

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abou Bekr Belkaïd -Tlemcen-
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de Biologie



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de
Master domaine : SNV

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie

Thème :

Évaluation de la stabilité oxydative des
crèmes cosmétiques à base d'huiles végétales.

Présenté par :

BENMILOUD Douaa

RADI Hebiba

Soutenu devant le jury :

Nom et prénom	Qualité	Université
Pr BOUCHERIT OTMANI Zahia	Présidente	Univ. Tlemcen
Pr MEZOUAR DOUNIA	Examinatrice	Univ. Tlemcen
Pr CHAOUICHE Tarik Mohammed	Encadrant	Univ. Tlemcen
Pr HADDOUCHI Farah	Co-encadrant	Univ. Tlemcen

Année Universitaire : 2025/2026

Remerciement

Avant toute chose, nous remercions Dieu, le Tout-Puissant, qui nous a donné la force et le courage d'aller jusqu'au bout de nos études.

Nous souhaitons également exprimer notre profonde gratitude envers notre encadrant **Dr. Chaouch Tarik Mohammed**, pour ses précieux conseils et son soutien constant. Merci pour votre confiance, votre disponibilité et vos encouragements constants. Ce fut un honneur de travailler sous votre direction.

Un remerciement spécial à Madame **Pr. Chaouche Haddouchi Farah**, à qui nous tenons vivement à exprimer notre profonde reconnaissance et notre gratitude pour sa disponibilité, sa patience, sa compréhension, et sa gentillesse. Merci pour vos précieux conseils et votre soutien à tous les instants.

Nous exprimons nos sincères reconnaissances aux membres du jury, la présidente **Pr. Boucherit-Otmani Zahia** et l'examinatrice Pr Mezouar Dounia.....

Nous ne pouvons bien sûr oublier Madame **Zerhouni Khadidja** et les doctorantes **DebbalMeknassia** et **Bouchenafa Ismahane**, pour leur disponibilité constante tout au long de ce parcours exigeant.

Finalement, un remerciement spécifique pour toute notre famille, nos parents qui, sans eux, nous ne serions pas les personnes que nous sommes aujourd'hui. Ils ont guidé nos pas vers le mieux, ainsi que nos sœurs et nos frères.

Dédicace

Je rends grâce à Allah le Tout-Puissant,
Qui m'a accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour accomplir ce travail,
Sans Sa miséricorde et Son soutien, rien de tout cela n'aurait été possible.

À ma très chère mère,

Mon refuge, ma source d'amour et de tendresse. Merci pour tous les sacrifices que tu as consentis, pour tes prières sincères et ton soutien indéfectible. Tu as toujours été ma force dans les moments difficiles et la principale raison de ma persévérance et de ma réussite.

Qu'Allah te préserve et t'accorde santé, bonheur et longue vie.

À mon très cher père,

Mon modèle de courage, de sagesse et de générosité. Merci pour tous les sacrifices que tu as consentis afin de m'offrir les meilleures conditions pour réussir. Ton soutien, tes conseils et tes encouragements ont toujours été une source de force et de motivation pour moi. Ce travail est aussi le fruit de tes efforts et de ta confiance en moi. Qu'Allah te préserve, t'accorde santé, bonheur et longue vie.

À mes frères et ma sœur : Issam, Sofiane et Fatima,

Merci pour votre amour et votre soutien. Vous êtes ma force et ma fierté.

À ma chère grand-mère Habiba,

Que Dieu te protège, t'accorde santé et bien-être. Merci pour toutes tes prières qui m'ont accompagnée tout au long de mon parcours.

À ma chère tante Djamila ainsi qu'à ma cousine Nabila,

Merci pour votre affection, votre soutien, vos encouragements et vos précieuses prières qui m'ont accompagnée tout au long de ce parcours.

À ma binôme Douaa,

Je te souhaite un avenir rempli de joie, de réussite, de sérénité et surtout une bonne santé.
À toutes les personnes merveilleuses qui occupent une place particulière dans mon cœur,
merci pour votre soutien et votre présence.

Hebiba

Dédicace

Je rends grâce à Allah le Tout-Puissant,
Qui m'a accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour accomplir ce travail,
Sans Sa miséricorde et Son soutien, rien de tout cela n'aurait été possible.

À mes chers parents,

pour avoir été mes piliers, mes guides et ma plus grande source de motivation. Rien de
tout cela n'aurait été possible sans votre amour inconditionnel, vos sacrifices et vos prières.
Que ce travail soit le reflet de votre dévouement et une source de fierté pour vous.

À ma famille, pour son soutien indéfectible, sa présence réconfortante et ses
encouragements tout au long de mon parcours.

À mes précieuses copines, pour leur soutien moral, leur écoute, et tous les moments
partagés qui ont rendu ces années universitaires si belles et inoubliables.

Mon cher binôme **Hebiba**, qui a travaillé fidèlement pendant toute la durée du travail.

À tous ceux qui, de près ou de loin, ont cru en moi et ont contribué à ma réussite.

Douaa

ملخص:

تُستخدم الزيوت النباتية على نطاق واسع في مستحضرات التجميل بفضل خصائصها المرطبة والوقائية. ومع ذلك، فإن ثرائها بالأحماض الدهنية غير المشبعة يجعلها عرضة للأكسدة، مما قد يؤثر على جودة واستقرار تركيبات مستحضرات التجميل. وفي هذا السياق، ركز هذا العمل على تطوير وتقييم الاستقرار التأكسدي للكريمات التجميلية المعتمدة على زيت فول الصويا (*Glycine max L.*) وزيت المورينجا (*Moringa oleifera*).

تمثلت الدراسة في توصيف الخواص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لكلا الزيتين، ثم تطوير أربع تركيبات من الكريمات: اثنتان تعتمدان على زيت فول الصويا واثنتان تعتمدان على زيت المورينجا، مع أو بدون إضافة بوتيل هيدروكسي تولوين (BHT). تتعلق التحليلات الفيزيائية والكيميائية بتحديد الكثافة ومعامل الانكسار ومؤشر الحمض والحموضة ومؤشر البيروكسيد. تم تقييم الأنشطة البيولوجية من خلال اختبارات مضادات الأكسدة (DPPH) والحماية من الضوء (SPF) ومضادات الميكروبات. تم بعد ذلك إخضاع الكريمات المصنعة لمراقبة الجودة بما في ذلك قياس الرقم الهيدروجيني والمراقبة المجهرية واختبار الطرد المركزي ومراقبة الاستقرار لمدة 60 يومًا.

وأظهرت النتائج أن كلا الزيتين يتمتعان بخصائص فيزيائية وكيميائية متوافقة مع الاستخدام التجميلي. أظهر زيت فول الصويا نشاطاً مضاداً للأكسدة معتدلاً ($CI\ 50 = 5.46$ ميكرو لتر/مل)، بينما أظهر زيت المورينجا نشاطاً أقل. قيم عامل الحماية من الشمس التي تم الحصول عليها هي 2.24 لزيت المورينجا و 4.59 لزيت فول الصويا على التوالي. وظلت القيم أقل من عتبة الحماية المنخفضة من الشمس. وكان النشاط المضاد للميكروبات الذي تم ملاحظته محدوداً، ولكنه متغير اعتماداً على السلالات التي تم اختبارها. وأظهرت التركيبات المطورة درجة حموضة متوافقة مع درجة حموضة الجلد، وتجانساً جيداً، فضلاً عن استقرار فيزيائي وأكسدي وميكروبيولوجي ممتاز خلال فترة الدراسة.

وفي الختام، تعتبر زيوت فول الصويا والمورينجا مواد خام مثيرة للاهتمام لتطوير مستحضرات التجميل الطبيعية. وقد أظهرت الكريمات المصنعة ثباتاً جيداً وخصائص تتكيف مع تطبيقات مستحضرات التجميل الجلدية.

الكلمات المفتاحية: زيت فول الصويا، زيت المورينجا، كريم تجميلي، استقرار الأكسدة، نشاط مضاد للأكسدة، نشاط مضاد للميكروبات، عامل حماية من الشمس.

Résumé

Les huiles végétales sont largement utilisées en cosmétique grâce à leurs propriétés émoullientes, hydratantes et protectrices. Toutefois, leur richesse en acides gras insaturés les rend sensibles à l'oxydation, ce qui peut affecter la qualité et la stabilité des formulations cosmétiques. Dans ce contexte, ce travail a porté sur l'élaboration et l'évaluation de la stabilité oxydative de crèmes cosmétiques à base d'huile de soja (*Glycine max* L.) et d'huile de moringa (*Moringa oleifera*).

L'étude a consisté à caractériser les propriétés physicochimiques et biologiques des deux huiles, puis à développer quatre formulations de crèmes : deux à base d'huile de soja et deux à base d'huile de moringa, avec et sans ajout de butylhydroxytoluène (BHT). Les analyses physicochimiques ont porté sur la détermination de la densité, de l'indice de réfraction, de l'indice d'acide, de l'acidité et de l'indice de peroxyde. Les activités biologiques ont été évaluées à travers les tests antioxydants (DPPH), photoprotecteurs (SPF) et antimicrobiens. Les crèmes élaborées ont ensuite été soumises à un contrôle de qualité comprenant la mesure du pH, l'observation microscopique, le test de centrifugation et un suivi de stabilité pendant 60 jours.

Les résultats ont montré que les deux huiles présentent des caractéristiques physicochimiques compatibles avec une utilisation cosmétique. L'huile de soja a révélé une activité antioxydante modérée ($IC_{50} = 5,46 \mu\text{L/mL}$), tandis que l'huile de moringa a présenté une activité plus faible. Les valeurs de SPF obtenues sont respectivement de 2,24 pour l'huile de moringa et de 4,59 pour l'huile de soja. Les valeurs sont restées inférieures au seuil d'une faible protection solaire. L'activité antimicrobienne observée s'est révélée limitée mais variable selon les souches testées. Les formulations développées ont présenté un pH compatible avec celui de la peau, une bonne homogénéité, ainsi qu'une excellente stabilité physique, oxydative et microbiologique durant la période d'étude.

En conclusion, les huiles de soja et de moringa constituent des matières premières intéressantes pour le développement de produits cosmétiques naturels. Les crèmes élaborées ont démontré une bonne stabilité et des propriétés adaptées à une application dermo-cosmétique.

Mots-clés : huile de soja, huile de moringa, crème cosmétique, stabilité oxydative, activité antioxydante, activité antimicrobienne, SPF.

Summary:

Vegetable oils are widely used in cosmetics thanks to their emollient, moisturising, and protective properties. However, their richness in unsaturated fatty acids makes them susceptible to oxidation, which can affect the quality and stability of cosmetic formulations. In this context, this work focused on the development and evaluation of the oxidative stability of cosmetic creams based on soybean oil (*Glycine max L.*) and moringa oil (*Moringa oleifera*).

The study consisted in characterizing the physicochemical and biological properties of both oils, then developing four formulations of creams: two based on soybean oil and two based on moringa oil, with and without the addition of butylated hydroxytoluene (BHT). The physicochemical analyses concerned the determination of density, refractive index, acid index, acidity and peroxide index. Biological activities were evaluated through antioxidant (DPPH), photoprotective (SPF) and antimicrobial tests. The elaborated creams were then subjected to a quality control including pH measurement, microscopic observation, centrifugation test and stability monitoring for 60 days.

The results showed that both oils have physicochemical characteristics compatible with cosmetic use. Soybean oil showed moderate antioxidant activity ($CI_{50} = 5.46 \mu\text{l/mL}$), while moringa oil showed lower activity. The antimicrobial activity observed was limited but variable depending . The SPF values obtained are 2.24 for moringa oil and 4.59 for soybean oil, respectively. The values remained below the low sun protection threshold. on the strains tested. The developed formulations showed a pH compatible with that of the skin, a good homogeneity, as well as an excellent physical, oxidative and microbiological stability during the study period.

In conclusion, soybean and moringa oils are interesting raw materials for the development of natural cosmetics. The elaborated creams have demonstrated good stability and properties adapted to a dermo-cosmetic application.

Keywords: soybean oil, moringa oil, cosmetic cream, oxidative stability, antioxidant activity, antimicrobial activity, SPF.

La liste des figures

Figure 1 : Composition générale des huiles végétales (Garcia Mendoza, 2020).....	5
Figure 2 : Compositions d'un produit cosmétique.	11
Figure 3 : Les trois régions de la peau.	13
Figure 4 : Les quatre couches de l'épiderme.....	13
Figure 5 : Réfractomètre	18
Figure 6 : Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations de l'huile de soja.....	34
Figure 7 : Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations de l'huile de moringa.....	34
Figure 8 : Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations du BHT	34
Figure 9 : Évaluation de l'activité antimicrobienne des huiles étudiées par la méthode des disques.....	45
Figure 10 : Évaluation de l'activité antimicrobienne par la méthode des puits.....	39
Figure 11: Aspect macroscopique des crèmes élaborées à base d'huile de soja (H.S) avec et sans ajout de BHT.	40
Figure 12: Aspect macroscopique des crèmes élaborées à base d'huile de moringa (H.M) avec et sans ajout de BHT	40
Figure 13 : Observations microscopiques des différentes formulations des crèmes.	41
Figure 14 : Évaluation de la stabilité physique des crèmes.	42

La liste des tableaux

Tableau 1 : Valeurs d'EE (λ) $\times$ I (λ).....	22
Tableau 2 : Ingrédients de la crème et leurs rôles.....	24
Tableau 3 : Propriétés organoleptiques des huiles étudiées.....	28
Tableau 4 : Densité apparente des huiles étudiées.....	29
Tableau 5 : Indice de réfraction des huiles étudiées.....	29
Tableau 6 : Valeurs des coefficients d'extinction spécifiques (K232, K270) et du ΔK des huiles de soja et de moringa.....	31
Tableau 7 : Indice d'acide des huiles étudiées.....	31
Tableau 8 : Indice d'acidité (%) des huiles étudiées.....	32
Tableau 9 : Indice de peroxyde des huiles étudiées.....	32
Tableau 10 : Valeurs des CI50 (test DPPH).....	35
Tableau 11 : Catégories de protection affichée sur les produits solaires en fonction des facteurs de protection mesurés.....	36
Tableau 12 : Diamètres des zones d'inhibition de l'huile de moringa et de l'huile de soja vis-à-vis des différentes souches microbiennes étudiées.....	36
Tableau 13 : Diamètres des zones d'inhibition des huiles de moringa et de soja vis-à-vis des souches microbiennes (méthode en puits).....	38
Tableau 14 : Évaluation des propriétés organoleptiques des quatre crèmes élaborées...	39
Tableau 15 : Évaluation de la stabilité oxydative des différentes formulations de crèmes au cours d'un suivi de 60 jours (observation chaque 5 jours).....	42

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Résumé

La liste des figures

La liste des tableaux

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	4
Chapitre 1 : Les huiles végétales dans les formulations cosmétiques	5
I. Définition des huiles végétales	5
II. Composition biochimique des huiles végétales.....	5
I.1 . Les triglycérides.....	6
II.2. Les acides gras.....	6
II.3. Composants bioactifs mineurs.....	6
III. Classification des huiles végétales.....	7
IV. Utilisation des huiles végétales	7
V. Huile de moringa (Moringa oleifera).....	8
V.1. Généralités.....	8
V.2. Composition des graines du M. oleifera	8
V.3. Propriétés de M. oleifera.....	9
VI. Huile de soja (Glycine max).....	9
VI.1. Généralités	9
VI.2 Composition des graines du G. max	9
VI.3 Propriétés du G. max	9
Chapitre 2 : Les produits cosmétiques.....	10
I. Définition d'un produit cosmétique	10
II. Compositions générales d'un produit cosmétique	10
III. Classification d'un produit cosmétique.....	11
Chapitre 3 : Généralités sur la peau	12

