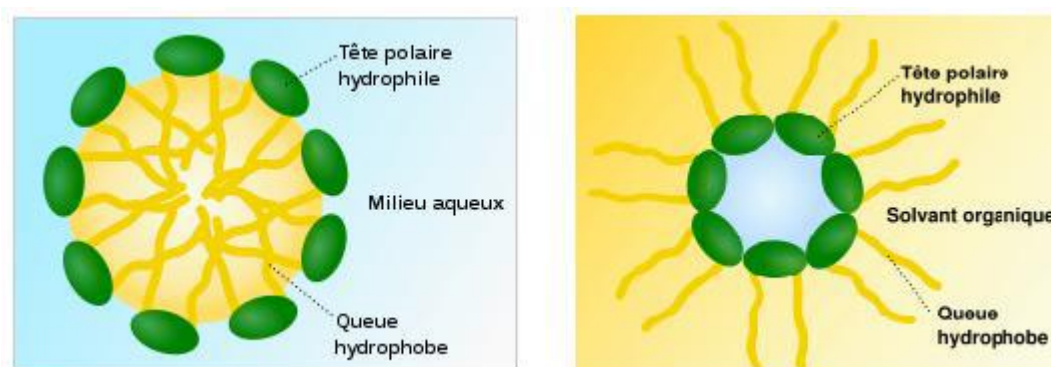
L'échelle va de 1 à 20. La valeur du HLB est élevée lorsque la fraction hydrophile est prédominante et, inversement, elle est faible si la molécule est plus lipophile qu'hydrophile. La connaissance du HLB facilite le choix du tensioactif au moment de l'emploi.

Le tableau suivant présente les différents rôles que les tensioactifs peuvent jouer en fonction de leur HLB.

Tableau IVI : Rôle des tensioactifs en fonction du HLB

Valeur du HBL	Rôle
3 à 6	Émulsifiants E/H
8 à 18	Émulsifiants H/E

A partir d'une certaine concentration en tensioactifs appelée concentration micellaire critique (CMC), les tensioactifs vont avoir tendance à former des agglomérats appelés micelles. Dans de l'eau, les extrémités lipophiles du surfactant sont tournées vers l'intérieur de la micelle tandis que les extrémités hydrophobes forment l'interface de la micelle avec le solvant. Dans un solvant organique, par exemple de l'huile, l'arrangement est inversé.

**Figure 8** : Schéma d'une micelle. a- micelle directe; b- micelle inverse

En présence des deux phases non miscibles, le tensioactif s'absorbe à l'interface liquide-liquide et va ainsi modifier la tension superficielle. Cette dernière va diminuer jusqu'à atteindre une valeur minimale qu'elle conservera malgré une concentration faible en tensioactif (CMC) : le tensioactif n'est plus assez concentré pour former des micelles et remplir la totalité de la surface du liquide.

2.4. Stabilité des émulsions

Par définition, une émulsion n'est pas un système à l'équilibre thermodynamique (égalité des potentiels chimiques entre les deux phases). Les principaux phénomènes responsables de l'instabilité des émulsions sont résumés :

Tableau VII : Phénomènes et causes des instabilités des émulsions

Phénomènes	Causes
Murissement d'Ostwald	Solubilité de la phase dispersée dans la phase dispersante
Crémage et sédimentation	Différence de densité entre les 2 phases
Floculation	Répulsions insuffisantes entre les gouttelettes
Coalescence	Rapprochement des gouttelettes et rupture du fil interfacial

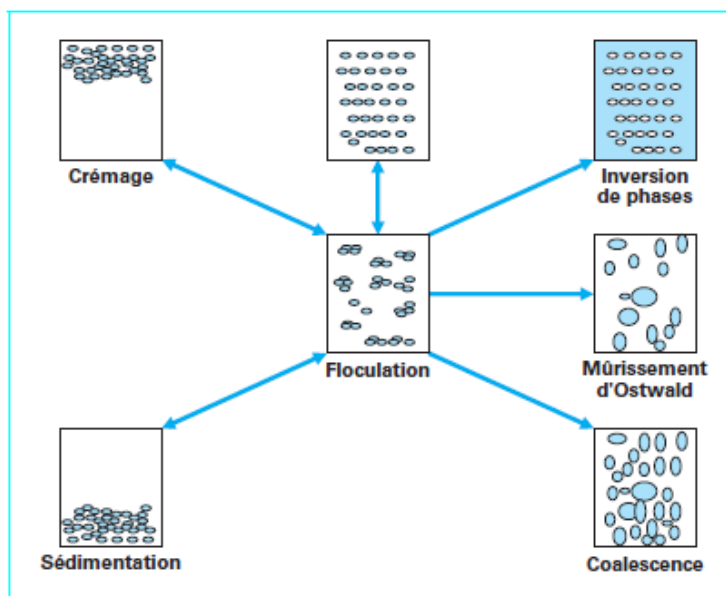


Figure 9 : Phénomènes intervenant dans la déstabilisation des émulsions [40]

2.4.1. Murissement d'Ostwald

On parle ici de murissement car lors de ce phénomène, les gouttelettes les plus petites diffusent dans les plus grosses, au travers de la phase continue.

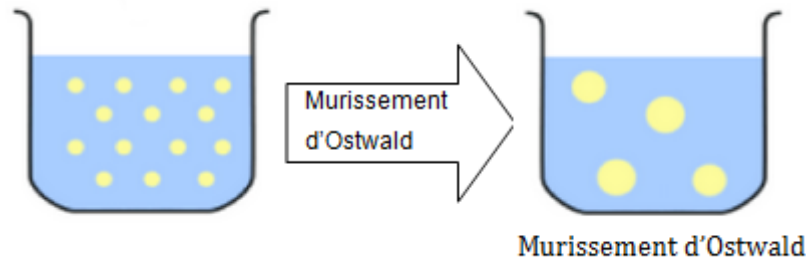


Figure 10 : Murissement d'Ostwald

Ce phénomène est dû à la différence de pression à l'intérieur des gouttes et plus particulièrement à la pression de Laplace s'exerçant à l'interface de la goutte. Elle représente la différence de pression entre la phase convexe et concave de la goutte.

$$P_L = \frac{2\gamma}{r}$$

Avec P_L pression de Laplace (Pa)

γ tension interfaciale (N/m)

r rayon de courbure principal de la goutte

La pression de Laplace est donc proportionnelle à la tension interfaciale et inversement proportionnelle à la taille des gouttes. Elle est très élevée pour des petites gouttes et faible pour des gouttes de taille plus importante. Les petites gouttes sont donc difficilement fragmentables d'où leur diffusion dans les plus grosses.

En effet, pour des gouttelettes allant de 50 à 200 nm, le mûrissement d'Ostwald se révèle être le principal mécanisme de déstabilisation. Lorsqu'il commence à se produire, il est presque quasi impossible à arrêter car il tend à diminuer l'énergie en réduisant au minimum la surface interfaciale [43].

Ce phénomène peut être maîtrisé grâce à :

- Une homogénéisation de la taille des gouttelettes ;
- Il peut être retardé ou interrompu par l'addition de composants qui sont pauvres ou insolubles dans la phase continue.

2.4.2. Crémage et sédimentation [40]

L'origine de ces deux phénomènes résulte d'une différence de densité entre les phases dispersées et dispersantes.

Dans le phénomène de crémage les gouttelettes vont migrer de la phase dispersée vers le haut (émulsion H/E) tandis que dans le phénomène de sédimentation elles vont migrer vers le bas (émulsion E/H).

La taille, la différence de densité entre les deux phases et la pesanteur vont être des paramètres influant sur la migration des gouttelettes. En effet, le crémage a lieu si la densité de la phase dispersée est supérieure à celle de la phase dispersante et dans le cas inverse, il y a sédimentation.

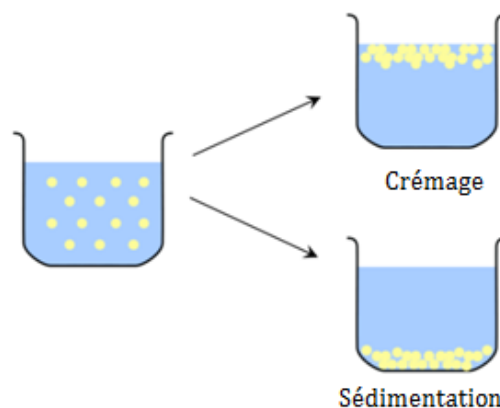


Figure 11 : Phénomènes de crémage et sédimentation

Ces deux phénomènes peuvent être contrôlés en augmentant la viscosité de la phase dispersante ou en utilisant un agent de texture. Ils sont également réversibles : si l'on réagit l'émulsion celle-ci retrouve son aspect initial.

Sur le long terme, ces phénomènes concentrent localement les gouttes et accélèrent les instabilités telles que la coalescence.

2.4.3. Flocculation [40]

La flocculation commence dans les émulsions dès que l'agitation est arrêtée. Les agrégats commencent à se former très rapidement : en effet leur temps de formation est compris entre quelques fractions de secondes et plusieurs secondes, en fonction de la concentration de la phase aqueuse interne. Cependant, leur structure dans les émulsions E / H et la vitesse de leur formation dépendent de la concentration de la phase dispersée.

