



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE Ministère de
l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université ABOUBEKR BELKAID Tlemcen

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de Biologie



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Domaine : SNV

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie

Thème

Étude de l'influence des huiles végétales sur la stabilité d'une crème cosmétique

Présenté par :

Hachemi Merwa

Soutenu le, 24/06/2026 devant le jury composé de :

Pr. BOUCHERIT OTMANI Zahia	Présidente	Pr à l'Université de Tlemcen
Dr. MEZOUAR Dounia	Examinatrice	MCA à l'Université de Tlemcen
Pr. CHAOUICHE - HADDOUCHI Farah	Encadrante	Pr à l'Université de Tlemcen

Année universitaire 2025 – 2026

Remerciements

Tout d'abord, je remercie Allah, le Tout-Puissant, pour Sa grâce et Son soutien. Sans Son aide, je n'aurais pas pu mener à bien et achever ce travail.

Mes remerciements les plus sincères vont également à mon encadrante **Pr CHAOUCHE-HADDOUCHI Farah**, Professeur au département de Biologie, Faculté SNV-STU, Université de Tlemcen, pour sa patience, son accompagnement, ses conseils avisés et tout le temps qu'elle m'a consacré. Sa gentillesse, son écoute et ses encouragements ont grandement contribué à la réalisation de ce mémoire. Que Dieu la bénisse, lui accorde santé et bonheur, et protège sa famille.

J'adresse mes plus sincères remerciements au **Pr BOUCHERIT OTMANI Zahia**, Professeur au département de Biologie, Faculté SNV-STU, Université de Tlemcen, pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant de présider le jury de ma soutenance, ainsi que pour l'attention qu'elle a portée à l'évaluation de ce travail et le temps précieux qu'elle y a consacré.

Je tiens à remercier chaleureusement **Dr. MEZOUAR Dounia**, Maître de conférences « A » au département de Biologie, Faculté SNV-STU, Université de Tlemcen, pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant d'examiner ce travail et pour l'intérêt qu'elle lui a accordé.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **Mlle Debbal Meknassia** et **Mme Bouchenafa Ismahane**, doctorantes à l'Université de Tlemcen, pour leur aide précieuse, leur disponibilité constante, leur bienveillance et leurs conseils avisés.

Je tiens également à remercier **Mme Zerhouni Khadidja**, enseignante en microbiologie, pour son accompagnement, sa disponibilité et son accueil chaleureux au laboratoire. Son soutien et sa bienveillance ont grandement contribué au bon déroulement des travaux pratiques.

Je tiens enfin à remercier l'**ingénieure** de laboratoire 1 de biochimie, pour sa disponibilité, son accueil chaleureux et son aide précieuse au laboratoire.

Dédicaces

À celui qui a quitté ce monde mais qui demeure à jamais vivant dans mon cœur, à la mémoire pure de **mon grand-père**, mon premier enseignant et mon modèle dans la vie. C'est lui qui a semé en moi l'amour du savoir, du travail et de la persévérance. Je lui dédie cette réussite en témoignage de ma profonde gratitude pour tout ce qu'il m'a apporté, et je continuerai à suivre son exemple tout au long de ma vie.

À **mon cher père**, qui n'a souhaité pour moi que l'excellence et la réussite, qui a toujours été mon soutien indéfectible, mon premier appui et ma source de force.

À **ma chère mère**, qui m'a offert un amour inconditionnel et dont les prières sincères m'ont accompagné à chaque étape de mon parcours.

À **ma chère grand-mère**, que Dieu lui accorde une longue vie ainsi qu'une santé durable. Merci pour ton affection, ta bienveillance et tes prières qui nous apportent réconfort et sérénité.

À **mon frère**, à **mes sœurs** et à **mes oncles maternels**, qui ont été mon soutien et ma fierté, et qui ne m'ont jamais refusé leur aide, leurs encouragements et leur présence.