I. Définition de la peau	12
II. Structure de la peau.....	12
III. Fonctions principales de la peau	14
PARTIE EXPERIMENTALE.....	15
Matériel et méthodes	16
I. Obtention des huiles végétales.....	17
II. Propriétés organoleptiques et physiques.....	17
II.1. Détermination de rendement	17
II.2. Propriétés organoleptiques	17
II.3. Indices physiques	17
II.2.1. La densité apparente (Pharmacopée Européenne, 2020).....	17
II.2.2. Indice de réfraction.....	18
II.2.3. Analyse spectrophotométrique dans l’ultraviolet pour les huiles végétales.....	19
III. Propriétés chimiques.....	19
III.1. Indice d’acide (IA).....	19
III.2. Acidité (%)	20
III.3. Indice de peroxyde (IP).....	20
IV. Les activités biologiques des huiles	21
IV.1. Piégeage du radical DPPH	21
IV.2. Détermination du facteur de protection solaire (FPS) par la méthode spectrophotométrique	22
IV.3. Évaluation de l’activité antimicrobienne	22
V. Formulation des crèmes.....	24
V.1. Propriétés organoleptiques de la crème	25
V.2. Le pH (potentiel hydrogène).....	26
V.3. Aspect microscopique de la crème	26
V.4. Test de stabilité de la crème	26
VI. Étude de la stabilité oxydative et microbiologique des crèmes au cours du temps	26
VII. Analyses statistiques.....	26

Résultats et discussion	27
I. Propriétés organoleptiques et physiques.....	28
I.1. Rendements d'extraction	28
I.2. Propriétés organoleptiques	28
I. 2 Indices physiques.....	29
I.2.1 La densité apparente	29
I.2.2 Indice de réfraction à 20 °C.....	29
I.2.3 Analyse spectrophotométrique dans l'ultraviolet pour les huiles végétales	30
II. Propriétés chimiques	31
II.1 Indice d'acide (IA)	31
II.2 Acidité (%).....	32
II.3 Indice de peroxyde	32
III. Les activités biologiques des huiles	33
III.1 Piégeage du radical DPPH.....	33
III.2. Détermination du facteur de protection solaire (FPS) par la méthode spectrophotométrique	35
III.3. Évaluation de l'activité antimicrobienne	36
IV. Crèmes à base des huiles végétales	39
IV.1. Propriétés organoleptiques des crèmes	39
IV.2. Le pH (potentiel hydrogène)	40
IV.3. Aspect microscopique de la crème.....	40
IV.4. Test de stabilité de la crème	41
V. Stabilité oxydative au cours du temps	42
CONCLUSION GÉNÉRALE	44
Références bibliographiques	47

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La peau, organe le plus volumineux du corps humain, constitue une interface essentielle entre l'organisme et le milieu extérieur, assurant des fonctions de protection, de régulation thermique et de défense antioxydante **(Dréno, 2009)**. Constamment soumise à des agressions environnementales, elle subit un stress oxydatif qui peut altérer sa barrière cutanée et accélérer son vieillissement **(Simon et al., 2016)**. Dès lors, le maintien de l'intégrité épidermique nécessite des soins topiques capables de restaurer le film hydrolipidique et de renforcer les défenses cutanées. Cela explique l'intérêt croissant pour les produits cosmétiques naturels, efficaces et bien tolérés **(Muggli, 2005)**.

Pour répondre à ce besoin de naturalité, les huiles végétales s'imposent comme des ingrédients de choix dans le développement des produits cosmétiques **(Bodjolle-D'Almeida, 2018)**. Utilisées comme base dans la formulation des crèmes, elles dépassent leur simple rôle d'excipient pour agir comme de véritables principes actifs **(Nouri, 2022)**. Grâce à leurs vertus protectrices, hydratantes et régénérantes, leur application topique permet de restaurer efficacement la barrière cutanée et de préserver la santé de la peau **(Muggli, 2005)**. L'élaboration de crèmes à base de ces ressources naturelles constitue ainsi un enjeu majeur pour la dermo-cosmétique moderne.

C'est dans cette perspective que notre choix s'est porté sur l'étude de deux ressources lipidiques d'intérêt. D'une part, l'huile de graines de Moringa (*Moringa oleifera*) se distingue par son profil lipidique hautement insaturé, caractérisé par une teneur remarquable en acide oléique, ainsi que par la présence singulière d'acide béhénique. Traditionnellement appliquée en dermatologie, cette matrice est reconnue pour ses vertus bénéfiques dans le soin des affections cutanées **(Abdulkarim et al., 2005)**. D'autre part, l'huile de Soja (*Glycine max* L.) s'impose comme une source végétale majeure, largement valorisée pour sa richesse en composés bioactifs. Sa composition, associant acides gras polyinsaturés, tocophérols et phytostérols, lui confère d'importantes propriétés antioxydantes et protectrices, jouant un rôle clé dans le maintien de l'hydratation et de la fonction barrière cutanée **(Delic et al., 2026)**.

Toutefois, la richesse de ces huiles en acides gras insaturés les rend particulièrement sensibles aux phénomènes d'oxydation. Cette dégradation peut altérer leurs propriétés physicochimiques, réduire leur efficacité cosmétique et compromettre la qualité ainsi que la durée de conservation des formulations qui les contiennent. L'évaluation de la stabilité oxydative des crèmes formulées à partir de ces huiles apparaît donc comme une étape essentielle pour garantir leur sécurité, leur efficacité et leur acceptabilité par le consommateur.

C'est dans cette optique que s'inscrit ce travail de recherche, dont l'objectif principal est d'élaborer et d'évaluer la stabilité oxydative de crèmes cosmétiques formulées à base de ces deux huiles végétales. Notre démarche vise à valoriser leurs propriétés physico-chimiques et biologiques. Par la suite, deux formulations de crèmes ont été développées en intégrant ces huiles, avant d'être soumises à un contrôle de qualité et à un suivi de stabilité au cours du temps afin de garantir la conformité des produits finis.

Ce mémoire est structuré en deux parties principales :

- Une partie bibliographique, qui pose les fondements théoriques nécessaires à la compréhension de notre sujet.
- Une partie expérimentale, qui se divise à son tour en deux sections : la première détaille le matériel et les méthodes utilisés lors des différentes étapes de notre travail, tandis que la seconde est consacrée à la présentation et à la discussion des résultats obtenus.

Enfin, ce travail s'achève par une conclusion générale mettant en lumière les principaux apports de notre étude, suivie de perspectives pour l'avenir.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Les huiles végétales dans les formulations cosmétiques

I. Définition des huiles végétales

Selon la Pharmacopée Européenne, les huiles végétales sont principalement composées de triglycérides d'acides gras, qu'elles soient à l'état liquide ou solide. Elles peuvent également contenir, en faible quantité, d'autres lipides, tels que les cires, les acides gras libres, les glycérides partielles ou des substances insaponifiables. Les huiles végétales sont produites à partir des graines, fruits ou noyaux de différentes plantes grâce à une pression et/ou une extraction à l'aide de solvants, puis sont éventuellement raffinées et hydrogénées selon les besoins (Bodjolle-D'Almeida, 2018).

II. Composition biochimique des huiles végétales

Les huiles végétales sont principalement composées de triglycérides (environ 95 %), ainsi que de faibles teneurs d'acides gras libres, de monoacylglycérols et de diacylglycérols. Des traces d'éléments mineurs sont également présentes, intégrant des protéines, des phospholipides, des stérols, des alcools triterpéniques, des caroténoïdes, des tocophérols, des tocotriénols, des chlorophylles, des polyphénols, des pigments, des hydrocarbures et des traces métalliques (figure 1). La composition globale des huiles dépend toujours des caractéristiques et de la qualité de la matière première d'origine (Garcia Mendoza, 2020).

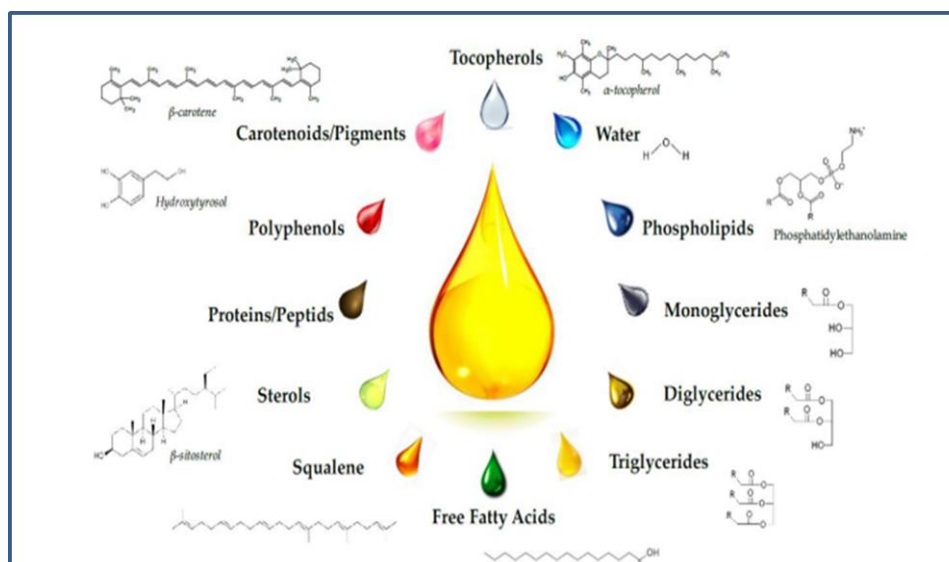


Figure 1 : Composition générale des huiles végétales (Garcia Mendoza, 2020).

I.1. Les triglycérides

D'un point de vue chimique, les huiles végétales sont principalement constituées d'une fraction prédominante de triglycérides, représentant entre 95 et 99 % de leur composition totale. Ces molécules sont formées de trois chaînes d'acides gras estérifiées sur un squelette de glycérol, et leur structure complexe influence directement les propriétés physico-chimiques globales de la matière grasse (**Garcia Mendoza, 2020**).

II.2. Les acides gras

Les acides gras constituent les unités principales des triglycérides et se répartissent en trois grandes catégories :

- Acides gras saturés (AGS) : Exempts de doubles liaisons, ils sont principalement représentés dans les huiles végétales par les acides palmitique et stéarique. Leur structure linéaire confère aux lipides une stabilité thermique élevée et une forte résistance aux phénomènes d'oxydation (**Garcia Mendoza, 2020**).
- Acides gras monoinsaturés (AGMI) : Ils possèdent une unique double liaison sur leur squelette aliphatique. L'acide oléique en constitue le représentant majeur. Cette catégorie offre un excellent compromis entre fluidité et stabilité oxydative (**Garcia Mendoza, 2020**).
- Les acides gras polyinsaturés (AGPI) : caractérisés par la présence de plusieurs doubles liaisons, ils sont représentés de manière principale par les acides linoléique et α -linoléique. Bien que dotés de propriétés biologiques majeures, la multiplication des centres d'insaturation accroît fortement leur susceptibilité thermodynamique face à l'auto-oxydation (**Garcia Mendoza, 2020**).

II.3. Composants bioactifs mineurs

Les huiles végétales renferment, en plus de leur fraction lipidique majeure, une série de constituants mineurs essentiels dont l'activité biologique et antioxydante est déterminante pour la préservation et la stabilité de la matrice face aux processus oxydatifs (**Garcia Mendoza, 2020**) :

- Les tocophérols (vitamine E) : Antioxydants lipophiles majeurs présents dans les huiles végétales, essentiels pour piéger les radicaux libres et freiner le processus d'oxydation lipidique.

- Les caroténoïdes : Pigments liposolubles qui participent à la coloration naturelle des huiles et contribuent à renforcer leur stabilité face aux réactions d'oxydation.
- Les composés phénoliques (polyphénols) : Molécules antioxydantes clés qui améliorent la résistance de la matrice lipidique contre les altérations thermo-oxydatives et prolongent la conservation de l'huile.
- Les stérols : Constituants majeurs de la fraction mineure (insaponifiable) qui caractérisent l'identité et les propriétés de l'huile végétale.
- Les chlorophylles : Pigments photosensibles présents dans les huiles brutes ; en absorbant la lumière, ils agissent comme des pro-oxydants capables de déclencher des réactions de photo-oxydation.

III. Classification des huiles végétales

Les huiles végétales peuvent être classées en quatre groupes en fonction de leur indice d'iode, qui est un critère central de classification ; il varie entre 0 et 200 g/100 g. Il quantifie directement le degré d'insaturation (nombre de doubles liaisons) des acides gras de l'huile (Vaitilingom, 2007) :

- Huiles saturées : contenant des acides lauriques, palmitiques et stéariques, présentent des indices d'iode compris entre 5 et 50.
- Huiles mono-insaturées / semi-siccatives : Dominées par l'acide oléique, profil fluide intermédiaire. Ils ont des indices d'iode allant de 50 à 100.
- Huiles di-insaturées / semi-siccatives : exemplifiées par les huiles linoléiques, ont des indices d'iode compris entre 100 et 150.
- Huiles tri-insaturées / siccatives : regroupent les huiles linoléniques et éléostéariques, possèdent des indices d'iode supérieurs à 150.

IV. Utilisation des huiles végétales

Les huiles végétales sont utilisées dans de nombreux secteurs (alimentation, cosmétique, pharmacie et industrie), grâce à leur diversité d'acides gras, de vitamines, de composés bioactifs et à leurs propriétés physico-chimiques variées.

- En alimentation, elles jouent un rôle clé en cuisine et dans la préparation de nombreux plats : par exemple, l'huile d'olive est prisée pour ses effets bénéfiques

sur la santé cardiovasculaire, tandis que l'huile de canola est appréciée pour sa teneur en acides gras monoinsaturés et en oméga-3 (**Gunstone, 2011**).

- Dans le domaine pharmaceutique et médical, certaines huiles sont exploitées pour leurs vertus thérapeutiques : par exemple, l'huile de ricin utilisée comme laxatif et comme excipient dans la fabrication de médicaments (**Gunstone, 2011**).
- En cosmétique, les huiles végétales occupent une place essentielle en raison de leur teneur en acides gras essentiels, notamment l'acide linoléique. Ce dernier joue un rôle crucial dans la physiologie de la peau : une carence conduit à une augmentation de la perte d'eau transépidermique, à une desquamation et à un épaississement de l'épiderme, signes d'une barrière cutanée altérée (**Muggli, 2005**).

L'application systémique ou topique d'acides gras issus d'huiles végétales permet de restaurer une barrière cutanée défectueuse, d'améliorer l'hydratation et la douceur de la peau, et de renforcer sa fonction protectrice. De plus, les acides gras présents dans ces huiles participent à la synthèse de médiateurs aux propriétés anti-inflammatoires, contribuant ainsi à maintenir l'équilibre et la santé cutanée. Les études mettent en évidence que l'utilisation régulière d'huiles végétales riches en acides gras essentiels améliore significativement l'aspect et la fonction de la peau, justifiant leur incorporation dans les formulations cosmétiques (**Muggli, 2005**).