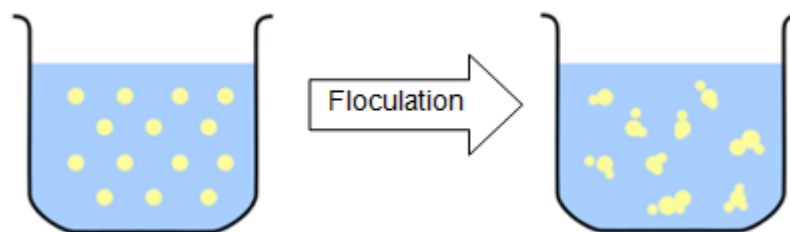


Figure 12 : Phénomène de flocculation

Pour des gouttes aqueuses ayant une taille comprise entre 100 et 300 nm, le mouvement brownien est la principale raison de la flocculation. En effet, si des particules entrent en collision cela conduit à la formation d'agrégats contenant des centaines de gouttelettes. Ces agrégats peuvent avoir une forme sphérique compacte. Dans ce cas, une augmentation de la taille des agrégats conduit à leur sédimentation et à la séparation de la phase organique de l'émulsion. De plus, ces agrégats peuvent être des structures ramifiées qui occupent presque la totalité du volume des émulsions H/E ou E/H [44].

Cependant, la floculation peut être maîtrisée :

- En augmentant la viscosité de la phase dispersante car si elle est plus épaisse cela diminue la vitesse de collision entre les gouttelettes ;
- En ajoutant des tensioactifs

C'est également un phénomène réversible : l'agitation permet de remettre les gouttes en suspension.

2.4.4. Coalescence

La coalescence se produit lorsqu'il y a une rupture du film protecteur de la phase continue. Ceci est dû à un rapprochement des gouttes qui va tendre à réduire le film mince sous l'effet de la pression exercée sur les gouttes. Les gouttelettes vont alors fusionner pour donner des gouttelettes de taille supérieure. À terme, on peut voir apparaître une rupture de l'émulsion ou un déphasage.

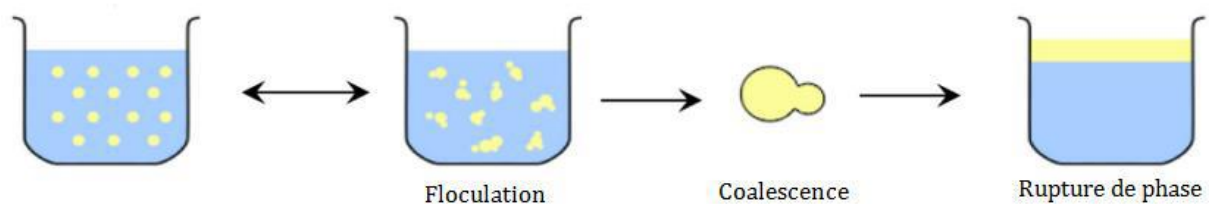


Figure 13 : Phénomène de coalescence ou rupture de phase

Afin de limiter ce phénomène, il est donc préférable d'utiliser un tensioactif qui va renforcer le film protecteur en augmentant l'élasticité interfaciale.

2.5. Procédés discontinus de préparation des émulsions

La fabrication des émulsions nécessite un apport d'énergie extérieur qui est le plus souvent mécanique mais peut également être sonore, électrique ou autre.

Les procédés d'émulsification sont le plus souvent classés selon le mécanisme qu'ils mettent en jeu. On distingue 2 grandes catégories [45] :

- Ceux générant un cisaillement : ils regroupent principalement les mobiles spécifiques à l'émulsification (turbines et hélices), les dispositifs à rotor stator et les broyeurs colloïdaux ;
- Les procédés faisant appel à un phénomène de cavitation tels que les techniques ultrasonores et homogénéisateurs haute pression.

2.5.1. Émulsification par agitation mécanique

a) Étapes de fabrication

Les différentes étapes de fabrication d'une émulsion sont données sur la figure suivante :

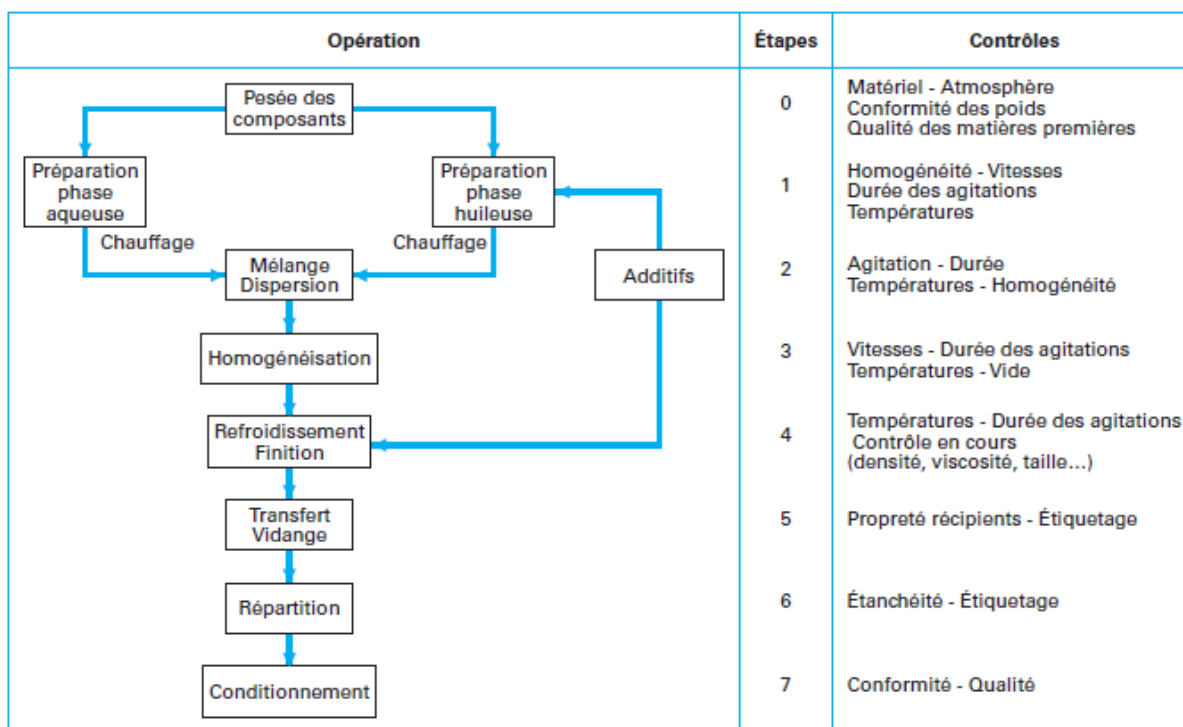


Figure 14 : Étapes de fabrication d'une émulsion [45]

On retrouve 2 grandes étapes successives [45] :

- Une étape de pré-émulsification : il s'agit de la mise en suspension de gouttelettes de la phase dispersée dans la phase continue (étape de dispersion-mélange). Le plus souvent, la phase à disperser est introduite

progressivement dans la phase continue où l'on impose une agitation mécanique. Cela va donner des gouttes de taille d'environ 100 μm ;

- Une étape d'homogénéisation : les gouttes générées à la première étape étant trop grosses, le but est ici de réduire leur taille afin de pouvoir stabiliser l'émulsion.

Le système de dispersion choisi doit provoquer un cisaillement suffisamment important afin d'assurer une bonne dispersion, une bonne circulation et un transport de liquide pour que l'ensemble du volume puisse traverser la zone de dispersion en un temps donné ou temps de passage [41-45].

b) Disperseurs

L'objectif principal des disperseurs est d'assurer un bon cisaillement afin de favoriser la rupture des gouttes. La circulation est aussi un paramètre important à prendre en compte car celle-ci influe sur la distribution de taille. En effet, lorsque les gouttes s'éloignent de l'agitateur et donc de la zone de cisaillement, elles vont avoir tendance à coalescer.

On choisira préférentiellement des mobiles tels que la turbine de type Rushton ou la turbine à pales inclinées générant un fort cisaillement.

Les gouttes fabriquées auront une taille comprise entre 10 et 100 μm [45].

c) Homogénéiseurs

Les homogénéiseurs permettent d'obtenir la granulométrie souhaitée ainsi qu'une bonne stabilité. Pour cela, les mobiles utilisés auront un fort taux de cisaillement. Celui le plus utilisé est le système rotor-stator où le liquide est aspiré dans la tête de travail, traverse les lames du rotor et du stator où il va subir un fort cisaillement avant d'être expulsé et ressortir.

Les gouttes produites sont relativement petites, de l'ordre du micromètre. C'est pourquoi ces systèmes sont utilisés directement ou après une étape de pré-émulsification [45].

2.5.2. Mélangeur statique

Un mélangeur statique est composé d'un ensemble d'éléments immobiles placés bout à bout dans un tube. Chaque élément présente une structure géométrique rigide particulière divisant le flux et le recombinaison. Généralement, les fluides sont mis en contact grâce au mouvement radial ayant lieu dans les mélangeurs, et ils circulent à l'aide d'une pompe.