À **mon cher oncle**, que Dieu lui accorde guérison et longue vie, pour ses paroles réconfortantes, son soutien constant et ses précieuses prières.

À **mes chères amies** et compagnes de route, qui ont transformé les difficultés des études en souvenirs inoubliables et les moments de pression en instants de joie et de partage.

À mes estimés **enseignants**, qui m'ont généreusement transmis leur savoir et leurs précieux conseils tout au long de mon parcours scolaire et universitaire. Vous avez été pour moi des modèles exemplaires et des guides éclairant mon chemin.

À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, j'exprime ma profonde reconnaissance et je dédie ce modeste accomplissement.

ملخص

في ظلّ تزايد المخاوف بشأن المواد الحافظة التقليدية، تكتسب الزيوت النباتية اهتمامًا متزايدًا في مجال مستحضرات التجميل، بفضل خصائصها الطبيعية وإمكاناتها متعددة الفوائد. وفي هذا الإطار، هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الخصائص الحسية والفيزيائية والكيميائية والحيوية والواقية من الأشعة فوق البنفسجية لثلاثة زيوت نباتية مستخلصة بالعصر على البارد، وهي: زيت بذور الجوجوبا، وزيت بذور الجرجير، وزيت بذور الرمان.

أظهرت نتائج الدراسة أن زيتي الجوجوبا والجرجير يتمتعان بجودة جيدة ويستوفيان المعايير المطلوبة للاستخدام في مستحضرات التجميل. في المقابل، أظهر زيت بذور الرمان علامات أكسدة رغم امتلاكه نشاطًا مضادًا للأكسدة متميزًا (CI50 1.430 ± 0.018 ملغ/مل)، إضافة إلى فعالية عالية في الحماية من الأشعة فوق البنفسجية (عامل الحماية من الشمس SPF 26 =، وهي أعلى من تلك المسجلة لزيتي الجوجوبا والجرجير. واستنادًا إلى هذه النتائج، تم اختيار زيت الجوجوبا كعامل مُهيكل، وزيت الجرجير كمكوّن فعّال في تركيب الكريمات.

وأظهر تقييم الثبات أن الصيغة F2، التي تحتوي على زيتي الجوجوبا والجرجير، حافظت على خصائصها الجيدة وظلت مستقرة لمدة 60 يومًا دون إضافة أي مواد حافظة، على عكس الصيغة F1 التي تحتوي على زيت الجوجوبا فقط، والتي ظهرت فيها أعفان بعد 20 يومًا. كما كانت درجة ثبات الصيغة F2 مماثلة لثبات الصيغة F3 التي تحتوي على مواد حافظة مضادة للميكروبات ومضادات للأكسدة.

وتبرز هذه النتائج أهمية الجمع بين زيتي الجوجوبا والجرجير في تطوير مستحضرات تجميل طبيعية مستقرة وعالية الجودة، دون الحاجة إلى استخدام المواد الحافظة.

الكلمات المفتاحية: الزيوت النباتية، مراقبة الجودة، مستحضرات التجميل، الكريمات، الثبات، النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للميكروبات.

Résumé

Devant les inquiétudes croissantes au sujet des conservateurs conventionnels, les huiles végétales suscitent un intérêt croissant dans le domaine cosmétique, grâce à leurs propriétés naturelles et à leur potentiel d'action multiple. Dans ce cadre, l'étude a consisté à évaluer les propriétés organoleptiques, physico-chimiques, biologiques et photoprotectrices de trois huiles végétales obtenues par pression à froid : l'huile des graines de jojoba, l'huile des graines de roquette et l'huile de pépins de grenade.

Les huiles de jojoba et de roquette présentaient une qualité satisfaisante et répondaient aux critères requis pour une utilisation cosmétique. En revanche, l'huile de pépins de grenade a montré des signes d'oxydation malgré ses remarquables activités antioxydante ($CI_{50} = 1,430 \pm 0,018$ mg/ml) et photoprotectrice ($FPS = 26$), supérieures à celles des huiles de jojoba et de roquette. À partir de ces résultats, nous avons choisi l'huile de jojoba comme agent structurant et l'huile de roquette comme ingrédient actif pour la formulation des crèmes.