V. Huile de moringa (*Moringa oleifera*)

V.1. Généralités

L'huile de moringa est extraite des graines matures de *Moringa oleifera*, un arbre originaire du nord-ouest de l'Inde et désormais largement naturalisé en Afrique, en Asie du Sud-Est, dans les îles du Pacifique, aux Caraïbes et en Amérique du Sud. Connue commercialement sous le nom d'huile de « Ben » ou « Behen » (**Ghazali & Abdulkarim, 2011**).

V.2. Composition des graines du *M. oleifera*

Si l'arbre *Moringa* présente un profil biochimique remarquable dans l'ensemble de ses parties (feuilles, racines ou écorces), c'est au cœur de ses graines que se concentre l'intérêt de

notre étude. Afin de rester en parfaite cohérence avec nos objectifs expérimentaux, notre analyse se consacrera exclusivement à la composition et aux propriétés de ces dernières.

Les graines de *Moringa oleifera* contiennent entre 22 et 40 % d'huile, selon les conditions de culture et la méthode d'extraction. Du point de vue lipidique, l'huile se distingue par sa richesse en acide oléique (C18 :1), un acide gras monoinsaturé qui représente 70 % des acides gras totaux, pouvant même atteindre 78,5 % sous un climat tempéré. Elles renferment également environ 38 % de protéines, 4,5 % de fibres, 7,9 % d'humidité et 6,5 % de cendres (Ghazali & Abdulkarim, 2011).

V.3. Propriétés de *M. oleifera*

L'huile de moringa est utilisée depuis l'Antiquité par les Égyptiens, les Grecs et les Romains pour la protection de la peau, les massages et l'aromathérapie. Elle entre également dans la fabrication de savons, sert à lubrifier les montres et machines de précision, et est prisée en parfumerie pour sa capacité à absorber et fixer les fragrances florales. En médecine traditionnelle, elle est appliquée contre les infections cutanées (pyodermite), les mycoses, etc. (Ghazali & Abdulkarim, 2011).

VI. Huile de soja (*Glycine max*)

VI.1. Généralités

Le soja est l'une des cultures oléagineuses les plus cultivées au monde, apprécié pour sa teneur élevée en huile et en protéines ainsi que pour sa richesse en composés bioactifs. Sa production mondiale ne cesse d'augmenter, reflétant son rôle central aussi bien dans l'alimentation que dans les secteurs cosmétique et pharmaceutique (Delic et al., 2026).

VI.2 Composition des graines du *G. max*

Les graines de soja contiennent environ 18 à 22 % d'huile. Celle-ci est riche en acides gras polyinsaturés, dominée par l'acide linoléique (oméga-6, environ 55 %) et l'acide α -linoléique (oméga-3, environ 7 %). L'huile brute renferme également des tocophérols (vitamine E), principalement le γ -tocophérol, ainsi que des phytostérols et de la lécithine, un mélange de phospholipides aux nombreuses applications (Delic et al., 2026).

VI.3 Propriétés du *G. max*

Grâce à sa teneur en acide linoléique, l'huile de soja améliore la fonction barrière de la peau, favorise l'hydratation et stimule la synthèse du collagène. Les tocophérols protègent contre le vieillissement cutané et participent à la cicatrisation. La lécithine, extraite lors du

raffinage, est un émulsifiant naturel largement utilisé en cosmétique et en pharmacie (**Delic et al., 2026**).

Chapitre 2 : Les produits cosmétiques

I. Définition d'un produit cosmétique

Cette définition, issue de la réglementation européenne, est transposée en droit français au sein du Livre V (Titre III) du Code de la santé publique :

« On entend par produit cosmétique toute substance ou préparation destinée à être mise en contact avec les diverses parties superficielles du corps humain ou avec les dents et les muqueuses buccales, en vue exclusivement ou principalement de les nettoyer, de les parfumer, d'en modifier l'aspect et/ou de corriger les odeurs corporelles et/ou de les protéger ou de les maintenir en bon état. » (**Martini, 2011**).

II. Compositions générales d'un produit cosmétique

Les produits cosmétiques « crèmes, gels ou émulsions » ont une composition comparable. Ils associent les catégories d'ingrédients suivantes (figure 2) (**Nouri, 2022**) :

- Eau : Principal composant de nombreux cosmétiques, utilisée comme solvant et pour diluer les autres composants.
- Excipients : sont les composants non actifs d'un produit cosmétique et peuvent représenter jusqu'à 90% de sa formule. Ils facilitent le transport des principes actifs à travers la peau et contribuent à la texture, la consistance et la stabilité du produit. Les excipients influent également sur la présentation et le mode d'emploi du cosmétique. On distingue deux grandes catégories : les excipients lipophiles (hydrocarbures comme la vaseline et la paraffine, cires, huiles végétales) et les excipients hydrophiles (eau, éthanol).
- Principes actifs : les principes actifs, naturels ou synthétiques, sont des substances aux propriétés thérapeutiques qui confèrent l'efficacité ciblée du produit.
- Un émulsifiant stabilise une émulsion « un mélange chimiquement instable » en rendant la préparation homogène. Il est souvent associé à des humectants qui limitent l'évaporation de l'eau. L'émulsion et ses agents stabilisants forment ensemble ce que l'on appelle les excipients.

- Les additifs : permettent de stabiliser et de conserver les ingrédients, d'harmoniser les formulations, d'apporter des parfums, des couleurs ou de la mousse. Souvent facultatifs, ils restent toutefois indispensables pour certains produits cosmétiques.
- Les conservateurs : sont essentiels pour assurer la conservation d'un produit, surtout s'il contient de l'eau. Ils désignent toute substance visant à prévenir les altérations microbiologiques, qu'elles soient bactériennes ou fongique.
- Les colorants sont des composés dont les propriétés physico-chimiques permettent de teinter les produits cosmétiques.
- Les antioxydants, qu'ils soient d'origine synthétique ou naturelle, interrompent la peroxydation des lipides et empêchent la formation de peroxydes et d'hydroperoxydes, en particulier à partir d'huiles insaturées.

Chaque ingrédient joue un rôle dans l'efficacité, la stabilité et la sécurité du produit fini. La réglementation impose que les substances employées ne pénètrent pas le derme et n'affectent pas la santé, à condition que le produit soit utilisé conformément aux instructions.

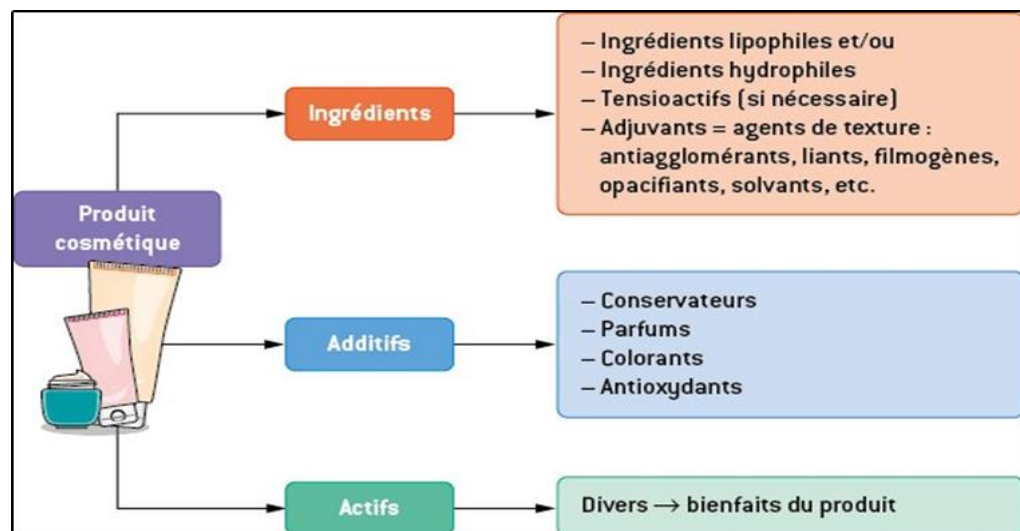


Figure 2 : Compositions d'un produit cosmétique.

III. Classification d'un produit cosmétique

Selon l'arrêté européen du 30 juin 2000, la liste des catégories de produits cosmétiques est classée selon leurs fonctions, leurs zones d'application et leurs modes d'utilisation :

- **Produits de nettoyage et d'hygiène** : Cette classe regroupe les formulations essentielles à la toilette quotidienne, telles que les savons solides et liquides, les gels nettoyants, les shampoings, les dentifrices ainsi que les lingettes démaquillantes.

- **Produits de soins de la peau :** Elle rassemble les préparations destinées à entretenir, protéger et traiter l'épiderme. On y retrouve les crèmes hydratantes, les sérums, les lotions toniques, les masques faciaux, les soins anti-âge et les écrans solaires.
- **Produits de maquillage :** Cette catégorie englobe l'ensemble des produits à visée esthétique et décorative, incluant les fonds de teint, les correcteurs teintés, les poudres, les fards à paupières, les rouges à lèvres, les mascaras et les vernis à ongles.
- **Produits capillaires :** Ils sont spécifiquement dédiés à l'entretien et au coiffage de la chevelure, comprenant les shampoings traitants, les après-shampoings, les masques capillaires ainsi que les produits de fixation (gels, mousses et laques).
- **Produits pour les ongles :** Cette gamme concerne le soin et l'esthétique unguéale, regroupant les vernis, les solvants et dissolvants, les durcisseurs et les soins spécifiques des cuticules.
- **Produits d'hygiène corporelle :** Ce groupe intègre les produits de régulation et de confort corporel comme les déodorants, les antitranspirants ainsi que les formulations et crèmes dépilatoires.
- **Parfums et produits de soins personnels :** Cette famille associe les compositions parfumées et les soins de bien-être, à l'image des parfums, des eaux de toilette, des laits ou lotions corporelles et des huiles de massage.

Chapitre 3 : Généralités sur la peau

I. Définition de la peau

La peau, qui sépare l'intérieur du corps du milieu extérieur, est un organe complexe remplissant deux fonctions principales : d'une part, elle met en relation notre organisme avec son environnement ; d'autre part, elle le protège contre les agressions extérieures. Chez l'humain, elle figure parmi les organes les plus volumineux en surface et en masse, couvrant environ 2 m² et pesant près de 5 kg. Sa connaissance est essentielle en esthétique, tant pour optimiser les résultats que pour prévenir les effets secondaires (**Dréno, 2009**).

II. Structure de la peau

C'est un tissu souple, lisse et imperméable, formé de trois couches distinctes et accompagné de nombreuses annexes (poils, ongles et glandes exocrines). Chaque couche remplit un rôle spécifique (figure 3).

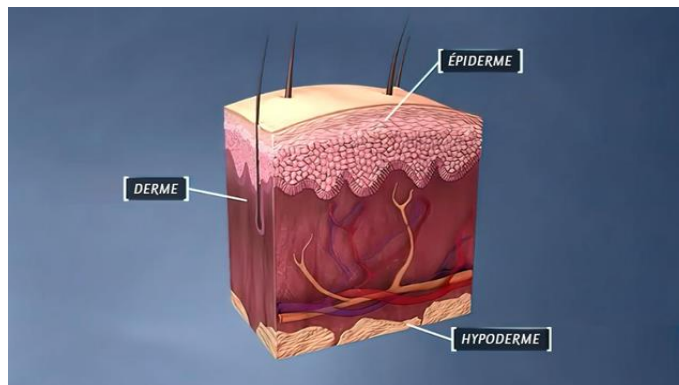


Figure 3 : Les trois régions de la peau.

- **L'épiderme :** est un épithélium stratifié constitué de plusieurs couches cellulaires en renouvellement permanent. La couche basale, ou couche muqueuse de Malpighi, contient des cellules prolifératives qui assurent la régénération de l'épiderme. Les cellules plus superficielles migrent vers la surface en accumulant de la kératine, ce qui rigidifie la couche externe de la peau. Ces cellules, appelées kératinocytes, perdent leur noyau au cours de ce processus (figure 4) (Dréno, 2009).

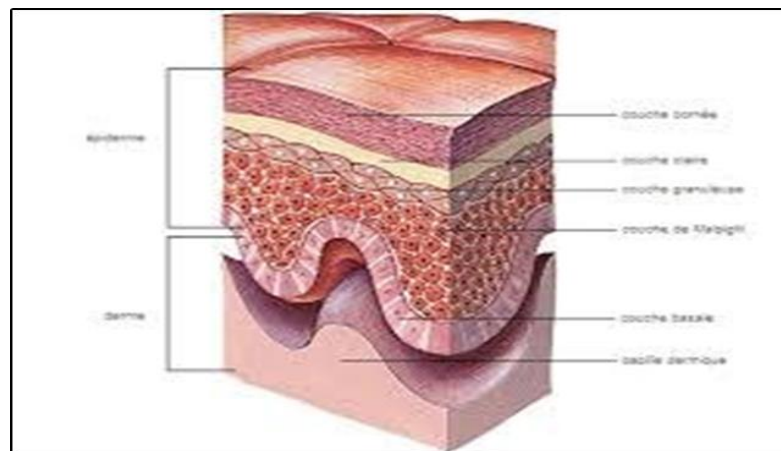


Figure 4 : Les quatre couches de l'épiderme.

- **Le derme :** La véritable charpente de la peau est formée de fibroblastes fixes et de cellules mobiles, ainsi que de cellules sanguines, liées entre elles par des fibres de collagène, d'élastine et de réticuline. L'ensemble est maintenu par une substance fondamentale principalement constituée de mucopolysaccharides. Le bleu de toluidine permet de repérer l'acide hyaluronique. Il existe des vaisseaux sanguins dans le derme qui se terminent à la couche de l'épiderme, qui ne contient pas ces composants (Dréno, 2009).

- **L'hypoderme** : est la couche la plus profonde de la peau, est surtout constitué de tissu adipeux dont l'épaisseur varie selon les individus. La graisse y est organisée en lobules séparés par des cloisons fibreuses semblables à celles du derme. Ces fibres participent à l'apport nutritif et au maintien de la structure de l'hypoderme. Sa fonction principale est d'amortir les chocs et de protéger contre le froid en conservant la chaleur corporelle. C'est aussi la zone ciblée pour les injections de produits de comblement cutané (**Dréno, 2009**).

III. Fonctions principales de la peau

L'organisation complexe de la peau lui permet d'accomplir des fonctions essentielles pour l'organisme :

- **Barrière physique** : l'épiderme, surtout la couche cornée, protège contre les rayons UV par l'hyperkératose, c'est-à-dire une augmentation de la production de kératine. Les lamelles lipidiques situées entre les cornéocytes, issues des grains lamellaires, renforcent cette barrière en limitant la pénétration des UV (**Mempel et al., 2003**).
- **Barrière immunitaire** : la peau joue un rôle central dans l'immunité. Des cellules comme les cellules de Langerhans et les kératinocytes, qui portent des récepteurs de type Toll-like, détectent les agents pathogènes et déclenchent des réponses immunitaires. Cela débute par une inflammation rapide, puis se poursuit par une réponse adaptative spécifique (**Mempel et al. 2003**).
- **Barrière antioxydante** : exposée à des agressions externes (polluants, rayonnements), la peau génère des espèces réactives de l'oxygène (ROS) qui favorisent le vieillissement cutané et augmentent le risque de carcinogenèse. Pour s'en protéger, elle dispose de systèmes antioxydants enzymatiques (superoxyde dismutase, catalase) et non enzymatiques (glutathion, acide ascorbique, α -tocophérol) (**Simon et al., 2016**).
- **Régulation de la température** : la peau participe à l'homéostasie thermique en produisant de la sueur via les glandes sudoripares pour refroidir le corps, et en cas de froid, en provoquant une vasoconstriction cutanée qui repousse le sang vers les couches profondes pour préserver la chaleur (**Dréno, 2009**).
- **Perception et sensibilité** : riche en terminaisons nerveuses et en récepteurs, la peau « particulièrement au niveau des doigts » détecte la température, la pression et la douleur. À la moindre agression, ces récepteurs déclenchent la libération de neuromédiateurs qui alertent l'organisme (**Dréno, 2009**).