Ce système possède un cisaillement et une répartition granulométrique homogènes donnant ainsi des émulsions relativement fines (de l'ordre de 1 μm de diamètre) [45].

2.5.3. Inversion de phase

Il s'agit de la transformation d'une émulsion H/E en émulsion E/H ou inversement. Différents mécanismes peuvent être à l'origine de ce phénomène:

- Une variation de température ;
- Une variation de la composition : par exemple, si l'on ajoute à une phase huileuse contenant un tensioactif lipophile une phase aqueuse contenant un tensioactif hydrophile, ou encore par un apport d'un volume important de la phase initialement dispersée

2.5.4. Émulsification membranaire

Il s'agit d'une méthode relativement récente qui s'est énormément développée au cours de ces quinze dernières années. C'est une technique très intéressante compte tenu de sa faible consommation d'énergie, d'un excellent contrôle de la taille et de la distribution de taille des gouttelettes.

Nous avons vu que les émulsions simples peuvent être préparées dans des conditions de cisaillement élevée afin d'obtenir de petites gouttelettes (par exemple, par agitation mécanique). En revanche, les émulsions doubles sont réalisées avec un cisaillement moindre afin d'éviter la rupture des gouttelettes internes [46]. En effet, un cisaillement élevé provoquerait une diffusion interne dans les gouttelettes, ce qui augmenterait la fréquence des collisions, et donc, la coalescence des gouttelettes internes avec la phase aqueuse externe [47].

Les contraintes de cisaillement étant douces lors de l'émulsification membranaire, il s'agit donc d'un procédé intéressant pour leur fabrication. Les émulsions doubles y sont préparées par émulsification des émulsions simples, avec un excès de phase aqueuse ou huileuse selon qu'elles soient E/H/E ou H/E/H, respectivement.

Deux modes de fonctionnement sont utilisés : l'émulsification membranaire à flux croisé et le pré-mélange membranaire.

a) L'émulsification membranaire à flux croisé (cross-flow)

Dans ce mode de fonctionnement, l'émulsion primaire est formée par émulsification membranaire. La phase à disperser est pressée à travers une membrane microporeuse tandis que la phase continue s'écoule le long de la surface de la membrane. Les gouttelettes se forment à travers les pores. Elles se détachent quand elles ont atteint une taille critique. Lorsque les pores ne sont pas cylindriques, une force importante intervient : il s'agit de la force résultant de la déformation de la phase destinée à être dispersée au niveau du pore. Cette force peut devenir dominante dans certains cas.

Par cette méthode on fixe la taille des gouttes qui seront plus grandes que le plus petit des rayons des pores.

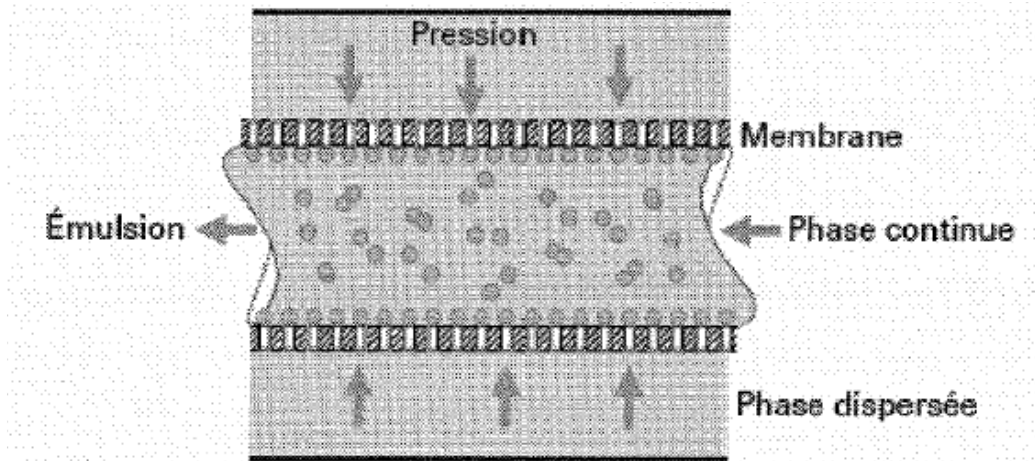


Figure 15 : Représentation schématique d'une émulsification simple à flux croisé

Puis la solution contenant l'émulsion simple est elle-même pressée à travers les pores de la membrane formant ainsi l'émulsion double [48].

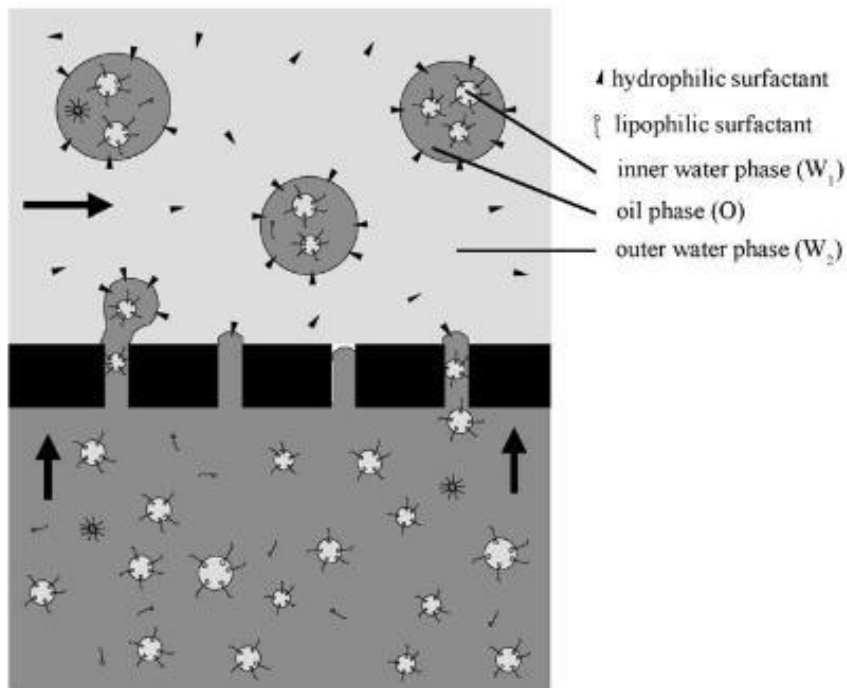


Figure 16 : Représentation schématique d'une émulsification double à flux croisé

b) Pré-mélange membranaire

Un premier pré-mélange grossier est réalisé comportant des émulsions simples. Il est ensuite poussé à travers une membrane. Après le passage des grosses gouttelettes à travers cette membrane, les gouttelettes se décomposent en

gouttelettes plus fines et sont doublées. La distribution de la taille des gouttelettes obtenue est légèrement plus large que celles obtenues avec la méthode d'émulsification membranaire à flux croisé (cross-flow).

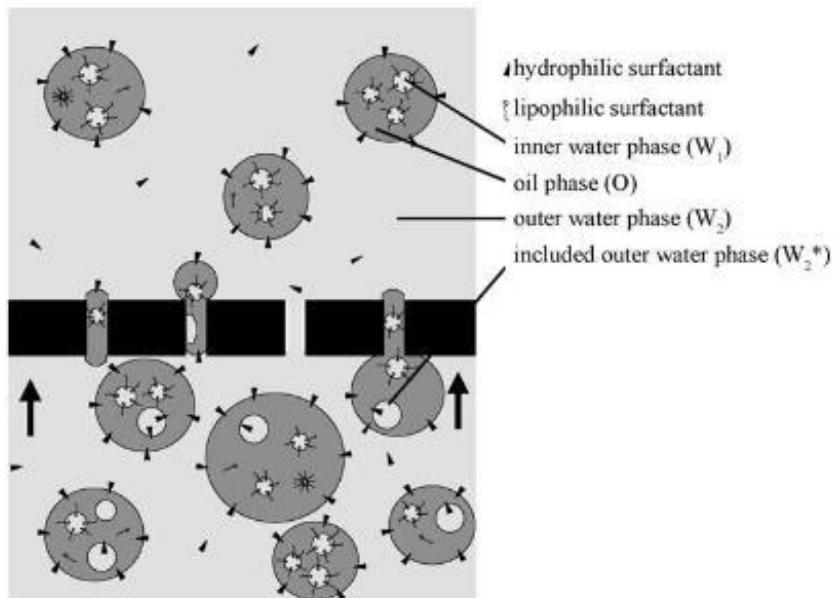


Figure 17 : Représentation schématique d'une émulsification double par pré-mélangeage membranaire

Pour ces deux mécanismes de formation, il est très important que la membrane reste constamment mouillée par la phase continue afin que les gouttelettes se forment et se séparent bien.

Un inconvénient notable de cette technique est le faible flux de la phase dispersée provoqué par la petite perméabilité hydraulique de la plupart des membranes utilisées. Cependant, le flux de la phase dispersée peut être augmenté en utilisant une membrane ayant une faible résistance hydraulique [8].

2.5.5. Autres techniques

a) Émulsification membranaire à flux croisé avec des membranes SPG

Mine et al. ont été les premiers à signaler la possibilité de produire des émulsions doubles (E/H/E) par émulsification membranaire avec du verre poreux Shirasu (SPG). Ils ont utilisé un microfluidiseur pour la première émulsion E/H et les membranes SPG pour produire l'émulsion double. Ils ont constaté que la membrane doit être hydrophile. De plus, elle doit avoir des pores de taille moyenne d'au moins deux fois le diamètre des gouttelettes d'eau de l'émulsion primaire E/H. Si ce n'est pas le cas, les gouttelettes seront rejetées par la membrane. Par ailleurs, la concentration des gouttelettes d'eau internes pour la fabrication d'émulsions E/H/E doit être comprise entre 30 et 50 % volumique. Cependant, Okochi et Nakano ont obtenu de bons résultats avec une proportion plus faible [48].

Il s'agit d'une méthode fiable et reproductible donnant des émulsions stables dès lors que des tensioactifs sont utilisés.

Un inconvénient de cette méthode par rapport aux méthodes classiques est la longue durée de fabrication des émulsions en raison des faibles flux. Cet aspect pourrait être un problème si la stabilité des principes actifs utilisés est faible.

b) Émulsification par microcanaux

C'est un nouveau procédé utilisé pour la production d'émulsions monodisperses. Les gouttelettes obtenues sont bien plus monodispersées que par rapport au procédé par agitation mécanique ou par émulsification membranaire.

Lors de ce procédé, de petits microcanaux non cylindriques sont formés dans une plaque de silicium. Les gouttelettes sont produites en forçant la phase dispersée à passer à travers les microcanaux. Cette technique se sert donc de la

tension interfaciale, des avantages de l'échelle micrométrique et de la force motrice pour former les gouttelettes.

Ce procédé est intéressant pour la production d'émulsions doubles car les gouttelettes sont formées via le faible cisaillement par écoulement de la phase continue.

Un inconvénient de cette méthode, qui doit encore être amélioré, est son faible débit de production d'émulsion [48].

2.5.6. Inconvénients de ces procédés de fabrication

a. Aspect énergétique

Afin de fabriquer des émulsions, les systèmes évoqués précédemment, en particulier ceux nécessitant une agitation mécanique, sont très coûteux en énergie. Ceci s'explique notamment par l'énergie fournie par la turbine ainsi que par le cisaillement nécessaire afin de fragmenter les gouttelettes. Cette énergie est transmise par le système de dispersion et est répartie en dissipation visqueuse au sein du liquide, en énergie dissipée utilisée pour la fragmentation ainsi qu'en énergie interfaciale. Le cisaillement va dissiper une partie importante de l'énergie fournie par la turbine. L'énergie mécanique va être dissipée sous forme de chaleur, d'où l'importance de refroidir la formulation au cours de l'émulsification afin de contrôler la température. On peut également citer la pression de Laplace, qui comme l'énergie interfaciale, est présente au niveau des interfaces, et présente une part d'énergie à apporter à notre système [41].

Il est à préciser que la consommation énergétique d'un mobile est à relier au type d'écoulement qu'il met en œuvre dans la cuve [45]. La température est aussi un des paramètres importants car elle va influencer la qualité de l'émulsion. En effet, la température peut jouer sur la viscosité du milieu mais peut aussi modifier l'énergie libre interfaciale [41].

b. Taille des émulsions

En général, dans une émulsion, les gouttelettes de la phase dispersée n'ont pas une taille unique. C'est pourquoi on parle de distribution granulométrique. Ce paramètre est important car il a un impact sur la stabilité de l'émulsion (notamment le murissement). Il est bien établi que les procédés mécaniques entraînent une forte répartition des tailles. En revanche, la microfluidique semble produire des émulsions monodisperses

2.6. Procédés continus de fabrication des émulsions

De nombreux progrès ont été effectués depuis 1990 en termes de procédés et de compréhension des phénomènes physico-chimique. Il est donc possible de concevoir de nouveaux modes opératoires basés sur de nouveaux modes ou échelles de production. L'objectif premier est ici de produire en réduisant la consommation énergétique, dans de plus petits volumes, avec une plus grande efficacité et en minimisant l'impact environnemental en utilisant moins de solvants en réduisant par exemple, le nombre d'étapes de production [49]. Dans certains cas, cela peut notamment faire appel aux microtechnologies telles que la microfluidique, mettant en œuvre des procédés continus. Le mode de fabrication est celui utilisé dans cette thèse et il est développé dans la partie expérimentale.

Les systèmes de procédés fonctionnant en continu possèdent de nombreux avantages tels qu'une consommation moindre en énergie, d'une distribution en taille homogène et contrôlée, ce qui n'est pas le cas des systèmes discontinus.

Cependant, la mise en œuvre du procédé continu est beaucoup plus lourde que celle du procédé discontinu. En effet, il faut prendre en compte le système des pompes, qui doivent être adaptées aux viscosités des produits, ainsi que le

ystème de contrôle des débits. Ce sont donc des systèmes encore peu répandus mais ayant de forts potentiels.

PARTIE EXPERIMENTALE

PARTIE I : METHODOLOGIE

I. Lieu et type d'étude

I.1. Lieu d'étude

Notre étude s'est déroulée à la Pharmacie Hospitalière de l'Hôpital de Dermatologie de Bamako plus exactement au sein de son unité galénique.

a. L'Hôpital de Dermatologie de Bamako (HDB)

Situé au quartier Djicoroni para à Bamako, l'Hôpital de Dermatologie de Bamako a été créé par l'ordonnance n° 2019-010 du 27 mars 2019, ratifiée par la loi du 23 juillet 2019. Son organisation et ses modalités de fonctionnement ont été fixé par le décret N° 2019-0246/P-RM du 27 mars 2019. Cet hôpital a pour mission d'assurer le diagnostic, le traitement des maladies de la peau et problèmes dermatologiques issus des infections sexuellement transmissibles, autres affections dermatologiques et de prendre en charge les urgences dermatologiques et les cas référés. Il doit également participer à la formation universitaire continue et promouvoir la recherche.

b. La pharmacie hospitalière de l'Hôpital de Dermatologie de Bamako

Au sein de cet établissement hospitalier entre autres services qui s'y trouvent nous avons sa pharmacie hospitalière. Celle-ci est subdivisée en plusieurs compartiments à savoir :

- ↳ L'espace de vente ;
- ↳ Le magasin ;
- ↳ L'espace des gratuités ;
- ↳ L'unité galénique ;
- ↳ Le bureau du chef de service.

I.2. Type d'étude

Il s'agit d'une étude descriptive expérimentale.

II. Matériels et méthodes

II.1. Matériels

II.1.1. Descriptions des équipements et du petit matériel de laboratoire

Les équipements et petits matériels de laboratoire suivant ont été utilisés :

↪ Bécher



Figure 18 : 1000 ml Bécher gradue en plastique transparent avec poignée

↪ Balance



Figure 19 : Balance de précision Beautymix Model : BM01 (MF03-1)

↪ **Minuteur**



Figure 20 : Minuteur de laboratoire à quartz digital

Table de travail électrique



Spécification

Type 15023 B

Alimentation électrique : 220 V

220v 50 hz 6000W

Figure 21 : table de travail électrique AILUX AIRDIS

↪ **Distillateur d'eau**

Description

Spécifications et particularités Mono-distillateur de paille sans réservoir. Excellente qualité de distillat, conductivité env. 2,3 us/cm à 25 °C (voir données techniques). Protection marche à sec par thermostat. Économie d'énergie par distillation de l'eau de refroidissement préchauffée. Bouilleur facilement

accessible pour nettoyage. Sortie du distillat par tuyau en sortie du condenseur. Dégazage en CO₂ par le condenseur. Indication de la température de l'eau du réfrigérant par thermomètre. Corps de chauffe, bouilleur et condenseur en acier inox. Boîtier en tôle zinkée par électrolyse avec revêtement électrostatique d'époxy par poudre. Raccords d'alimentation et d'évacuation en eau ½ pouce (∅ env. 12,7 mm) Flexibles d'alimentation et de sortie en eau livrables en option. Plages d'applications Les appareils à eau distillée GFL sont utilisés en recherche et développement lors de préparations d'échantillons bactériologiques et cliniques, ainsi que pour la préparation de cultures cellulaires et de tissus ainsi que pour la formulation de réactifs et onguents. Le distillat est également utilisé pour travaux de nettoyage et de stérilisation, pour solutions tampons ainsi que pour des applications microbiologiques et analytiques.



Figure 21 : Distillateur d'eau 2001/4

↪ **Agitateur mélangeur**

Description

Agitateur aérien numérique de laboratoire

Appliquer sur une agitation liquide stable notamment pour mélanger un petit volume d'échantillons, pétroliers, chimiques, médicaux.

Il a été spécialement conçu pour une application à des fins de sante, d'environnement, d'expériences biochimiques, d'éducation et de recherche scientifique.

L'écran LCD affiche la vitesse de réglage et la valeur réelle, et la surveillance en temps réel de la vitesse et du temps.

Peut contrôler avec précision la vitesse d'agitation, la plage de vitesse est de 200 à 3000 tr/min.