PARTIE EXPERIMENTALE

Matériel et méthodes

Le travail expérimental a été réalisé au sein :

- Des laboratoires pédagogiques (Pôle biochimie et microbiologie) de la faculté des sciences de la nature et de la vie, sciences de la terre et de l'univers, Université Abou-Bekr Belkaid de Tlemcen.

I. Obtention des huiles végétales

Les huiles végétales étudiées ont été gracieusement fournies par une doctorante. Leur extraction a été réalisée par pression mécanique à froid, sans recours à des solvants chimiques. Le processus repose sur une réduction volumique progressive au sein d'une presse continue à vis sans fin : sous l'effet de la pression exercée, l'huile est expulsée des oléosomes cellulaires et filtrée, tandis que la matière solide est évacuée sous forme de tourteau (**Boubekeur & Maaziz, 2023**). Afin de préserver les propriétés physico-chimiques, les antioxydants et les qualités organoleptiques naturelles, l'opération a été menée sans aucun apport thermique externe, conformément aux directives de qualité des huiles vierges et pressées à froid (**Codex Alimentarius, 1999**).

II. Propriétés organoleptiques et physiques

II.1. Détermination de rendement

On calcule le rendement par la formule suivante :

$$\text{Rendement (\%)} = (\text{Masse de l'huile extraite} / \text{masse de la matière première}) \times 100$$

II.2. Propriétés organoleptiques

Une évaluation organoleptique a été réalisée, portant sur l'odeur, la couleur et l'aspect visuel de l'huile.

II.3. Indices physiques

II.2.1. La densité apparente (Pharmacopée Européenne, 2020)

La densité apparente d'une huile est le rapport entre la masse de l'huile et le volume qu'elle occupe, exprimée en g/ml ou g/cm³. Pour cela, on remplit un cylindre gradué déjà taré avec un volume des huiles étudiées puis on le pèse afin d'obtenir la masse de l'huile. On calcule la densité apparente selon la formule suivante :

$$\text{Densité apparente (g/mL)} = \frac{\text{Masse de l'échantillon (g)}}{\text{Volume de l'échantillon (mL)}}$$

II.2.2. Indice de réfraction

L'indice de réfraction d'une substance est le rapport de la vitesse de la lumière à une longueur d'onde définie dans le vide à sa vitesse dans la substance. En pratique, on utilise la vitesse de la lumière dans l'air plutôt que celle dans le vide et la longueur d'onde sélectionnée est, sauf mention contraire, celle de la moyenne des raies D du sodium (**Jora, 2012**).

Mode opératoire (Jora, 2012) : On commence par nettoyer soigneusement la lame de l'appareil de réfractomètre (figure 5) en utilisant de l'eau distillée et du papier absorbant. Ensuite, à l'aide d'une micro-pipette, on dépose quelques gouttes des huiles étudiées dans le centre de la lame. On procède à la lecture et on mentionne la température de mesurage T. On mesure deux autres fois l'indice de réfraction et on calcule la moyenne arithmétique des

Trois mesurages. On corrige l'indice de réfraction de notre huile qui est complètement liquide à 20 °C et il est donné par la formule suivante :

$$n_D^{20} = n_D^t + 0,00035 \times (T - 20)$$

n_D^t est l'indice de réfraction mesuré, 0,00035 est le facteur de correction pour $t = 20$ °C, pour les huiles

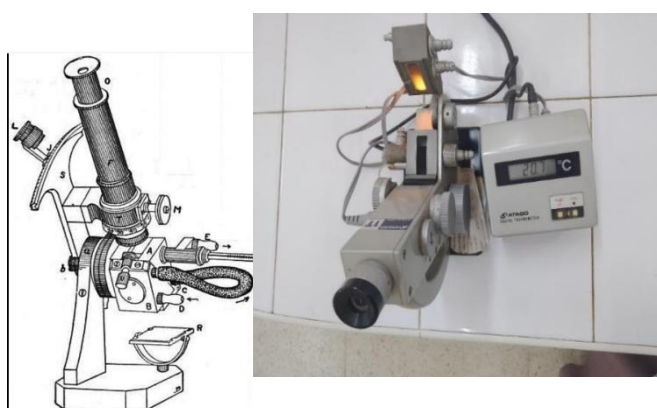


Figure 5 : Réfractomètre

II.2.3. Analyse spectrophotométrique dans l'ultraviolet pour les huiles végétales

L'absorbance dans l'ultraviolet est un moyen d'évaluation de l'état de conservation de l'huile. Les hydroperoxydes des premiers stades de l'oxydation absorbent à 232 nm, alors que les produits d'oxydation secondaires absorbent au voisinage de 270 nm. Le degré et le stade d'oxydation d'une huile peuvent donc être évalués par des coefficients d'absorption de la lumière dans l'ultraviolet appelés absorbances spécifiques K232 et K270.

Mode opératoire (Conseil Oléicole International, 2011) : 0,1 g de l'échantillon des huiles étudiées est dissous dans 10 ml de cyclohexane, après homogénéisation on mesure les extinctions, en utilisant comme référence le solvant employé, aux longueurs d'onde 232 nm et 270 nm. Le coefficient K est donné par la formule suivante :

$$K = \frac{A_{\lambda}}{C \times l}$$

A_λ : Absorbance à la longueur d'onde λ, C : Concentration de la solution en g/100 ml, l : Chemin optique (1 cm).

Pour la variation de l'extinction spécifique (ΔK) on mesure l'absorbance pour un échantillon des huiles étudiées aux longueurs d'onde 266 nm et 274 nm. Les valeurs d'extinctions spécifiques à 232 nm et 270 nm et le ΔK sont calculés selon la formule suivante :

$$\Delta K = K_m - \frac{K_{m-4} + K_{m+4}}{2}$$

K_m est l'extinction spécifique à la longueur d'onde d'absorbance maximale m, aux environs de 270 nm.

III. Propriétés chimiques

III.1. Indice d'acide (IA)

C'est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire pour neutraliser les acides gras libres contenus dans un gramme de corps gras (Jora, 2012).

Mode opératoire (Jora, 2012) : On pèse 1 ml d'huile et on l'introduit dans un erlenmeyer. Ensuite, on ajoute 5 ml d'éthanol 95% et 5 gouttes de la phénolphthaléine 0,2%.

On neutralise en ajoutant grâce à une burette la solution éthanolique de potasse (KOH) à 0.1N jusqu'à obtention d'une couleur rose. L'indice d'acide (IA) est donné par la formule suivante :

$$IA \text{ (mg KOH/g)} = \frac{5,61 \times V}{m}$$

V : volume en ml de KOH utilisé pour le titrage ; *m* : masse de l'huile (g).

III.2. Acidité (%)

L'acidité (A %) exprime la teneur en acides gras libres (AGL) dans un corps gras. Elle est généralement exprimée en pourcentage d'acide oléique. Elle reflète la qualité de l'huile et son état de conservation : plus l'acidité est élevée, plus l'huile est dégradée (**Jora, 2012**).

Elle est déterminée selon le même protocole que celui utilisé pour l'indice d'acide, c'est-à-dire par titrage de la matière grasse dissoute dans un solvant avec une solution basique (généralement le KOH). Elle est ensuite calculée à partir de la formule suivante :

$$A\% = \frac{M \times V \times N}{m \times 10}$$

M : masse molaire de l'acide choisi comme référence (le plus abondant), volume en ml de KOH utilisée pour le titrage ; *m* : masse de l'huile (g), *N* : normalité de la solution de KOH (en mol/L ou N)

Lorsque l'acidité est exprimée en équivalents d'acide oléique (masse molaire = 282 g/mol), le pourcentage d'acidité peut également être estimé en divisant l'indice d'acide par 2, c'est-à-dire :

$$\text{Acidité (\%)} \approx \text{Indice d'acide} / 2$$

III.3. Indice de peroxyde (IP)

C'est le nombre de milliéquivalents d'oxygène contenus dans un kilogramme de corps gras et oxydant d'iodure de potassium avec libération d'iode (**Jora, 2011**).

Mode opératoire : On pèse précisément 1 g de l'échantillon d'huile, puis on l'introduit dans une fiole jaugée de 250 ml. On ajoute ensuite 30 ml d'un mélange composé de 12 ml de chloroforme et 18 ml d'acide acétique glacé, suivis de 1 ml de solution saturée d'iodure de potassium (KI). Après agitation magnétique pendant 1 minute, la solution est laissée au repos pendant 5 minutes à l'abri de la lumière, à une température contrôlée entre 15 et 25 °C. Ensuite, on ajoute 75 ml d'eau distillée et quelques gouttes d'empois d'amidon (1%) en tant qu'indicateur. Le mélange est alors titré à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium 0,01 N, jusqu'à disparition complète de la

couleur bleue. Un essai à blanc est réalisé dans les mêmes conditions. L'indice de peroxyde (IP) est donné par la formule suivante :

$$IP \text{ (meq d'O}_2\text{/kg)} = \frac{(V_1 - V_0) \times 10}{m}$$

V_1 = volume de thiosulfate utilisé pour l'échantillon (en ml) ; V_0 = volume de thiosulfate de l'essai à blanc (en ml) ; m = masse de l'échantillon en grammes

IV. Les activités biologiques des huiles

IV.1. Piégeage du radical DPPH

Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). Ce dernier est réduit en acceptant un atome d'hydrogène. Le DPPH est un radical stable et il présente en solution une absorption caractéristique à 517 nm qui lui confère une coloration violette. Cette couleur disparaît rapidement lorsque le DPPH est réduit par un capteur de radicaux libres (**Brand-William et al., 1995**).

Mode opératoire : Le protocole expérimental suivi est celui de (**Atoui et al., 2005**), en remplaçant le méthanol par l'éthanol. À différentes concentrations, 50 µl de chaque huile sont ajoutés à 1950 µl d'une solution éthanolique de DPPH° à 6.34×10^{-5} M (0.0025 g dans 100 ml d'éthanol). Pour chaque concentration un blanc est préparé. En ce qui concerne le

Contrôle négatif, ce dernier est préparé, en parallèle, en mélangeant 50 µl d'éthanol avec 1950 µl d'une solution éthanolique de DPPH° à la même concentration utilisée.

Après incubation à l'obscurité pendant 30 min et à la température ambiante, la réduction du DPPH° s'accompagne par le passage de la couleur violette à la couleur jaune de la solution. La lecture des absorbances est effectuée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Le témoin positif utilisé est le butylhydroxytoluène (BHT). Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition, calculés suite à la diminution de l'intensité de la coloration du mélange, selon la formule :

$$PI (\%) = \left(\frac{DO_{\text{contrôle}} - DO_{\text{extrait}}}{DO_{\text{contrôle}}} \right) \times 100$$

PI : pourcentage d'inhibition, DO contrôle : absorbance du témoin négatif, DO extrait : absorbance de l'extrait.

L'étude de la variation de l'activité antiradicalaire en fonction de la concentration des huiles permet de déterminer la concentration qui correspond à 50% d'inhibition (CI₅₀). Une valeur de CI₅₀ faible correspond à une grande efficacité d'huile.

IV.2. Détermination du facteur de protection solaire (FPS) par la méthode spectrophotométrique

L'activité photoprotectrice des huiles a été évaluée en calculant le FPS (SPF, en anglais) à partir des absorbances mesurées à des longueurs d'onde comprises entre 290 et 320 nm, à 5 nm d'intervalle par un spectrophotomètre UV. Les échantillons ont été dilués à 40 mg/ml (0,04 g/ml) dans le cyclohexane pour l'huile (Mansur et al., 1986). Le SPF est calculé en utilisant l'équation suivante :

$$SPF = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times Abs(\lambda)$$

CF : le facteur de correction (10), *EE(λ)* : le pouvoir d'absorption érythémale à la longueur d'onde λ., *I(λ)* : l'intensité du rayonnement solaire à la longueur d'onde λ, *Abs(λ)* : est l'absorbance à la longueur d'onde λ.

Les valeurs d'*EE(λ) × I(λ)* sont des constantes déterminées par (Sayre et al., 1979). Elles sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Valeurs d'*EE(λ) × I(λ)*.

Wavelength (λ, nm)	EE (λ) x I (λ) (normalisé)
290	0.0150
295	0.0817
300	0.2874
305	0.3278
310	0.1864
315	0.0839
320	0.0180

IV.3. Évaluation de l'activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne des huiles végétales a été évaluée en utilisant des souches de référence de laboratoire (American Type Culture Collection "ATCC" pour les bactéries et *Candida albicans*) :

- Bactéries à Gram positif : *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Bacillus subtilis* (ATCC 10876).
- Bactéries à Gram négatif : *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853).
- Levures : *Candida albicans* (ATCC 26790).

1. Préparation de l'inoculum

Chaque culture doit être ensemencée en stries sur une gélose nutritive pour les bactéries et sur Sabouraud pour *Candida albicans* pour obtenir des colonies isolées. Après une incubation à 37 °C pour les bactéries et à 35 °C pour *Candida albicans*, pendant 24 h, quatre à cinq colonies bien isolées sont transférées avec une anse dans un tube de bouillon nutritif (ou eau physiologique 0,9 %). Incuber le bouillon à 37 °C (35 °C pour *C. albicans*) jusqu'à ce qu'il devienne trouble. Ajuster la turbidité à la bonne densité au standard McFarland 0,5 à l'aide d'un spectrophotomètre, ce qui correspond à une densité optique entre 0,08 et 0,1 lue à 625 nm pour les bactéries (équivalent à 2×10^8 UFC/ml) (EUCAST, 2003) et entre 0,12 et 0,15 lue à 530 nm pour *Candida albicans* (équivalent à $1-5 \times 10^6$ UFC/ml) (NCCLS, 2001).

2. Méthode de diffusion en disque

Les milieux Mueller-Hinton et Sabouraud gélifiés, stériles et refroidis jusqu'à 45-50 °C, ont été distribués dans des boîtes de Pétri stériles de 9 cm de diamètre (15 ml). Les disques de papier filtre (4 mm de diamètre) ont été individuellement imprégnés avec 10 µL de l'huile et ensuite placés sur la surface du milieu gélifié déjà inoculés avec les microorganismes testés (NCCLS, 2001).

Les boîtes de Pétri ont été conservées à 4 °C pendant 2 h et ont été ensuite incubées à 37 °C pendant 24 h pour les bactéries et à 35 °C pendant 24 h pour *C. albicans*. Les diamètres des zones d'inhibition (mm) ont été mesurés, y compris le diamètre des disques.

La gentamicine (10 µg / disque) et l'amphotéricine B (20 µg / disque) ont servi de témoins positifs.

3. La méthode de diffusion des puits

La méthode de diffusion très utilisée en microbiologie (antibiogramme) repose sur la diffusion du composé antimicrobien en milieu solide. Après séchage des boîtes ensemencées et suivant le protocole décrit par (Hazzit et al., 2009), la gélose Mueller Hinton est perforée à

l'aide de la partie supérieure d'une pipette Pasteur de 6 mm de diamètre. Les cavités ainsi formées sont remplies de 20 µL de l'huile dans chaque puits.