Protection contre les surcharges, protection contre les boucles, démarrage en douceur, empêche le débordement.

Spécification

Modèle : 20 l

Puissance moteur : 200 W

Couple au mandrin : 90 N.CM

Alimentation électrique : 220 V

Plage de vitesse de rotation : 200 à 3000 tr/min

Volume d'agitation max. (H₂O) : 0 ~ 20 l

Affichage de la vitesse d'agitation : affichage LCD numérique

Résolution : +/- 1 rpm

Longueur de la tige d'agitation : 300 mm

Matériau de la tige d'agitation : acier inoxydable 304

Gamme de mandrins : Ø0,5-10

Dimension du produit : 200 x 315 x 600 mm

Poids brut : 10 kg

Environnement autorisé : 40-105 ° F, 80 % HR

Max. viscosité : **10 000 (mPa.s) ; 80 000 (mPa.s)**



Figure 22 : YUEWO Lab Digital électrique Agitateur Mélangeur

II.1.2. Matières premières

Les matières premières sont recensées dans le tableau ci-dessous.

Tableau VIII : Matières premières et fournisseurs

Dénomination	Rôles	Zone de provenance / fournisseurs
Beurre de karité	Corps gras	COPROKAZAN-Bougouni Email : ugfz@coprokazan.org Tel : (+223) 69 12 66 43
Eau distillée	Excipient ; véhicule aqueux	Laboratoire HDB

** Nous avons préféré ce beurre plutôt qu'un autre car il disposait d'un certificat d'analyse et d'un rapport des examens de laboratoire attestant de sa pureté.*

II.2. Méthodes

II.2.1. Formulations qualitatives et quantitatives des crèmes

II.2.1.1. Formulations qualitatives

Pour le choix du beurre, nous avons recherché un beurre qui pouvait nous garantir une certaine pureté et donc de ce fait devait avoir passé certaines analyses de laboratoire. L'eau devait être distillée et donc dépourvue d'agents pathogènes. De plus, elle devait être utilisée à température ambiante, car à chaud comme à froid, la préparation ne donne pas de résultat concluant.

Pour le conditionnement, nous avons sollicité des pots en verre transparents afin d'apprécier le comportement des formulations au cours du processus expérimental. Le conditionnement devait avoir un bouchon en plastique afin d'éviter tout risque de corrosion et donc de contamination de la formulation.

La balance devait être juste, l'agitateur d'une capacité d'au moins 1200 tr/min.

II.2.1.2. Formulations quantitatives

Nous avons utilisé une méthode de balayage unidimensionnel du beurre de karité afin de déterminer les proportions adéquates nécessaires au beurre pour former des émulsions stables avec l'eau sans l'ajout d'un agent de stabilisation quelconque. Les quantités d'eau ont évoluées de 0 à 90 % dans les formules avec des échelles de dix (10) à 10. De plus tous les tests ont été réalisés trois (03) fois afin de confirmer les résultats obtenus. Ainsi le tableau ci-dessous représente la composition des formules qui ont été étudiées.

Tableau IX : Composition quantitative (g) des émulsions

Formules	Beurre de karité	Eau distillée
1	100	0
2	90	10
3	80	20
4	70	30
5	60	40
6	50	50
7	40	60
8	30	70
9	20	80
10	10	90

**Ces formules sont celles qui ont été exploitées pour la fabrication des crèmes illustrées par les figures 28 et 29.*

II.2.1.2. Procédé de fabrication

Les crèmes ont été préparées selon la méthode d'émulsification indirecte. Le matériel utilisé pour la préparation a été préalablement lavé, séché et stérilisé. La phase aqueuse (eau distillée) a été introduite dans un bécher en plastique de 1000 ml et la phase huileuse externe (beurre de karité) a été placée dans un bain marie avec son récipient d'origine pendant 35 minutes environ pour être liquéfié. Par la suite, nous avons porté le beurre hors du bain marie et nous l'avons posé sur la pailasse. Ensuite nous avons attendu 3 minutes pour qu'il atteigne la température d'environ 65 °C.

Nous avons alors procédé à l'émulsification proprement dite. Pour ce faire, nous avons posé un bécher vide sur la balance et la tarer. A l'aide d'une spatule, nous avons prélevé la quantité de beurre de karité nécessaire à la formule et nous l'avons déposé dans le bécher. Ensuite nous l'avons taré de nouveau et ajouté la quantité d'eau distillée nécessaire à la formule. L'ensemble a alors été placé sous agitateur à hélice YUEWO pendant 6 minutes (chronomètre en marche).

Une fois les 6 minutes écoulées nous avons arrêté l'agitateur à la sonnerie du chronomètre et avons mis la balance en marche. Par la suite nous avons pesé l'ensemble de la formule de nouveau afin de déterminer les pertes et les compenser par addition de quantités correspondantes d'eau distillée.

Enfin, nous avons vidé le contenu du bécher dans les pots en verre et nous les avons rangés sur la paillasse et attendu minimum 2 heures temps.

Les formules qui n'ont pas permis d'obtenir une émulsion présentant un aspect homogène après refroidissement à température ambiante ont été éliminées des tests.

II.2.1.3. Conditionnement des crèmes

Les crèmes ont été conditionnées dans des pots en verre transparent d'une contenance de 100 g comme illustré sur la figure 27. Ce type de conditionnement n'a pas d'influence sur la stabilité des émulsions [4]. Les crèmes ont été conservées à température ambiante, sur la paillasse au laboratoire. Les pots ont été étiquetés en fonctions du numéro de la formule terminé par le numéro du triplicata. Exemple : (1-1) ; (1-2) ; (1-3) ; ...



Figure 23 : Conditionnement en verre

Dans la prochaine étape nous avons contrôlé la stabilité physique des crèmes qui ont été formulées. Le but était d'identifier une plage de stabilité permettant

de définir des quantités optimales de beurre nécessaire pour stabiliser les émulsions dans le temps.

II.2.2. Évaluation de l'influence du pourcentage du beurre de karité sur la stabilité physique et la texture des émulsions

Les tests ont été réalisés sur les émulsions ayant présentées un aspect homogène après refroidissement à la température ambiante (minimum 2h après la fin du processus de fabrication). Tous les tests ont été tripliqués afin de confirmer la répétabilité de l'expérience.

II.2.2.1. Control des paramètres de stabilité et de finesse des gouttelettes des émulsions

II.2.2.1.1. L'aspect macroscopique

Il a constitué à observer l'aspect visuel à l'œil nu des préparations. Il a permis d'avoir une orientation sur la granulométrie des gouttelettes comme le confère le tableau (X) ci-dessous :

Tableau X : Aspect des émulsions selon la taille des globules [51]

Taille des globules	Types d'émulsion	Apparence macroscopique
> 5 µm	Émulsions grossières ± stables	Blanche laiteuse
5 à 1 µm	Émulsions moyennes	Blanche laiteuse
1 µm à 0.5 µm	Émulsions fines	Blanche + reflet bleuté
0.5 µm à 0.1 µm	Émulsions légèrement translucides	Semi transparente
< 0.1µm	Microémulsions translucides Solutions micellaires	Transparente

II.2.2.1.2. Détermination du sens de l'émulsion :

La méthode du rinçage des émulsions : L'émulsion H/E se rince facilement à l'eau tandis que le contraire est vrai pour les émulsions de types E/H. Nous avons étalé la crème sur le dos de la main, et nous l'avons fait passer sous un jet d'eau au robinet.

II.2.2.1.3. Bottle Test ou test de stabilité en éprouvette :

Ce test a été réalisé dans les conditions de conservation ambiante pendant 3 mois. Il a consisté à suivre l'évolution dans le temps de l'aspect macroscopique des émulsions comme : la couleur, l'homogénéité (l'apparition ou non des phénomènes de crémage et ou de sédimentation, de séparation de phases). Ces différents paramètres ont été évalués à des temps déterminés (**J0, J3, J7, J15, J30, J60 et J90**).

II.2.3. Identification d'une plage de stabilité des émulsions Eau/Beurre de karité

Après évaluation des paramètres de stabilités, nous avons déterminé une plage dans laquelle les préparations Eau/Beurre de karité donnent des émulsions stables après 3 mois de conservation à température ambiante.

PARTIE II : RESULTATS

I. FORMULATIONS ET PREPARATIONS DES CREMES

Dix (10) crèmes ont été formulées (Tableau VII)

A la fin de la préparation, les crèmes un (01) à quatre (04) et huit (08) à dix (10) ont été fluides 2h après l'émulsification. Tandis que les crèmes cinq (05) à sept (07) ont été épaisses. La figure ci-dessous représente les dix (10) crèmes 2 heures après la fabrication.

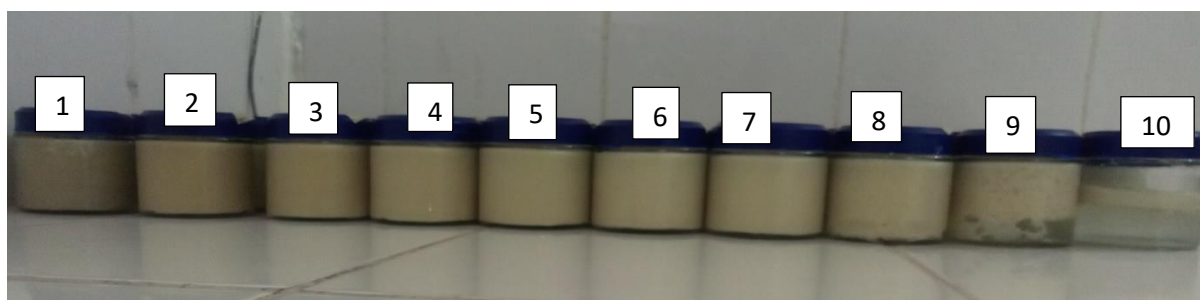


Figure 24 : Crèmes 2h après la fabrication au laboratoire

Les crèmes neuf (09) et dix (10) ont été retirées des tests car elles n'étaient pas stables 2h après la formulation.

Les tests de stabilités ont été réalisés sur les crèmes un (01) à huit (08). Les tripliquas ont donné à chaque fois le même résultat. La figure ci-dessous représente les huit (08) crèmes à J1.

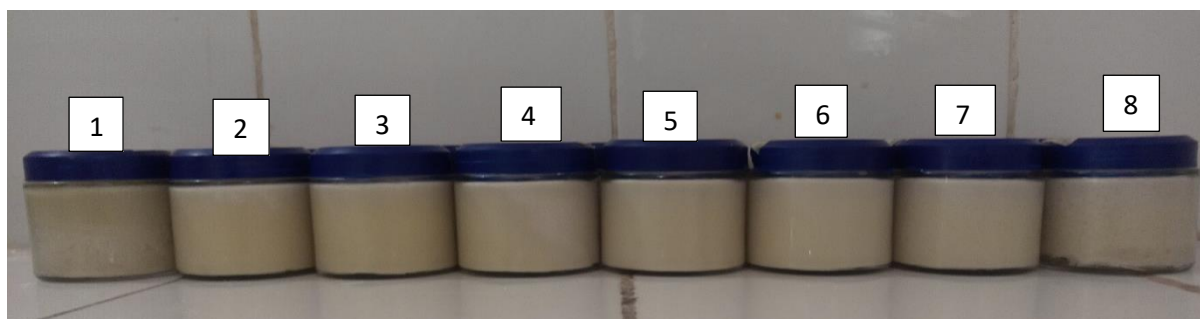


Figure 25 : Crèmes à J1 après conservation au laboratoire à température ambiante

II. STABILITE DES CREMES

II .1. Aspect macroscopique

Toutes les crèmes ont eu un aspect blanc laiteux et ont été de consistance semi solide à solide. Nous déduisons donc que la taille des globules a été comprise entre un (01) et cinq (05) μm , ce qui correspond à une émulsion moyenne.

II. 2. Sens de l'émulsion

Toutes nos émulsions n'ont pas été lavables à l'eau, elles ont été de type E/H.

II.3. Bottle test

La stabilité physique et la fluidité des crèmes ont évolué de J0-J90 (Tableau IX).

Tableau VIII : Évolution de la fluidité et de la stabilité physique des crèmes de J0-J90

Crèmes	Observations 2h	Observations J1	Observations J3	Observations J7	Observations J15	Observations J30	Observations J60	Observations J 90
1	F++ S J++	E+ S J++	E+ S J++	E++ S J++	E+++ S J++	E+++ S J++	E+++ S J++	E+++ S J++
2	F++ S J++	E+ S J++	E+ S J++	E++ S J++	E+++ S J++	E+++ S J++	E+++ S J++	E+++ S J++
3	F+ S J+	E+ S J+	E++ S J+	E+++ S J+	E+++ S J+	E+++ S J+	E+++ S J+	E+++ S J+
4	F+ S J+	E+ S B+	E++ S B+	E++ S B+	E+++ S B+	E+++ S B+	E+++ S B+	E+++ S B+
5	E+ S B+	E+ S B++	E++ S B++	E++ S B++	E++ S B++	E++ S B+	E++ S B+	E++ S B+
6	E+ S B+	E++ S B++	E++ S B++	E++ S B++	E++ S B++	E++ S B++	E++ S B++	E++ S B++
7	E++ S B+	E+++ S B++	E+++ S B++	E+++ S B++	E+++ S B++	E+++ S B++	E+++ S B++	E+++ S B++
8	F+++ S B++	F++ S B++	E+ I B++	-	-	-	-	-
9	F+++ I B++	-	-	-	-	-	-	-
10	F+++ I B++	-	-	-	-	-	-	-

F=Fluide E=Epaisse S=Stable I=instable C=Couleur (Jaune, Blanche) Faible + Moyen ++ Fort+++

L'évolution de la fluidité : L'aspect des différentes crèmes a évolué différemment au cours du temps. Les crèmes un (01) à quatre (04) sont passées de fluide à épaisse dès J1 et ont continué à s'épaissir au cours du temps. Les crèmes cinq (05) à sept (07) qui elles étaient déjà épaisses dès la fin du processus de fabrication (2 h après repos au laboratoire), ont continué à s'épaissir. La crème huit (08) est passée de fluide et stable à épaisse et instable à J3.

L'évolution des instabilités physiques : Les premières crèmes instables ont été les crèmes neuf (09) et dix (10) ; observation faite 2 h après repos au laboratoire. Ensuite à J3, la crème huit (08). Les plus stables après 90J ont été les crèmes un (01) à sept (07).

Intervalle de stabilité : les crèmes les plus stables ont été les crèmes un (01) à sept (07) avec une proportion en eau comprise entre 0 et 60 %. Donc le beurre de karité peu incorporer jusqu'à 60 % d'eau sans présenter des signes d'instabilité après 90J selon le mode de fabrication présenté plus haut.

PARTIE III : COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS

I. Limites

Cette étude a consisté à étudier les propriétés émulsionnantes du beurre de karité malien provenant de la région de Bougouni. Les limites de notre étude ont été la non-détermination de l'aspect microscopique et la difficulté d'effectuer le test de la centrifugation, car les formulations obtenues étaient très épaisses, voire pâteuses. De plus, nous n'étions pas suffisamment outillés pour procéder à des recherches plus avancées ; l'analyse de la taille des particules afin de mesurer leur distribution granulométrique ou encore la détermination de la viscosité des préparations obtenues sont autant de tests importants qui auraient permis de pousser la recherche un peu plus loin s'il avait été possible de procéder à la diffraction à laser ou si nous avions eu à notre disposition un pénétromètre.

II. Aspect macroscopique

La taille des globules est un paramètre très important, car elle permet de prédire la stabilité des crèmes qui ont été formulées ; plus les globules sont fins, plus la crème est stable sur une longue durée. Lors de notre étude, toutes nos émulsions avaient un aspect blanc laiteux ce qui correspond à une émulsion moyenne ou une émulsion grossière +/- stable. La taille des globules obtenue pour toutes nos crèmes était donc comprise entre un (01) et cinq (05) μm . Cette taille garantit une stabilité moyenne des émulsions sur le long terme.

III. Sens de l'émulsion

Le sens de l'émulsion est un paramètre très important permettant de donner des indications sur la stabilité des préparations. Lors de notre étude, toutes les préparations étaient de type E/H après un test de lavabilité à l'eau. Cela peut être dû à la technique d'émulsification indirecte que nous avons utilisée en

incorporant de l'eau tout doucement dans la phase huileuse. La technique d'émulsification indirecte aboutie à des émulsions du type E/H ; où la phase huileuse, c'est la phase continue et la phase aqueuse, c'est la phase dispersée. Nous avons sollicité l'usage de cette technique plutôt que la technique classique d'émulsification directe, car elle permet l'obtention des crèmes qui procurent un confort immédiat aux peaux les plus sèches et déshydratées en leur apportant de la nutrition en plus grande quantité et tout de suite accessible.

IV. Stabilité au cours du temps

IV.1. Évolution de la fluidité

Deux (02) heures après la préparation des crèmes, les formulations un (01) à quatre (04) étaient fluides, tandis que les formulations cinq (05) à sept (07) sont passées de fluide à légèrement épaisse, voire épaisse. La formule huit (08) quant à elle est restée très fluide. Nous avons remarqué que plus la formule était diluée plus elle avait tendance à se solidifier rapidement. Cela est dû au procédé de formulation utilisé ; car à mesure que la proportion d'eau augmente dans la formule, la température de refroidissement du beurre est plus vite atteinte et donc de ce fait la formule se cristallise plus rapidement. En effet, le beurre de karité étant constitué d'ingrédients qui lui confèrent une phase solide non-négligeable à température ambiante, ces derniers provoquent un épaissement des émulsions (Tadros et al 2008). Enfin, nous avons observé une augmentation de la consistance des crèmes au cours du temps (de J1 à J90) avant de se stabiliser finalement après un temps plus ou moins long selon la formulation. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les corps gras semi-solides ou solides à la température ambiante comme le beurre de Karité, ont tendance à entraîner une augmentation de la texture au cours du temps. Cette augmentation serait probablement due à une réorganisation de la structure

interne des préparations [2,4]. Ces résultats sont identiques à ceux obtenus par Dr TOE [4].