Les boîtes sont incubées dans une étuve à 37 °C pendant 24 heures. L'effet du produit antibactérien sur la cible est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition, et en fonction du diamètre d'inhibition (Hellal., 2011).

V. Formulation des crèmes

Nous avons préparé des crèmes de type eau-dans-huile. Ces crèmes contiennent deux phases distinctes : une phase aqueuse et une phase huileuse (tableau 2).

Le pourcentage de chaque ingrédient a été soigneusement choisi à la suite d'une recherche réalisée, basée sur des travaux antérieurs. Une attention particulière a été portée au respect des conditions de formulation, notamment la température, facteur clé influençant la formation et la stabilité de l'émulsion.

Tableau 2 : Ingrédients de la crème et leurs rôles.

Phases	Ingrédients	Rôle de chaque ingrédient
Aqueuse	Eau de rose	Agit comme un actif protecteur, antioxydant et anti-inflammatoire qui aide à préserver la peau du vieillissement cutané induit par les rayonnements ultraviolets.
	Glycérine végétale	Capacité à retenir l'eau dans la couche d'épiderme, assurant ainsi une hydratation durable
Huileuse	Huile de soja	Agit comme un actif protecteur, antioxydant et anti-inflammatoire qui limite la perte insensible en eau et favorise la récupération de la barrière cutanée.
	Huile de moringa	Agit comme un actif hydratant, antioxydant et anti-inflammatoire qui renforce l'hydratation cutanée profonde et réduit efficacement les rougeurs de la peau.
	Beurre de karité	Émollient naturel aux propriétés anti-inflammatoires et protectrices, qui renforce la barrière cutanée et prévient la dégradation prématurée du collagène induite par le stress environnemental.

	Cire émulsifiante	Agent de surface aux propriétés stabilisantes et texturantes, qui assure la cohésion de l'émulsion et contrôle la viscosité de la formulation en formant un réseau de gel protecteur contre le déphasage.
	Cire d'abeille	Agent hydrophobe protecteur qui forme un film occlusif maintenant l'hydratation, tout en renforçant la consistance et l'adhérence cutanée de la crème.
	Vitamine E	Actif antioxydant et photoprotecteur qui neutralise les radicaux libres, protège contre les dommages induits par les UV et améliore l'hydratation de la couche cornée.
	HE de la lavande	Cicatrise et assainit la peau grâce à ses propriétés anti-inflammatoires, régénérantes et antibactériennes, tout en parfumant naturellement la formulation

À partir de ces ingrédients, quatre formulations distinctes ont été préparées afin d'évaluer l'effet du butylhydroxytoluène (BHT) sur la stabilité des huiles : deux lots contenant l'antioxydant (H.S + BHT et H.M + BHT) et deux lots formulés sans antioxydant (H.S sans BHT et H.M sans BHT) :

- Formulation 1 (H.S + BHT) : Crème cosmétique à base d'huile de soja enrichie en BHT.
- Formulation 2 (H.S sans BHT) : Crème cosmétique à base d'huile de soja, préparée sans ajout d'antioxydant.
- Formulation 3 (H.M + BHT) : Crème cosmétique à base d'huile de moringa enrichie en BHT.
- Formulation 4 (H.M sans BHT) : Crème cosmétique à base d'huile de moringa préparée sans ajout d'antioxydant.

V.1. Propriétés organoleptiques de la crème

Une évaluation organoleptique a été réalisée, portant sur l'odeur, la couleur et l'aspect visuel de la crème.

V.2. Le pH (potentiel hydrogène)

Le papier pH est un papier spécial imprégné d'un mélange d'indicateurs colorés qui changent de couleur en fonction de l'acidité ou de l'alcalinité de la solution testée. Lorsque l'on dépose une goutte de la préparation dont on veut déterminer le pH sur le papier pH, il change de couleur. La couleur obtenue est ensuite comparée à une échelle de teinte inscrite sur l'emballage du papier pH (ISO 10523, 2021).

V.3. Aspect microscopique de la crème

L'aspect microscopique d'une crème correspond à l'observation de la structure interne de l'émulsion (taille, répartition et morphologie des globules de phase dispersée), réalisée à l'aide d'un microscope optique ou électronique. Cette analyse permet d'évaluer la qualité de l'émulsification, la stabilité de la formulation et de détecter d'éventuels phénomènes de coalescence ou de floculation (Tadros, 2013).

V.4. Test de stabilité de la crème

Ce test a été effectué par une centrifugeuse à 3000 rpm pendant 30 minutes, en plaçant 5 g de la crème dans un tube de centrifugation (Lachman et al., 1986).

VI. Étude de la stabilité oxydative et microbiologique des crèmes au cours du temps

La stabilité oxydative des différentes crèmes a été suivie sur une période de 60 jours à température ambiante. Elle a été évaluée par un contrôle visuel et olfactif régulier (chaque 5 jours) afin de repérer d'éventuels changements d'aspect ou d'odeur. En parallèle, l'évolution du pH a été mesurée à l'aide d'un pH-mètre.

VII. Analyses statistiques

Le traitement des résultats a été effectué à l'aide du logiciel Microsoft Excel (2019) afin de faciliter l'analyse des données. Les valeurs indiquées dans les tableaux sont des moyennes $\pm$ écarts-types des trois mesures en parallèle.

Les valeurs des concentrations CI_{50} (Piégeage des radicaux DPPH) ont été calculées à partir des équations linéaires des courbes tracées dans EXCEL.

Résultats et discussion

I. Propriétés organoleptiques et physiques

I.1. Rendements d'extraction

Notre protocole de pression à froid a conduit à :

- Un rendement en huile de soja de 5,47 %, inférieur aux valeurs rapportées par Moses (2014) pour une presse à vis continue, qui varient de 6,61 % à 14,22 % selon la température de malaxage (optimum de 14,22 % à 90 °C). Cet écart s'explique par l'absence de chauffage : la montée en température abaisse la viscosité de l'huile et fragilise les parois cellulaires, ce qui facilite l'extraction. À froid, ces effets étant absents, l'extractibilité se trouve logiquement limitée.
- Un rendement en huile de moringa de 14,42 %, nettement inférieur aux 38,00 % – 42,00 % obtenus par Farooq Anwar (2003) par extraction au Soxhlet (n-hexane). Cette différence est liée à la nature des procédés : l'extraction par solvant épuise la quasi-totalité des lipides de la graine, tandis que la pression mécanique en laisse une fraction résiduelle dans le tourteau.

I.2. Propriétés organoleptiques

Il est important de noter que les caractéristiques organoleptiques peuvent varier en fonction de la qualité de l'huile, de la méthode d'extraction et d'autres facteurs. L'examen des propriétés organoleptiques de l'huile de moringa révèle des caractéristiques sensorielles favorables (tableau 3).

Tableau 3 : Propriétés organoleptiques des huiles étudiées.

Propriétés	Huile de soja	Huile de moringa
Odeur	Presque inodore, légèrement végétale	Légère, rappelant à la noisette
Couleur	Jaune doré	Jaune clair
Aspect	Fluide et légère	Fluide et légère

L'huile de moringa se caractérise par une coloration jaune clair et un aspect fluide et léger. Sur le plan olfactif, l'huile de moringa présente une odeur légère rappelant la noisette. Ces résultats expérimentaux concordent avec les données de la littérature, notamment l'étude de Janaki (2015).

En parallèle, l'analyse organoleptique de l'huile de soja montre une conformité avec le **Codex Alimentarius (CXS 210-1999)**. Son odeur presque inodore et légèrement végétale confirme l'absence de produits d'oxydation volatils. Sa couleur jaune dorée atteste de la préservation de ses pigments naturels, et son aspect fluide et léger est caractéristique d'une huile riche en acides gras insaturés non dégradés.

I. 2 Indices physiques

I.2.1 La densité apparente

La densité est un paramètre physique essentiel pour évaluer la pureté et la qualité des huiles végétales. Les résultats des mesures de la densité apparente de l'huile de soja et de l'huile de moringa sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Densité apparente des huiles étudiées.

Huiles étudiées	Densité
Huile de soja	0,917±0,009
Huile de moringa	0,881±0,012

Les analyses physiques révèlent que notre huile de moringa présente une densité de 0,881. Cette valeur concorde avec les données d'**Ogunsina et al. (2011)**, qui rapportent une densité de 0,90. Face aux réglementations internationales, notre valeur se situe légèrement en deçà de la limite inférieure des directives fixées par la **FAO/OMS** (0,896 à 0,910) ainsi que des normes du Codex Alimentarius pour l'huile d'olive (0,910 à 0,916).

Concernant l'huile de soja, la densité mesurée est de 0,917, ce qui est parfaitement comparable aux valeurs de référence comprises entre 0,914 et 0,918 rapportées par **Noureddini et al. (1992)**.

I.2.2 Indice de réfraction à 20 °C

Les mesures expérimentales de l'indice de réfraction à 20 °C, réalisées afin de vérifier l'identité et la pureté de nos deux huiles végétales, ont donné les résultats consignés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Indice de réfraction des huiles étudiées.

Huiles étudiées	Indice de réfraction
-----------------	----------------------

Huile de soja	1,4696
Huile de moringa	1,4677

L'indice de réfraction mesuré pour l'huile de soja est de 1,4696. Cette valeur expérimentale est très proche de la valeur de 1,4709 rapportée par **Escalante-Valdez et al. (2019)**

Concernant l'huile de moringa, l'indice de réfraction expérimentalement déterminé s'élève à 1,4677. Cette donnée s'inscrit de manière cohérente dans la plage de valeurs introduite par **Fu et al. (2021)**, qui avancent un indice de 1,46.

I.2.3 Analyse spectrophotométrique dans l'ultraviolet pour les huiles végétales

Les résultats de l'analyse spectrophotométrique dans l'UV de nos deux huiles végétales, préparées à une concentration de 1 g/100 ml, sont regroupés dans le tableau 6.

Selon **Bouhekif (1991)**, une valeur d'extinction élevée à $\lambda = 232$ nm est indicative d'une oxydation primaire importante de l'huile. De même, une extinction accrue à $\lambda = 270$ nm reflète la présence élevée de produits d'oxydation secondaires et traduit une moindre aptitude de l'huile à la conservation.

- Huile de soja : elle présente une valeur de K232 égale à 1,487, ce qui met en évidence une absorption marquée au niveau de cette longueur d'onde et confirme un début d'oxydation primaire (état peroxydé via la formation de diènes conjugués). À l'inverse, l'indice K270 et la valeur de ΔK sont nuls (0), ce qui atteste d'une absence totale de composés secondaires d'oxydation.
- Huile de moringa : Son coefficient K232 s'élève à 1,59, révélant une accumulation légèrement plus prononcée de produits d'oxydation primaire par rapport à l'huile de soja. Néanmoins, à l'instar de cette dernière, sa valeur de K270 et son ΔK sont rigoureusement nuls (0), prouvant l'absence complète de produits secondaires issus de la scission des peroxydes.

Tableau 6 : Valeurs des coefficients d'extinction spécifiques (K232, K270) et du ΔK des huiles de soja et de moringa.

	Huile de soja	Huile de moringa
K232	1,487	1,59
K270	0	0
ΔK	0	0

II. Propriétés chimiques

II.1 Indice d'acide (IA)

L'indice d'acide constitue un paramètre important pour l'évaluation de la qualité des huiles végétales, car il renseigne sur leur degré d'hydrolyse. Les valeurs obtenues pour les huiles étudiées sont présentées dans le tableau 7.

Tableau 7 : Indice d'acide des huiles étudiées.

Huiles étudiées	Indice d'acide (mg KOH/g)
Huile de soja	$3,7 \pm 0,12$
Huile de moringa	$3,6 \pm 0,05$

L'évaluation de l'indice d'acide (IA) de notre huile de soja a révélé une valeur de 3,7 mg KOH/g d'huile. Conformément aux normes du Codex Alimentarius (norme CXS 210-1999), ce résultat s'avère conforme, le seuil maximal admissible étant fixé à 4,0 mg KOH/g pour les huiles végétales.

Pour l'huile de moringa, l'indice d'acide est de 3,6 mg KOH/g, ce qui est conforme à la norme du Codex Alimentarius ($\leq 4,0$ mg KOH/g) pour les huiles pressées à froid. Cependant, ce résultat est supérieur à celui de **Suryadevara et al. (2018)** (0,84 mg KOH/g). Cette disparité peut s'expliquer par des facteurs écophysiologiques (maturité des graines, zone géographique), ainsi que par les conditions de stockage.

II.2 Acidité (%)

Afin d'évaluer la qualité des huiles étudiées, leur acidité libre a été déterminée. Les valeurs obtenues sont présentées dans le tableau 8.

Tableau 8 : Indice d'acidité (%) des huiles étudiées.

Huiles étudiées	Acidité (%)
Huile de soja	1,84
Huile de moringa	1,82

L'analyse de l'acidité libre, exprimée en pourcentage d'acides gras libres, a été effectuée en se référant à l'acide gras majoritaire propre à chaque huile. L'acidité de l'huile de soja a ainsi été calculée par rapport à l'acide linoléique, tandis que celle de l'huile de moringa a été déterminée par rapport à l'acide oléique.

L'huile de soja présente un indice d'acidité de 1,84 % (exprimé en acide linoléique). Cette valeur s'avère conforme aux exigences du Codex Alimentarius (Codex Stan 210-1999), qui tolère un seuil maximal plus élevé allant jusqu'à 4,0 mg KOH/g (soit environ 2,0 % de FFA) pour les huiles végétales. Ce résultat témoigne d'une bonne préservation initiale de la matière grasse lors de l'extraction, se rapprochant des taux de dégradation avancés (1,65 %) observés par **Ahmed et al. (2024)** uniquement après un stress thermique et lumineux prolongé.

L'acidité de l'huile de moringa est de 1,82 % (exprimée en acide oléique). Cette valeur se situe dans la gamme des données de la littérature (1,01 % à 1,94 %) rapportées par **Tsaknis et al. (1999)** et par **Lalas et Tsaknis (2002)**.

II.3 Indice de peroxyde

L'évaluation de l'indice de peroxyde permet d'apprécier l'état de conservation des huiles en mesurant la quantité de composés peroxydés formés lors des premières étapes de l'oxydation lipidique. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Indice de peroxyde des huiles étudiées.

Huiles étudiées	Indice de peroxyde (meq O ₂ /kg)
Huile de soja	14,8 ± 0,17
Huile de moringa	25,0 ± 0,16

L'indice de peroxyde mesuré pour l'huile de soja est de 14,8 meq O₂/kg ; cette valeur se situe dans les limites fixées par la norme "Codex STAN 210-1999". Ce standard du Codex Alimentarius recommande une valeur inférieure à 15 meq O₂/kg pour les huiles végétales. Cependant, ce résultat reste limitrophe.

En parallèle, l'indice de peroxyde de l'huile de moringa s'élève à 25,0 meq O₂/kg, une valeur qui dépasse nettement la limite maximale de 15 meq O₂/kg fixée par le Codex Alimentarius (norme CXS 210-1999) pour les huiles végétales. Ce résultat traduit un état d'oxydation primaire avancée, pouvant être attribué à des conditions de fabrication, de stockage ou à une durée de conservation défavorables (exposition à l'air, à la lumière ou à la chaleur).

III. Les activités biologiques des huiles

III.1 Piégeage du radical DPPH

Les figures 6, 7 et 8 illustrent les résultats de l'activité antioxydante des huiles étudiées ainsi que ceux du BHT, utilisé comme standard de référence afin de comparer l'efficacité antioxydante des huiles. Les pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH sont représentés en fonction des différentes concentrations testées. Les valeurs d'IC₅₀ ont été déterminées en mg/mL afin d'exprimer la concentration d'antioxydant nécessaire pour piéger et réduire 50 % des molécules de DPPH présentes dans la solution éthanolique (tableau 10).

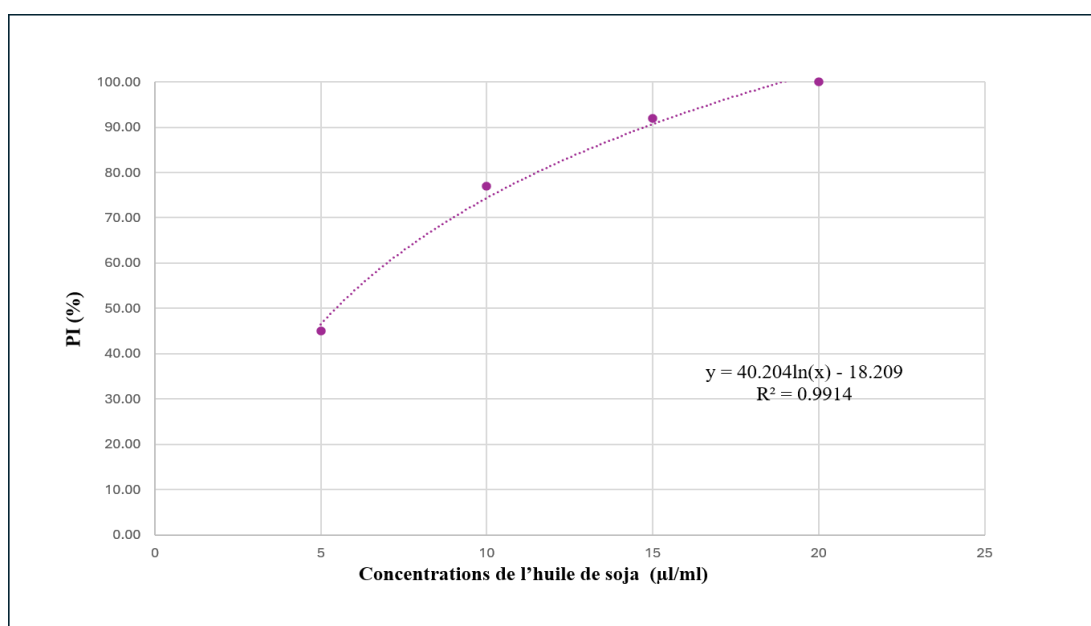


Figure 6 : Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations de l'huile de soja

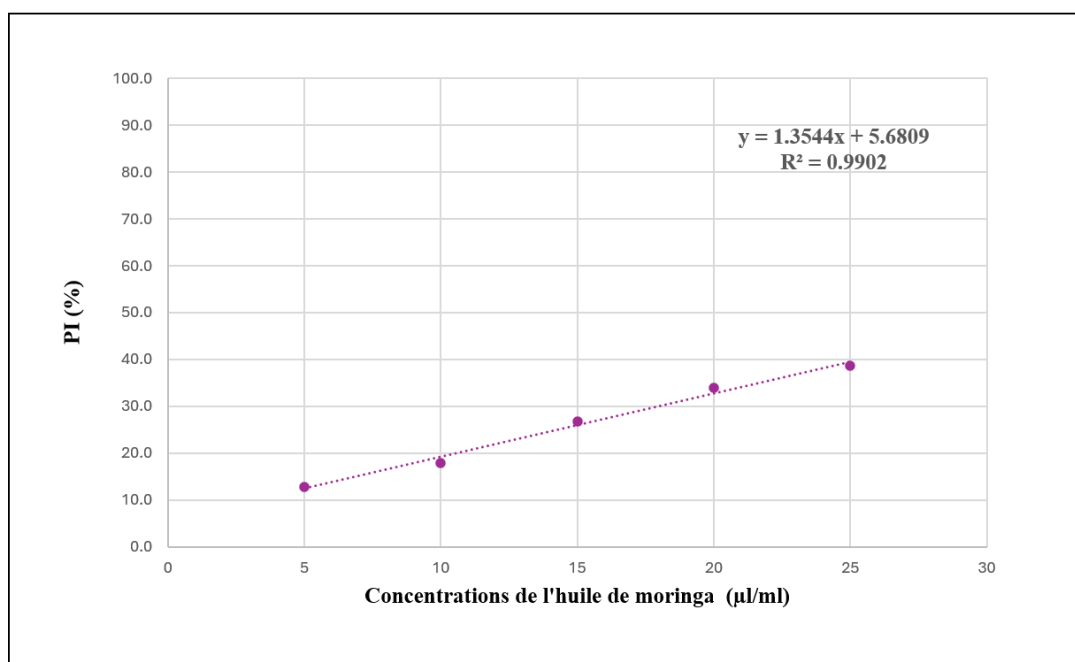


Figure 7 : Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations de l'huile de moringa

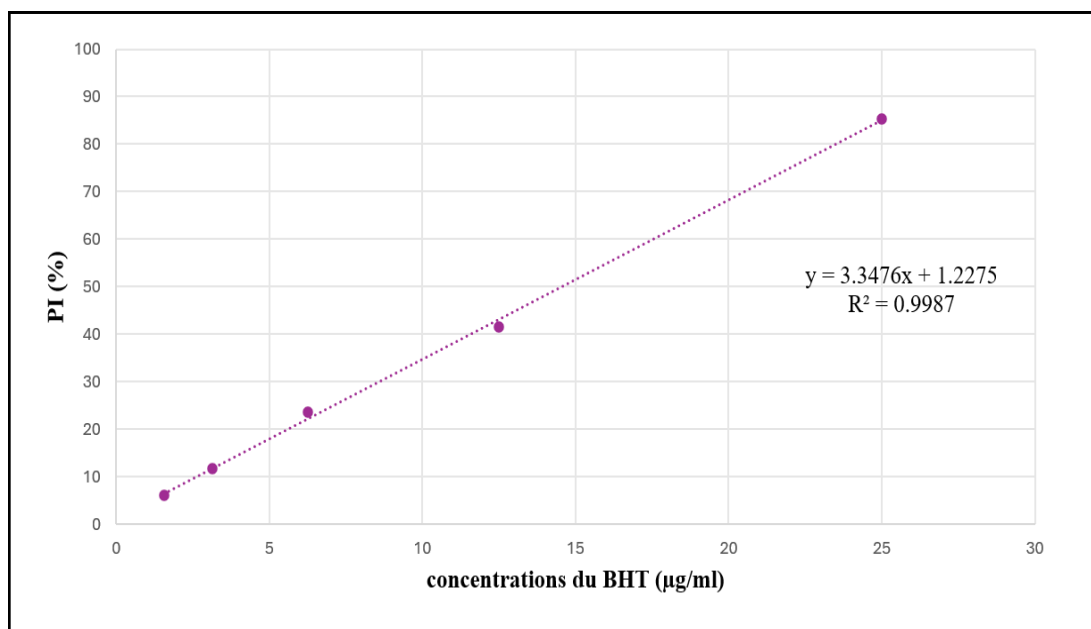


Figure 8 : Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations du BHT

Tableau 10 : Valeurs des CI50 (test DPPH).

Huiles étudiées	IC50 (µl/ml)	IC50 (mg/ml)
Huile de soja	5,46 ± 0,36	5 ± 0,33
Huile de moringa	/	/
BHT	-	0,0146 ± 0,0008

Selon les résultats obtenus, l'huile de soja présente un pouvoir antioxydant modéré, avec une valeur IC50 de 5,46 µl/ml. En revanche, pour l'huile de moringa, l'activité antiradicalaire est particulièrement faible et la valeur d'IC50 n'a pas été atteinte. Cependant, l'activité de l'huile de soja (5 mg/ml) reste faible par rapport à celle du BHT (témoin positif), qui se situe à 0,0146 mg/ml.

Il est important de noter que les valeurs d'IC50 varient selon la nature de chaque huile végétale et ses conditions de culture. Dans ce cas, l'huile de soja a montré un pouvoir antioxydant modéré, mais inférieur à celui du témoin. Quant à l'huile de moringa, ce manque de réactivité pourrait s'expliquer par l'influence de facteurs environnementaux (climat, nature du sol ou conditions de récolte) qui impactent directement la synthèse des molécules antioxydantes par la plante.

III.2. Détermination du facteur de protection solaire (FPS) par la méthode spectrophotométrique

Les valeurs de SPF (Facteur de protection solaire) des huiles étudiées ont été analysées et confrontées aux catégories de protection réglementaires présentées dans le tableau 11, selon la **Recommandation de la Commission Européenne**.

- **Pour l'Huile de moringa** : À une concentration de 0,04 g/ml, elle affiche un SPF de **2,24**. Selon le tableau, cette valeur est inférieure au seuil de 6, qui correspond à la limite minimale de la faible protection ; cela signifie que l'Huile de moringa montre une activité photoprotectrice très limitée à cette concentration.
- **Pour l'Huile de soja** : À la même concentration de 0,04 g/ml, elle présente un SPF de **4,59**. Cette valeur se situant en dessous du premier seuil mesurable du tableau (fixé à 6), l'Huile de soja se classe sous la limite inférieure de la catégorie « **Faible**

protection », ce qui traduit une action photoprotectrice très légère au regard des normes réglementaires.

Ces résultats mettent en évidence que, bien que les deux produits possèdent un pouvoir photoprotecteur mesurable à cette concentration, leur action reste légère au regard des seuils établis par les autorités réglementaires internationales décrits dans le fichier.

Tableau 11 : Catégories de protection affichée sur les produits solaires en fonction des facteurs de protection mesurés.

Catégorie indiquée	Facteur de protection indiquée	Facteur de protection solaire mesuré
Faible protection	6	6 – 9.9
	10	10 – 14.9
Protection moyenne	15	15 – 19.9
	20	20 – 24.9
	25	25 – 29.9
Haute protection	30	30 – 49.9
	50	50 – 59.9
Très haute protection	50 ⁺	≥ 60

III.3. Évaluation de l'activité antimicrobienne

a. Méthode de diffusion en disque

Les diamètres des zones d'inhibition déterminés par la méthode de diffusion en disque pour l'huile de moringa et l'huile de soja sont consignés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Diamètres des zones d'inhibition de l'huile de moringa et de l'huile de soja vis-à-vis des différentes souches microbiennes étudiées.

Souches microbiennes	Huile de Moringa (10 µL)	Huile de soja (10 µL)	Huile de soja (20 µL)	Gentamicine (10 µg/disque)	Amphotéricine B (20 µL/disque)
<i>Staphylococcus aureus</i>	6 mm	6 mm	10 mm	14 mm	-

<i>Bacillus subtilis</i>	6 mm	7 mm	-	24 mm	-
<i>Escherichia coli</i>	7 mm	6 mm	-	20 mm	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10 mm	9 mm	-	18 mm	-
<i>Candida albicans</i>	8 mm	7 mm	-	-	28 mm

4 mm : le diamètre du disque ; - : Non testé

L'examen des diamètres d'inhibition révèle que chaque huile possède un spectre d'action propre, étroitement lié à la souche ciblée et à la concentration appliquée.

L'huile de Moringa (10 µL) manifeste une activité sélective : elle est efficace sur les bacilles à Gram négatif (*E. coli* et *P. aeruginosa*) ainsi que sur la levure *Candida albicans*, avec des zones d'inhibition allant de 7 à 10 mm. En revanche, elle reste totalement inactive sur les bactéries à Gram positif testées (*S. aureus* et *B. subtilis*) à cette dose.

Concernant l'huile de soja, à la dose de 10 µL, elle inhibe *B. subtilis*, *P. aeruginosa* et *C. albicans* avec des diamètres compris entre 7 et 9 mm, mais elle n'exerce aucun effet sur *S. aureus* ni sur *E. coli*. Un point marquant est l'effet dose-dépendant observé sur *S. aureus* : en doublant la quantité (20 µL), l'huile de soja génère une inhibition nette de 10 mm, là où la dose inférieure était inefficace.

Enfin, la confrontation aux témoins positifs confirme la sensibilité des souches. La gentamicine valide l'activité antibactérienne, tandis que l'amphotéricine B se distingue par une inhibition très franche sur *C. albicans* (28 mm), soulignant l'écart d'intensité entre les huiles végétales et cet antifongique de référence (figure 9).



Figure 9 : Evaluation de l'activité antimicrobienne des huiles étudiées par la méthode des disques.

b. Méthode de diffusion en puit

Les diamètres des zones d'inhibition totales déterminés par la méthode de diffusion en puits pour l'huile de moringa (*Moringa oleifera*) et l'huile de soja (*Glycine max*) sont consignés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Diamètres des zones d'inhibition des huiles de moringa et de soja vis-à-vis des souches microbiennes (méthode en puits).

Souches microbiennes	Huile de moringa (20 μ L)	Huile de soja (20 μ L)
<i>Staphylococcus aureus</i>	6 mm	7 mm
<i>Bacillus subtilis</i>	6 mm	6 mm
<i>Escherichia coli</i>	6 mm	6 mm
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	6 mm	6 mm
<i>Candida albicans</i>	6 mm	6 mm

6 mm : le diamètre du puits

Avec la méthode des puits à 20 μ L, l'huile de moringa ne génère aucun halo d'inhibition sur l'intégralité des souches microbiennes testées, traduisant une absence totale d'effet dans ce format expérimental.

L'huile de soja, à la même concentration, montre une inhibition exclusive de 7 mm sur *Staphylococcus aureus*, mais reste sans action sur les autres souches microbiennes testées. Le bilan met donc en évidence une efficacité nulle pour la moringa, et une action très ciblée, limitée à la seule coque à Gram positif, pour le soja (figure 10).

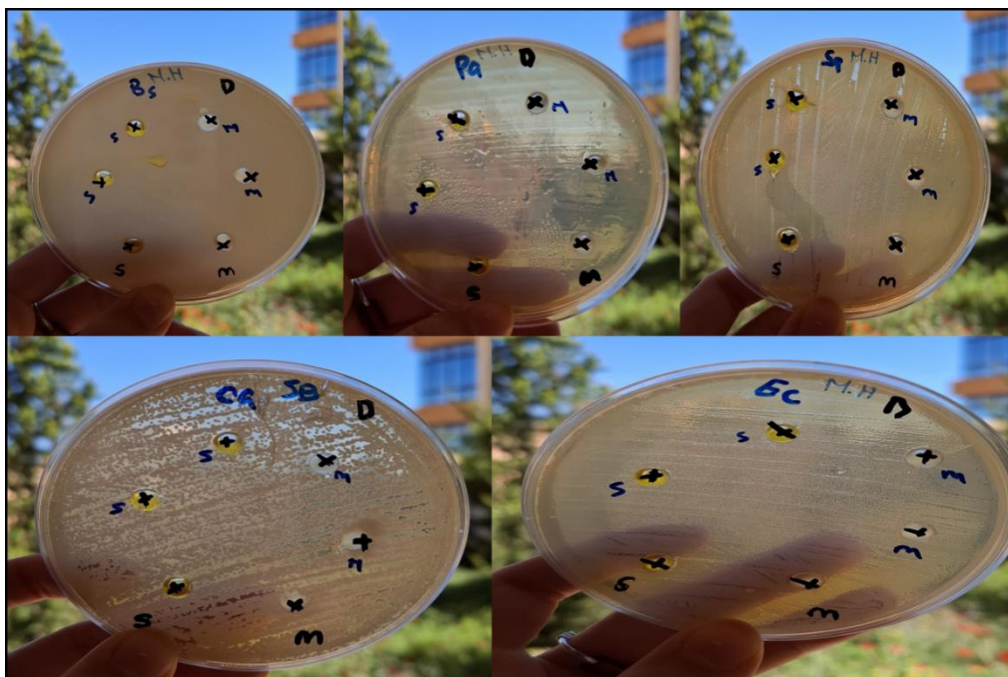


Figure 10 : Évaluation de l'activité antimicrobienne par la méthode des puits.