IV.2. Évolution des instabilités physiques

L'émulsion ne doit pas présenter de démixtion. Les premières démixtions ont été observées avec les crèmes neuf (09) et dix (10) ; 02 h après leur élaboration. Elles ont donc été éliminées du processus expérimental. En suite à J3, la crème huit (08) a elle aussi présentée les signes de démixtion. A J90, les crèmes un (01) à sept (07) étaient stables. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que le beurre de karité a une composition riche en acide gras, notamment l'acide oléique (40 à 60 %) et l'acide stéarique (20 à 50 %) [29,30] faisant ainsi d'eux les composants majeurs du beurre. Or, l'acide oléique est utilisé comme agent émulsifiant dans les aliments et topiques formulations pharmaceutiques [50]. De plus, dans les formulations topiques, l'acide stéarique est utilisé comme émulsifiant et agent solubilisant [50].

IV.3. Évolution de l'intervalle de stabilité

La plage de stabilité a évolué au cours du temps passant de 70 % à J3 pour finalement se stabiliser à 60 % à J90. Nous pouvons donc conclure que le beurre de karité peut absorber jusqu'à 60 % d'eau et donc de ce fait peut incorporer presque le double de son poids en eau sans présenter des signes d'instabilité tout comme la lanoline. Ceci pourrait s'expliquer par ses propriétés physico-chimiques notamment sa composition riche en acide stéarique. L'acide stéarique partiellement neutralisé forme une base crémeuse lorsqu'elle est mélangée avec cinq (05) à quinze (15) fois son propre poids de liquide aqueux [50].

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Notre travail avait pour objet l'étude de la capacité d'un produit à stabiliser une émulsion.

Composé en grande partie d'acide oléique et stéarique, le beurre de karité associé à l'eau permet d'obtenir des émulsions stables ceci à des proportions bien déterminées. Cette caractéristique lui confère des propriétés émulsionnantes ; et donc de ce fait, il peut absorber presque le double de son poids en eau.

Cependant, il serait important d'étudier les propriétés physico-chimiques du beurre de karité malien provenant de la région de Bougouni afin de compléter cette étude.

Aussi, l'étude des propriétés émulsionnantes et leurs propriétés physico-chimiques des beurres de karité de toute la ceinture du karité afin de mener des études comparatives permettrait de confirmer définitivement cette hypothèse.

RÉFÉRENCES

1. **Sanou H, Lamien N.** *Vitellaria paradoxa* : Karité. Saforgen 2017. ISBN: 978-84-694-3165-8. Disponible au https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/1689/2/2011_342FR.pdf
2. **FAO, and OMS.** 2017. "NORME RÉGIONALE POUR LE BEURRE DE KARITÉ NON RAFFINÉ CXS 325R Adoptée En PDF Free Download." <https://docplayer.fr/76427708-Norme-regionale-pour-le-beurre-de-karite-non-raffine-cxs-325r-adoptee-en-2017.html>.
3. **Sanogo R.** Beurre De Karité En Dermopharmacie.ppt [Internet]. Présentation : Afephar quatrième journée scientifique ; 2016 [cité 10 oct 2017]; Bamako. Disponible sur : www.cnop.sante.gov.ml/docs/BeurreDeKariteEnDermopharmacie.ppt
4. **Bagaya M.** Essais de formulation des crèmes et laits dermatologiques à base de beurre de karité raffiné et d'acide Salicylique. [Thèse de pharmacie]. Université de Ouagadougou ; 2014,73 p.
5. **Goulbo O.** Essais de formulations de crèmes et de pommades dermatologiques à base de beurre de karité raffiné et de dipropionate de betamethasone. [Thèse de pharmacie]. Université de Ouagadougou ; Ouagadougou 2015,132p.
6. **Toé SL.** Essais de mises au point de formulation de crèmes et laits corporels à base du beurre de karité du Burkina Faso. [Thèse de pharmacie]. Université de Ouagadougou ; Ouagadougou 2004, 109p. N° 043.
7. **Lebert O.** Le karité et le henné ; Deux matières premières Africaines à fort pouvoir culturel local utilisées dans les cosmétiques. [Thèse de pharmacie]. Université de Nantes ; Nantes 2005, 101p. N° 034.
8. **Dale AS.** Burkina Faso : l'exploitation du beurre de karité atteint la barre de 34,2 milliards FCFA. Journal le nouvel Afrique 4 aout 2020.
9. **Mariko ABA.** Détermination expérimentale de la valeur de la balance hydrophile/lipophile requise du beurre de karité. [Mémoire de master]. Université I Pr Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou (Burkina Faso) 2018. 65p. N° 221.
10. **Mungo P.** [Travels in the Interior Districts of Africa: Performed in the Years 1795, 1796, and 1797. With An Account of A Subsequent Mission to That Country in 1805.](#) London (Uk),1806.
11. **Zaya P.** Les moyens d'améliorer le traitement et le nettoyage du karité, Centre de Recherches pour le Développement International. Ottawa (Canada),1999.

12. **Cissé Z.** Chimie des amandes et du beurre de karité. Ouagadougou (Burkina Faso) 1992.
13. **Traore AS, Barro A.** Évolution des paramètres physico-chimiques du beurre de karité en fonction des traitements et du stockage. Burkina Faso, 1991.
14. **Institut de l'environnement et de recherches agricoles.** Bilan de 10 années de recherche : 1988-1998. Programme oléo-protagineux, CNRST, 1998.
15. **Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.** Données statistiques sur le karité, Secrétariat de la CNUCED, 2003
16. **Womeni H.M, Tchagna D.T, Ndjouenkeu R, Kapseu C, Mbiapo F.T, Linder M, Fanni J.J et Parmentier M.** Influence des traitements traditionnels des graines et amandes de karité sur la qualité du beurre. FoodAfrica: Improving Food Systems in sub-Saharan Africa: Responding to a Changing Environment. 2006. 8p
17. **Bernatchez C.** Amélioration de la qualité du produit et des procédés de production du beurre de karité biologique et de la logistique des opérations en Afrique : cas du Burkina Faso. [Mémoire]. Québec 2007. 210p.
18. **Ouédraogo OG.** Plantes médicinales et Pratiques médicales au Burkina Faso. Cas du Plateau Central. Tome I et II. 320 P. [Thèse de Biochimie Microbiologie]. FAST, Ouagadougou, 1996 ; n° 75.
19. **Ouédraogo A.** Les produits du karité burkinabé : potentialités, productions, commercialisation, réglementation et procédures d'exportation. PNK, 2000. 128p.
20. **Kpegba K, Kpokanu SA, Simalou O, Novidzro KM et Koumaglo KH.** Évaluation des techniques de production du beurre de karité au Togo Int. J. Biol. Chem. Sci. 11(4): 1577-1591, 2017
21. **Sallé G et al.** Le karité une richesse potentielle Bois et forêts des Tropiques. 2^{ème} trimestre 1991, 228 pp. 11-23.
22. **Nikiema A et Umali BE.** Vitellaria paradoxal CF. Gaertn. PROTA (Plan Resources of tropical Africa). [En ligne] 2007. C[Citation : 07 juin 2011] au http://database.org/PROTAhtml/Vitellaria%20paradoxal_Fr.html.
23. **Carney J et Elias M.** *African Shea Butter: A Feminized Subsidy from Nature, Africa*, vol. 77, n° 1, février 2007, p. 37–62 ([ISSN 1750-0184](#) et [0001-9720](#), [DOI 10.3366/afr.2007.77.1.37](#), [lire en ligne \[archive\]](#)], consulté le 3 juillet 2021
24. **Kuyper HW, Traoré M, Dembelé F et Vellema S.** *Analyse d'une plate-forme d'innovation dans la filière karité au Mali*, *Cahiers Agricultures*, vol. 26, n° 4, 1^{er} juillet 2017, p. 45001

([ISSN 1166-7699](#) et [1777-5949](#), [DOI 10.1051/cagri/2017029](#), [lire en ligne \[archive\]](#), consulté le 3 juillet 2021)