IV. Crèmes à base des huiles végétales

IV.1. Propriétés organoleptiques des crèmes

L'évaluation des caractéristiques organoleptiques est une étape indispensable qui permet d'apprécier la conformité visuelle et sensorielle des crèmes dès leur fabrication. Le tableau (tableau 14) suivant rassemble les caractéristiques macroscopiques (couleur, aspect et odeur) des quatre crèmes préparées à base d'huile de soja (H.S + BHT et H.S sans BHT) et d'huile de moringa (H.M + BHT et H.M sans BHT) (figure 11 et figure 12).

Tableau 14 : Évaluation des propriétés organoleptiques des quatre crèmes élaborées.

Paramètre	H.S + BHT	H.S sans BHT	H.M + BHT	H.M sans BHT
Couleur	Jaune foncé	Jaune	Blanc (neige)	Blanc cassé
Aspect	Crémeux et gras	Crémeux et gras	Crémeux	Crémeux et gras
Odeur	Prononcée de la lavande	Prononcée de la lavande	Prononcée de la lavande	Prononcée de la lavande



Figure 11: Aspect macroscopique des crèmes élaborées à base d'huile de soja (H.S) avec et sans ajout de BHT.



Figure 12: Aspect macroscopique des crèmes élaborées à base d'huile de moringa (H.M) avec et sans ajout de BHT

IV.2. Le pH (potentiel hydrogène)

Le potentiel hydrogène (pH) est un paramètre critique pour la sécurité des formulations dermo-cosmétiques. Les mesures effectuées sur nos crèmes révèlent des valeurs comprises entre 5 et 6. Ces résultats s'alignent rigoureusement sur le consensus scientifique actuel qui préconise que les produits topiques doivent posséder un pH idéal situé entre 4 et 6 (Lukić et al., 2021).

IV.3. Aspect microscopique de la crème

L'examen microscopique montre que nos crèmes possèdent une structure d'émulsion réussie. Les formulations à base d'huile de moringa, avec ou sans BHT, présentent des gouttelettes fines et très régulières. De la même manière, les crèmes à base d'huile de soja affichent une bonne dispersion de la phase huileuse. Cette homogénéité générale montre que

l'émulsification s'est déroulée avec succès, ce qui permet d'éviter la séparation des phases (figure 13).

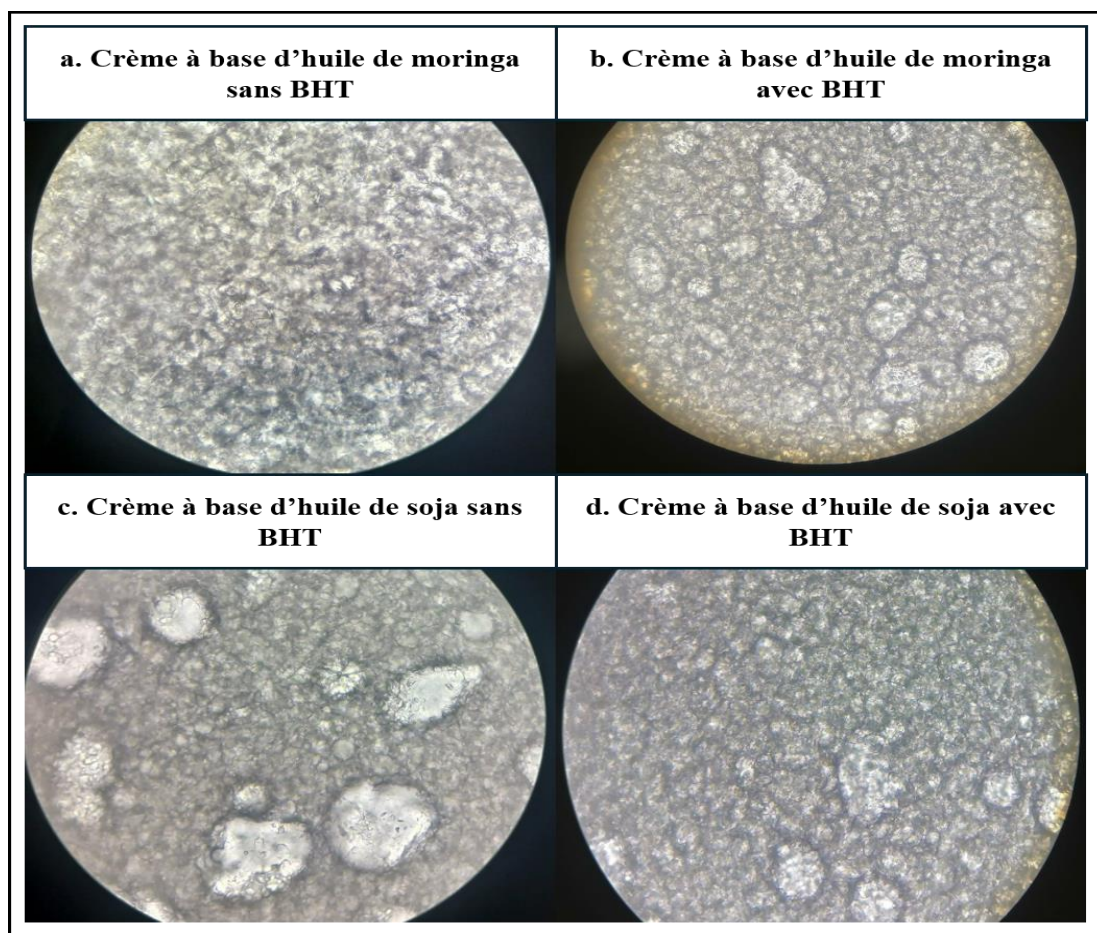


Figure 13 : Observations microscopiques des différentes formulations des crèmes.

IV.4. Test de stabilité de la crème

Les différentes formulations de crèmes cosmétiques ont été soumises au test de résistance à la centrifugation à 3000 rpm pendant 30 minutes. Les résultats montrent que toutes les crèmes résistent parfaitement à la centrifugation et qu'aucun phénomène de séparation de phases n'est observé. Cette absence de déphasage témoigne d'une bonne stabilité physique et d'une cohésion interne réussie pour l'ensemble des préparations (figure 14).



Figure 14 : Évaluation de la stabilité physique des crèmes.

V. Stabilité oxydative au cours du temps

Le suivi sur 60 jours montre que toutes les crèmes sont parfaitement stables. Aucune oxydation n'a été observée. De plus, le pH est resté stable au cours du temps, se maintenant constamment entre 5 et 6 pour l'ensemble des formulations. Par ailleurs, on note également qu'aucune contamination microbiologique n'a été observée (tableau 15).

Tableau 15 : Évaluation de la stabilité oxydative des différentes formulations de crèmes au cours d'un suivi de 60 jours (observation chaque 5 jours).

	Propriétés	H.S + BHT	H.S sans BHT	H.M + BHT	H.M sans BHT
J0 à J60	Couleur	Jaune fonce	Jaune	Blanc (neige)	Blanc cassé
	Aspect	Crémeux grasse	Crémeux grasse	Crémeux	Crémeux grasse
J0 à J15	Odeur	Odeur prononcée de la lavande	Odeur de la lavande	Odeur de la lavande	Odeur de la lavande
J20 à J60					Odeur de la lavande plus prononcée
J0 à J60	pH	5-6	5-6	5-6	5-6

H.S: huile de Soja ; H.M : huile de Moringa

Les résultats consignés dans le Tableau 15 mettent en évidence une stabilité remarquable de toutes les formulations de crèmes testées au cours du suivi de 60 jours. Sur le plan macroscopique, aucun changement significatif n'a été observé concernant la couleur, l'aspect ou le pH qui reste stable entre 5 et 6, une zone idéale pour une application cutanée.

Seule une légère évolution de l'intensité de l'odeur de lavande a été notée à partir de J20 pour la formulation à base d'huile de Moringa sans BHT.

Cette absence quasi-totale de dégradation sur une période de deux mois est un indicateur de premier ordre. Elle démontre la grande qualité et l'efficacité des huiles végétales utilisées comme phase grasse. En effet, chaque huile apporte naturellement ses propres composés antioxydants bénéfiques qui protègent la matrice de l'émulsion contre les phénomènes d'oxydation et de rancissement. Cela maintient ainsi la crème intacte, même dans les formules "sans BHT", confirmant le fort potentiel de ces huiles pour la formulation de produits cosmétiques stables et durables.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'étude menée dans le cadre de ce travail avait pour objectif d'élaborer et d'évaluer la stabilité de crèmes cosmétiques formulées à base de deux huiles végétales d'origine distincte « l'huile de soja et l'huile de moringa », obtenues par extraction à froid, tout en caractérisant leurs propriétés physicochimiques et biologiques en vue d'une éventuelle valorisation en formulation cosmétique. Puis utilisées pour élaborer quatre crèmes : deux à base d'huile de moringa (l'une avec BHT, l'autre sans) et deux à base d'huile de soja (une avec BHT, une sans). Cette approche comparative a permis d'évaluer l'intérêt de chaque huile ainsi que l'effet de l'ajout d'un antioxydant synthétique de référence (BHT).

Les caractérisations physico-chimiques ont fourni des données essentielles à la compréhension du comportement de chaque matière première en formulation. L'huile de moringa présente une densité de 0,881, un indice de réfraction de 1,467, un indice de peroxyde de $25,0 \pm 0,16$ meq O₂/kg, un indice d'acide de $3,6 \pm 0,05$ mg KOH/g et une acidité de 1,82 %. L'huile de soja se caractérise quant à elle par une densité de 0,917, un indice de réfraction de 1,469, un indice de peroxyde de $14,8 \pm 0,17$ meq O₂/kg, un indice d'acide de $3,7 \pm 0,12$ mg KOH/g et une acidité de 1,84 %. Les valeurs obtenues pour les indices d'acide et d'acidité témoignent d'une teneur modérée en acides gras libres, compatible avec une utilisation en formulation cosmétique. En revanche, les indices de peroxyde observés traduisent une sensibilité des deux huiles aux phénomènes d'oxydation, particulièrement marquée pour l'huile de moringa. Ces résultats justifient l'intérêt de l'incorporation d'un antioxydant tel que le BHT afin d'améliorer la stabilité oxydative des formulations au cours du stockage.

L'évaluation des activités biologiques a permis de mettre en évidence des profils fonctionnels distincts pour chacune des huiles étudiées. Concernant l'activité antioxydante, l'huile de soja a présenté une activité antiradicalaire mesurable par le test DPPH, avec une valeur d'IC₅₀ de 5,46 µl/mL, traduisant une capacité modérée à neutraliser les radicaux libres. À l'inverse, l'huile de moringa n'a pas permis d'atteindre une inhibition de 50 % du radical DPPH dans les conditions expérimentales retenues, indiquant une activité antioxydante relativement faible. Cette différence pourrait être attribuée à plusieurs facteurs, notamment les conditions environnementales, le stade de maturité des graines ou encore le procédé d'extraction, qui influencent la teneur en composés bioactifs.

En ce qui concerne le potentiel photoprotecteur, les valeurs de SPF déterminées à la concentration de 0,04 g/mL sont respectivement de 2,24 pour l'huile de moringa et de 4,59

pour l'huile de soja. Ces résultats demeurent inférieurs au seuil minimal correspondant à une faible protection solaire (SPF compris entre 6 et 9,9) selon les recommandations européennes, limitant ainsi leur utilisation comme agents photoprotecteurs principaux.

L'étude de l'activité antimicrobienne a montré que les huiles végétales testées possèdent une activité inhibitrice limitée mais réelle vis-à-vis de certaines souches microbiennes. Les résultats obtenus mettent en évidence une efficacité variable selon les microorganismes étudiés et la méthode d'évaluation utilisée. Bien que l'activité observée reste globalement modérée, ces résultats suggèrent l'existence d'un potentiel antimicrobien pouvant être optimisé par l'ajustement des concentrations ou l'association avec d'autres substances naturelles bioactives.

L'évaluation des crèmes élaborées a fourni des résultats particulièrement satisfaisants. Les mesures de pH ont révélé des valeurs comprises entre 5 et 6 pour l'ensemble des formulations, ce qui correspond à l'intervalle physiologique de la peau et garantit une bonne tolérance cutanée. L'examen microscopique a confirmé la réussite de l'émulsification, avec des gouttelettes fines et uniformément réparties au sein de la phase continue, traduisant une bonne homogénéité des préparations. Le test de centrifugation n'a révélé aucune séparation de phases, confirmant la stabilité physique des émulsions. Enfin, le suivi de stabilité réalisé pendant 30 jours à température ambiante a mis en évidence une excellente stabilité physicochimique, oxydative et microbiologique des formulations, sans modification notable de l'aspect, de l'odeur ou du pH.

En conclusion, ce travail a permis de caractériser les propriétés physicochimiques et biologiques de deux huiles végétales et de développer des formulations cosmétiques stables, homogènes et compatibles avec les exigences de la dermo-cosmétique moderne. Bien que les activités antioxydante et photoprotectrice des huiles étudiées demeurent modestes, leur bonne qualité physicochimique, leur stabilité en formulation et leur activité antimicrobienne sélective constituent des atouts intéressants pour leur valorisation dans le domaine cosmétique. Des perspectives de recherche pourraient porter sur l'optimisation des formulations, l'association avec d'autres actifs naturels, l'étude approfondie des propriétés sensorielles ainsi que l'évaluation de l'innocuité et de l'efficacité dermatologique des produits développés, en vue d'une éventuelle valorisation industrielle.

Références bibliographiques

Abdulkarim, S. M., Long, K., Lai, O. M., Muhammad, S. K. S., & Ghazali, H. M. (2005). Some physico-chemical properties of Moringa oleifera seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. Food Chemistry, 93(2), 253-263. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.09.023>

Abidi, S., Zaidi, A., Azhar, I., Sultan, R., & Mahmood, Z. (2019). Assessment of Rose Water and Evaluation of Antioxidant and Anti-inflammatory Properties of a Rose Water Based Cream Formulation. International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 11(1), 43-48.

Ahmed, I., Chatha, S. A. S., Iftikhar, N., Farooq, M. F., Zulfiqar, H., Ali, S., Hussain, S. M., Alshehri, M. A., Al-Ghanim, K. A., & Hussain, A. I. (2024). Nutritional quality of selected commercially available seed oils and effect of storage conditions on their oxidative stability. PLoS ONE, 19(10), e0308117. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0308117>

Andersson, A.-C., & Alander, J. (2015). Shea butter extract for bioactive skin care. Cosmetics & Toiletries, 130(5), 18-24.

Athikomkulchai, S., Tunit, P., Tadtong, S., Jantrawut, P., Sommano, S. R., & Chittasupho, C. (2021). Moringa oleifera seed oil formulation physical stability and chemical constituents for enhancing skin hydration and antioxidant activity. Cosmetics, 8(1), Article 2. <https://doi.org/10.3390/cosmetics8010002>

Atoui, A. K., Mansouri, A., Boskou, G., & Kefalas, P. (2005). Tea and herbal infusions: Their antioxidant activity and phenolic profile. Food Chemistry, 89(1), 27–36.