25. **Fold N, Reenberg A.** In the shadow of the 'chocolate war': local marketing of shea nut products around Tenkodogo, Burkina Faso ». *Geografisk Tidsskrift / Danish Journal of Geography Special Issue* 1999. 2: 113–123.
26. **Elias M, Saussey M.** 'The Gift that keeps on giving': unveiling the paradoxes of fair trade shea butter ». *Sociologia Ruralis* 2013, 53(2): 158–179.
27. **Masters ET, Yidana JA et Lovett PN.** Erreur ! Référence de lien hypertexte non valide. [[archive](#)], Vol. 55 2004/4, sur www.fao.org, Revue internationale des forêts et des industries forestières, 2004; n° 219 (consulté le 7 juillet 2021) ;
28. **Rousseau K.** Political ecology du karité - Relations de pouvoir et changements sociaux et environnementaux liés à la mondialisation du commerce des amandes de karité - Cas de l'Ouest du Burkina Faso [Thèse de doctorat], AgroParis Tech, juin 2016
29. **Davrieux F, Allal F, Piombo G, Kelly B, Okulo JB, Thiam M, Diallo OB, Bouvet J-M.** Near Infrared Spectroscopy for High-Throughput Characterization of Shea Tree (*Vitellaria paradoxa*) Nut Fat Profiles [[archive](#)]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2010. 58:7811-7819.
30. **Maranz S, Wiesman Z, Bisgaard J, Bianchi G.** *Germplasm resources of *Vitellaria paradoxa* based on variations in fat composition across the species distribution range* », *Agroforestry Systems*, vol. 60, n° 1, 1^{er} janvier 2004, p. 71–76 ([ISSN 1572-9680](#), [DOI 10.1023/B:AGFO.00000094 06.19593.90](#), [lire en ligne \[archive\]](#), consulté le 14 juillet 2021)
31. **Alander J.** Shea butter-a multifunctional ingredient for food and cosmetics. *Lipid Technol* 2004. 16. 202-205.
32. **Lin T-K, Zhong L et Santiago JL.** *Anti-Inflammatory and Skin Barrier Repair Effects of Topical Application of Some Plant Oils* », *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 19, n° 1, 27 décembre 2017 ([ISSN 1422-0067](#), [PMID 29280987](#), [PMCID 5796020](#), [DOI 10.3390/ijms19010070](#), [lire en ligne \[archive\]](#), consulté le 12 juillet 2021)
33. **Maranz S et Wissman Z.** The Phyto-Oleochemical Laboratory, The Institutes for Applied Research, Ben-Gurion University of the Negev, Israel), « *Influence of Climate on the Tocopherol Content of Shea Butter* » [« Influence du climat sur le contenu Tocopherol du beurre de karité »], *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2004. 52(10):2934–2937 ([ISSN 0021-8561](#) et [1520-5118](#), [DOI 10.1021/jf035194r](#)).

- 34. Akihisa T, Kojima N, Katoh N et Uchimura Y.** *Triterpene alcohol and fatty acid composition of shea nuts from seven African countries* », *Journal of Oleo Science*, vol. 59, n° 7, 2010, p. 351–360 (ISSN [1347-3352](#), PMID [20513968](#)).
- 35. Di Vincenzo D, Maranz S, Serraiocco A et Vito R.** *Regional variation in shea butter lipid and triterpene composition in four African countries* », *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 53, n° 19, 21 septembre 2005, p. 7473–7479 (ISSN [0021-8561](#), PMID [16159175](#), DOI [10.1021/jf0509759](#), [lire en ligne \[archive\]](#), consulté le 13 juillet 2021)
- 36. Davrieux F, Allal F, Piombo G et Kelly B.** *Near infrared spectroscopy for high-throughput characterization of Shea tree (*Vitellaria paradoxa*) nut fat profiles* », *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 58, n° 13, 14 juillet 2010, p. 7811–7819 (ISSN [1520-5118](#), PMID [20518501](#), DOI [10.1021/jf100409v](#), [lire en ligne \[archive\]](#), consulté le 13 juillet 2021)
- 37. Institut numérique.** Chapitre 10 : Le Mali dans la filière karité. [Site int] disponible au <https://www.institut-numerique.org/chapitre-10-le-mali-dans-la-filiere-karite-51c2d0f1b4296> consulté le 06.07.21 à 01h20.
- 38. Joutel B.** L'analyse de filière, un outil de développement pour les ONG dans le sud. *Le cas du karité malien*. [Mémoire] Université Pierre Mendès France 2011. Disponible au <https://www.memoireonline.com/08/13/7309/L-analyse-de-filiere-un-outil-de-developpement-pour-les-ONG-dans-le-sud.html>
- 39. Nacoulma OG.** Communication sur le beurre de karité, Ouagadougou, 2000.
- 40. Dupont J.** Procédés microfluidiques d'émulsification : Potentiel pour la pharmacie. [Thèse de Pharmacie]. Université de Lille 2 ; 2017. 118p.
- 41. Brochette P.** Émulsification – Élaboration et étude des émulsions, Techniques de l'ingénieur, réf : J2150 V2, 2013.
- 42. Deepak S, Sanjay K, Piyush A.** Recent advancement, technology & applications of the multiple emulsions, *Innovare Journal of Health sciences* 2013, 1(1).
- 43. Marcel B, Meinders J, Van Vliet T.** The role of interfacial rheological properties on Ostwald ripening in emulsions, *Advances in Colloid and Interface Science*. 2004, 108–109,;119–26
- 44. Koroleva M, Tokarev A, Yurtov E. (.)** Simulation of flocculation in W/O emulsions and experimental study, *Colloids and Surfaces, Physicochemical and Engineering Aspects* 2015, 481:237–243

45. **Poux M et Cancelier JP.** Procédés d'émulsification - Techniques et appareillage, Techniques de l'ingénieur 2004, réf J2153 V1
46. **Garti N, Bisperink C.** Double emulsions: progress and applications, Curr. Opin. Colloid Interface Science. 1998. Vol. 3 : 657-667p
47. **Klahn JK, Janssen JJM, Vaessen GEJ, De Swart R, Agterof WGM.** On the escape process during phase inversion of an emulsion, Colloid Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects. 2002; vol. 210: 167-181p
48. **Van der Graaf S., Schröen C.G.P.H., Boom R.M.** Preparation of double emulsions by membrane emulsification—a review, Journal of Membrane Science. 2005; 251:7-15
49. **Charpentier J.C.** Intensification des procédés, Techniques de l'ingénieur. 2016, réf J7000 V1
50. **Raymond C Rowe. Paul J Sheskey. Siaⁿ C Owen.** Handbook of Pharmaceutical Excipients. Fifth edition. London, UK. 2005. 945p
51. **A.Le Hir. J.-C. Chaumiel et Al.** Pharmacie Galénique Bonnes pratiques de fabrication des médicaments. 10^e édition, 2016. 173p
52. **M.-L. Dupasquier, A. Nazari et AL,** CDIEC. Formulation cosmétique, les émulsions, Université de Nice Sophia Antipolis. Disponible au https://ressources.unisciel.fr/formulation_cosmetique/co/1-1.html

ANNEXES

Fiche signalétique

Nom : Fonga Noutchia

Prénom : Placide Nelson

Titre de la thèse : Propriétés émulsionnantes du beurre de karité produit au Mali

Ville de soutenance : Bamako

Pays d'origine : Cameroun

Lieu de dépôt : Bibliothèque de la Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odontostomatologie (FMOS, FAPH) de Bamako

Secteur d'intérêt : Galénique et Cosmétiques.

Résumé :

Introduction : Le beurre de karité connu depuis des millénaires, est une ressource très prisée des populations africaines qui l'utilisaient déjà aussi bien comme phyto-médicaments pour ces propriétés anti-inflammatoire, anti-hémorroïdale, relaxant, antitussif, antioxydant, cicatrisant... Il servait aussi d'aliment et de matière première dans la fabrication des savons à usage domestique.

Objectif : Étudier les propriétés émulsionnantes du beurre de karité produit au Mali.

Méthodologie : Ainsi, nous avons réalisé une étude expérimentale et descriptive sur le beurre de karité malien provenant de la région de Bougouni. Nous avons utilisé une méthode de balayage unidimensionnel du beurre de karité afin de déterminer les proportions adéquates nécessaires au beurre pour former des émulsions stables avec l'eau sans l'ajout d'un agent de stabilisation quelconque. Les quantités d'eau ont évoluées de 0 à 90% dans les formules avec des échelles de 10 à 10.

Résultats : À la fin de la préparation, les crèmes un (01) à quatre (04) et huit (08) ont été stables et fluides 2h après l'émulsification. Tandis que les crèmes cinq (05) à sept (07) ont été stables et épaisses.

Toutes les crèmes ont eu un aspect blanc laiteux et ont été de consistance semi solide à solide. Nous déduisons donc que les tailles des globules ont été comprises entre un (01) et cinq (05) μm , ce qui correspond à une émulsion moyenne. Toutes nos émulsions n'ont pas été lavables à l'eau, elles ont été de type E/H.

L'aspect des crèmes a évolué différemment au cours du temps. Les plus stables après 90J ont été les crèmes un (01) à sept (07).

Les proportions des crèmes un (01) à sept (07) ont été comprise entre 0 et 60 % d'eau.

Donc le beurre de karité peu incorporer jusqu'à 60 % d'eau sans présenter des signes d'instabilité après 90J selon le mode de fabrication présenté plus haut.

Conclusion : Composé en grande partie d'acide oléique et stéarique, Le beurre de karité associé à l'eau permet d'obtenir des émulsions stables ceci à des proportions bien déterminées. Cette caractéristique lui confère des propriétés émulsionnantes ; et donc de ce fait il peut absorber presque le double de son poids en eau.

Mots Clés : **Propriétés émulsionnantes, beurre de karité, Mali,**

SERMENT DE GALIEN

- ⌚ *Je jure, en présence des maîtres de la faculté, des conseillers de l'ordre des pharmaciens et de mes Condisciples :*
- ⌚ *D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement ;*
- ⌚ *D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.*
- ⌚ *De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine.*
- ⌚ *En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.*
- ⌚ *Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.*
- ⌚ *Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.*

Je le jure !