Bodjolle-D’Almeida, Lolita. (2018). Intérêt des plantes issues de la biodiversité brésilienne et africaine dans les soins capillaires Université d’Aix-Marseille –Faculté de Pharmacie p 15.

Boubekour, S., & Maaziz, N. (2023). Élaboration et évaluation de la stabilité des huiles végétales [Mémoire de fin d'études, Algérie].

Boucekif, M. (1991). Evolution quantitative et qualitative de l’huile d’olive au cours de la maturation et du stockage [Thèse d’ingénieur d’État]. Institut National Agronomique, El Harrach.

Brand-Willims, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C.(1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 28, 25–30.

CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute). (2010). Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard. Eighth Edition. Pennsylvania, USA.

Commission européenne. (2006). Recommandation de la Commission du 22 septembre 2006 relative à l'efficacité des produits de protection solaire et aux allégations les concernant (2006/647/CE). *Journal officiel de l'Union européenne*, L 265, 39–43.

Delić, I., Matoša Kočar, M., Jukić, G., Varnica, I., & Španić, V.(2026). Biological Activities of Soybean (*Glycine max* L.) Oil and Its Bioactive Constituents: A Focus on Volatile Fractions and Functional Potential. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 95, 1-16. <http://doi.org/10.32604/phyton.2026.077597>

Dréno, B. (2009). Anatomie et physiologie de la peau et de ses annexes. *Annales de Dermatologie et de Vénéréologie*, 136, S247-S251. *Espectrofotometria*.

Eccleston, G. M. (1997). Functions of mixed emulsifiers and emulsifying waxes in dermatological lotions and creams. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 123-124, 169–182.

Escalante-Valdez, M. J., Guardado-Félix, D., Serna-Saldívar, S. O., Barrera-Arellano, D., & Chuck-Hernández, C.(2019). Effects of post anthesis foliar application of sodium selenite to soybeans (*Glycine max*): Lipid composition and oil stability. *Biomolecules*, 9(12), 772. <https://doi.org/10.3390/biom9120772>

Fu, X., Su, J., Hou, L., Zhu, P., Hou, Y., Zhang, K., Li, H., Liu, X., Jia, C., & Xu, J. (2021). Physicochemical and thermal characteristics of *Moringa oleifera* seed oil. *Advanced Composites and Hybrid Materials*, 4, 685–695.

Garcia Mendoza, M. D. P.(2020). Enrichissement d'huiles végétales par des antioxydants de type phenolique en vue d'applications alimentaires (Doctoral dissertation, Bordeaux).

Ghazali, H. M., & Abdulkarim, S. M.(2011). Moringa oleifera seed oil: Composition, nutritional aspects and health attributes. In V. R. Preedy, R. R. Watson, & V. B. Patel (Eds.), Nuts and seeds in health and disease prevention (Chapter 93). Elsevier Life Sciences.

Gunstone, F. D.(2011). Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses. Wiley-Blackwell.

Hazzit, M., Baaliouamer, A., Veríssimo, A. R., Faleiro, M. L., & Miguel, M. G.(2009). Chemical composition and biological activities of Algerian Thymus oils. Food chemistry, 116(3), 714-721.

Hellal.(2011). Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus : Application sur la sardine (Sardina pilchardus). Mémoire de magister. "Biochimie appliquée et Biotechnologies". Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, p. 16-17.

ISO. (2021). ISO 10523:2021 – Water quality — Determination of pH.

Janaki, S.(2015). Sensory Properties of Cold Press Moringa Oil. International Journal of Science and Research (IJSR), 4(12), 64-66. <https://www.ijsr.net>

Kosari, P., Alikhan, A., Sockolov, M., & Feldman, S. R.(2010). Vitamin E and allergic contact dermatitis. Dermatitis, 21(3), 148–153.

Lachman, L., & Lieberman, H. A. (1986). The theory and practice of industrial pharmacy (3rd ed.). Lea &Febiger.

Lalas, S., &Tsaknis, J.(2002). Characterization of Moringa oleifera Seed Oil Variety "Periyakulam 1". Journal of Food Composition and Analysis, 15(1), 65–77. <https://doi.org/10.1006/jfca.2001.1042>

Lin, T.-K., Zhong, L., & Santiago, J. L. (2018). Anti-inflammatory and skin barrier repair effects of topical application of some plant oils. International Journal of Molecular Sciences, 19(1), Article 70. <https://doi.org/10.3390/ijms19010070>

Lukić, M., Pantelić, I., & Savić, S. D. (2021). Towards Optimal pH of the Skin and Topical Formulations: From the Current State of the Art to Tailored Products. Cosmetics, 8(3), 69. <https://doi.org/10.3390/cosmetics8030069>

Mansur, J. S., Breder, M. N. R., Mansur, M. C. A., & Azulay, R. D. (1986).Détermination du facteur de protection solaire par spectrophotométrie. *AnaisBrasileiros de Dermatologia*, 61, 121–124.

Martini, Marie C.(2011). Introduction à la dermopharmacie et à la cosmétologie : définition du produit cosmétique et du produit hygiène, 3eme édition, Cachan, p477.

Mempel, M., Voelcker, V., Kollisch, G., Plank, C., Rad, R., & Gerhard, M.(2003).Expression des récepteurs de type Toll dans les kératinocytes humains : activation génique contrôlée par le facteur nucléaire kappaB par *Staphylococcus aureus* est dépendante du récepteur de type Toll 2 mais pas du récepteur de type Toll 4 ou du récepteur du facteur d'activation plaquettaire. *Journal of Investigative Dermatology*, 121, 1389-1390.

Muggli, R.(2005). Systemic evening primrose oil improves the biophysical skin parameters of healthy adults. *International Journal of Cosmetic Science*, 27(4), 243–249. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2494.2005.00203.x>

NCCLS “National Committee for Clinical Laboratory Standards”.(2001). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing: eleventh informational supplement, M100- S11, Wayne, PA, USA.

Nong, Y., Maloh, J., Natarelli, N., Gunt, H. B., Tristani, E., &Sivamani, R. K. (2023).A review of the use of beeswax in skincare. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 22(8), 2166–2173. <https://doi.org/10.1111/jocd.15718>

Nouredдини, H., Teoh, B. C., & Clements, L. D.(1992). Densities of vegetable oils and fatty acids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69(12), 1184-1188. <https://doi.org/10.1007/BF02637677>

Nouri, M. (2022). Intoxications par les produits cosmétiques (Thèse de doctorat, Université Mohammed V de Rabat, Faculté de Médecine et de Pharmacie).

Ogunsina, B. S., Indira, T. N., Bhatnagar, A. S., Radha, C., Debnath, S., &Gopala Krishna, A. G.(2011).Quality characteristics and stability of *Moringa oleifera* seed oil of Indian origin. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0519-5>

Rahal, A. (2005). Standardisation de l’antibiogramme en médecine humaine à l’échelle nationale.4ème édition, Alger. Édition, CAST (European Committee for Antimicrobial

Susceptibility Testing). 2003. of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (Eucmid).

Sayre, R. M., Agin, P. P., LeVee, G. J., & Marlowe, E. (1979). A comparison of in vivo and in vitro testing of suncreening formulas. *Photochemistry and Photobiology*, 29, 559–566.

Simon, M., & Reynier, M. (2016). L'épiderme, une barrière sur tous les fronts [Internet]. *Biologie de la Peau*. Disponible sur : <https://biologiedelapeau.fr/spip.php?article84>.

Suryadevara, V., Doppalapudi, S., Sasidhar Reddivallam, L. C., Anne, R., & Mudda, M. (2018). Formulation and evaluation of anti-inflammatory cream by using *Moringa oleifera* seed oil. *Pharmacognosy Research*, 10(2), 195–204. https://doi.org/10.4103/pr.pr_101_17

Tadros, T. (2013). Emulsion formation and stability. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Tsaknis, J., Lalas, S., Gergis, V., Dourtoglou, V., & Spiliotis, V. (1999). Characterisation of *Moringa oleifera* Variety Mbololo Seed Oil of Kenya. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(11), 4495–4499. <https://doi.org/10.1021/jf9904214>

Vaitilingom, G. (2007). Extraction, conditionnement et utilisation des huiles végétales pures carburant. Enjeux et perspectives des biocarburants pour l'Afrique. Montpellier, France, octobre 2007.

ملخص :

تُستخدم الزيوت النباتية على نطاق واسع في مستحضرات التجميل بفضل خصائصها المرطبة والوقائية. ومع ذلك، فإن ثرائها بالأحماض الدهنية غير المشبعة يجعلها عرضة للأكسدة، مما قد يؤثر على جودة واستقرار تركيبات مستحضرات التجميل. وفي هذا السياق، ركز هذا العمل على تطوير وتقييم الاستقرار التأكسدي للكريمات التجميلية المعتمدة على زيت فول الصويا (*Glycine max L.*) وزيت المورينجا (*Moringa oleifera*). تمثلت الدراسة في توصيف الخواص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لكلا الزيتين، ثم تطوير أربع تركيبات من الكريمات: اثنتان تعتمدان على زيت فول الصويا واثنتان تعتمدان على زيت المورينجا، مع أو بدون إضافة بوتيل هيدروكسي تولوين (BHT). تتعلق التحليلات الفيزيائية والكيميائية بتحديد الكثافة ومعامل الانكسار ومؤشر الحمض والحموضة ومؤشر البيروكسيد. تم تقييم الأنشطة البيولوجية من خلال اختبارات مضادات الأكسدة (DPPH) والحماية من الضوء (SPF) ومضادات الميكروبات. تم بعد ذلك إخضاع الكريمات المصنعة لمراقبة الجودة بما في ذلك قياس الرقم الهيدروجيني والمراقبة المجهرية واختبار الطرد المركزي ومراقبة الاستقرار لمدة 60 يوماً. وأظهرت النتائج أن كلا الزيتين يتمتعان بخصائص فيزيائية وكيميائية متوافقة مع الاستخدام التجميلي. أظهر زيت فول الصويا نشاطاً مضاداً للأكسدة معتدلاً ($CI\ 50 = 5.46$ ميكرومول/مل)، بينما أظهر زيت المورينجا نشاطاً أقل. قيم عامل الحماية من الشمس التي تم الحصول عليها هي 2.24 لزيت المورينجا و 4.59 لزيت فول الصويا على التوالي. وظلت القيم أقل من عتبة الحماية المنخفضة من الشمس. وكان النشاط المضاد للميكروبات الذي تم ملاحظته محدوداً، ولكنه متغير اعتماداً على السلالات التي تم اختبارها. وأظهرت التركيبات المطورة درجة حموضة متوافقة مع درجة حموضة الجلد، وتجانساً جيداً، فضلاً عن استقرار فيزيائي وأكسدي وميكروبيولوجي ممتاز خلال فترة الدراسة. وفي الختام، تعتبر زيوت فول الصويا والمورينجا مواد خام مثيرة للاهتمام لتطوير مستحضرات التجميل الطبيعية. وقد أظهرت الكريمات المصنعة ثباتاً جيداً وخصائص تنكيف مع تطبيقات مستحضرات التجميل الجلدية.

الكلمات المفتاحية: زيت فول الصويا، زيت المورينجا، كريم تجميلي، استقرار الأكسدة، نشاط مضاد للأكسدة، نشاط مضاد للميكروبات، عامل حماية من الشمس.

Résumé

Les huiles végétales sont largement utilisées en cosmétique grâce à leurs propriétés émollientes, hydratantes et protectrices. Toutefois, leur richesse en acides gras insaturés les rend sensibles à l'oxydation, ce qui peut affecter la qualité et la stabilité des formulations cosmétiques. Dans ce contexte, ce travail a porté sur l'élaboration et l'évaluation de la stabilité oxydative de crèmes cosmétiques à base d'huile de soja (*Glycine max L.*) et d'huile de moringa (*Moringa oleifera*). L'étude a consisté à caractériser les propriétés physicochimiques et biologiques des deux huiles, puis à développer quatre formulations de crèmes : deux à base d'huile de soja et deux à base d'huile de moringa, avec et sans ajout de butylhydroxytoluène (BHT). Les analyses physicochimiques ont porté sur la détermination de la densité, de l'indice de réfraction, de l'indice d'acide, de l'acidité et de l'indice de peroxyde. Les activités biologiques ont été évaluées à travers les tests antioxydants (DPPH), photoprotecteurs (SPF) et antimicrobiens. Les crèmes élaborées ont ensuite été soumises à un contrôle de qualité comprenant la mesure du pH, l'observation microscopique, le test de centrifugation et un suivi de stabilité pendant 60 jours. Les résultats ont montré que les deux huiles présentent des caractéristiques physicochimiques compatibles avec une utilisation cosmétique. L'huile de soja a révélé une activité antioxydante modérée ($IC_{50} = 5,46\ \mu\text{L/mL}$), tandis que l'huile de moringa a présenté une activité plus faible. Les valeurs de SPF obtenues sont respectivement de 2,24 pour l'huile de moringa et de 4,59 pour l'huile de soja. Les valeurs sont restées inférieures au seuil d'une faible protection solaire. L'activité antimicrobienne observée s'est révélée limitée mais variable selon les souches testées. Les formulations développées ont présenté un pH compatible avec celui de la peau, une bonne homogénéité, ainsi qu'une excellente stabilité physique, oxydative et microbiologique durant la période d'étude. En conclusion, les huiles de soja et de moringa constituent des matières premières intéressantes pour le développement de produits cosmétiques naturels. Les crèmes élaborées ont démontré une bonne stabilité et des propriétés adaptées à une application dermo-cosmétique.

Mots-clés : huile de soja, huile de moringa, crème cosmétique, stabilité oxydative, activité antioxydante, activité antimicrobienne, SPF.

Summary:

Vegetable oils are widely used in cosmetics thanks to their emollient, moisturising, and protective properties. However, their richness in unsaturated fatty acids makes them susceptible to oxidation, which can affect the quality and stability of cosmetic formulations. In this context, this work focused on the development and evaluation of the oxidative stability of cosmetic creams based on soybean oil (*Glycine max L.*) and moringa oil (*Moringa oleifera*). The study consisted in characterizing the physicochemical and biological properties of both oils, then developing four formulations of creams: two based on soybean oil and two based on moringa oil, with and without the addition of butylated hydroxytoluene (BHT). The physicochemical analyses concerned the determination of density, refractive index, acid index, acidity and peroxide index. Biological activities were evaluated through antioxidant (DPPH), photoprotective (SPF) and antimicrobial tests. The elaborated creams were then subjected to a quality control including pH measurement, microscopic observation, centrifugation test and stability monitoring for 60 days. The results showed that both oils have physicochemical characteristics compatible with cosmetic use. Soybean oil showed moderate antioxidant activity ($CI\ 50 = 5.46\ \mu\text{L/mL}$), while moringa oil showed lower activity. The antimicrobial activity observed was limited but variable depending on the strains tested. The developed formulations showed a pH compatible with that of the skin, a good homogeneity, as well as an excellent physical, oxidative and microbiological stability during the study period. In conclusion, soybean and moringa oils are interesting raw materials for the development of natural cosmetics. The elaborated creams have demonstrated good stability and properties adapted to a dermo-cosmetic application.

Keywords: soybean oil, moringa oil, cosmetic cream, oxidative stability, antioxidant activity, antimicrobial activity, SPF.