L'évaluation de la stabilité a montré que la formulation F2 contenant les huiles de jojoba et de roquette conservait de bonnes performances et restait stable pendant 60 jours sans ajout de conservateur, contrairement à la crème F1 contenant seulement l'huile de jojoba, qui avait présenté des moisissures après 20 jours. La stabilité de F2 est comparable à celle de la crème contenant des conservateurs antimicrobiens et des antioxydants F3.

Ces résultats soulignent l'intérêt de combiner ces deux huiles pour développer des formulations cosmétiques naturelles stables et de bonne qualité sans l'utilisation de conservateurs.

Mots-clés : huiles végétales, contrôle de qualité, cosmétiques, crèmes, stabilité antioxydante et antimicrobienne.

Abstract

In light of growing concerns about conventional preservatives, vegetable oils are attracting increasing interest in the cosmetics industry, thanks to their natural properties and potential for multiple benefits. This study evaluated the organoleptic, physicochemical, biological, and photoprotective properties of three cold-pressed vegetable oils: jojoba seed oil, rocket seed oil, and pomegranate seed oil.

Jojoba and rocket oils were of satisfactory quality and met the criteria required for cosmetic use. However, pomegranate seed oil showed signs of oxidation despite its remarkable antioxidant ($IC_{50} = 1,430 \pm 0,018$ mg/ml) and photoprotective (SPF = 26) activities, which were superior to those of jojoba and rocket oils. Based on these results, we selected jojoba oil as a structuring agent and rocket oil as the active ingredient for the cream formulation.

Stability testing showed that formulation F2, containing jojoba and rocket oils, performed well and remained stable for 60 days without the addition of preservatives, unlike cream F1, containing only jojoba oil, which developed mold after 20 days. The stability of F2 is comparable to that of cream F3, which contains antimicrobial preservatives and antioxidants.

These results highlight the potential of combining these two oils to develop stable, high-quality natural cosmetic formulations without the use of preservatives.

Keywords: vegetable oils, quality control, cosmetics, creams, antioxidant and antimicrobial stability

Liste des figures

Figure 1 : La représentation d'une émulsion avec un émulsifiant.....	3
Figure 2: Les deux types d'émulsions simples	4
Figure 3: Les deux types d'émulsions multiples	5
Figure 4: Types d'instabilités des émulsions	12
Figure 5 : Voies d'oxydation des acides gras insaturés	13
Figure 6 : Composants mineurs des huiles végétales.	19
Figure 7: Diagramme des étapes de fabrication de la crème cosmétique	38
Figure 8 : Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des concentrations de l'huile du jojoba.	45
Figure 9 : Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des concentrations de l'huile de la roquette.	46
Figure 10: Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des concentrations de l'huile de grenade.	46
Figure 11 : Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des concentrations de BHT.	47

Liste des photos

Photo 1 : Réfractomètre.	30
Photo 2 : Test DPPH de l'huile de grenade et de roquette.	48
Photo 3 : Diffusion de l'huile de roquette étudiée en boîte de Petri (méthode des puits).	50
Photo 4 : Observation microscopique des trois formulations au microscope optique ($\times 40$).	55
Photo 5 : Centrifugation des trois formulations à 3000 rpm pendant 30 min.	56
Photo 6 : Suivi visuel des formulations de crème au cours de la période de conservation.	58

Liste des tableaux

Tableau 1: Facteurs affectant la formulation des émulsions	6
Tableau 2: Principales caractéristiques botaniques des plantes étudiées	21
Tableau 3: Composition et caractéristiques de l'huile jojoba rapportées dans la littérature	22
Tableau 4: Composition de l'huile des graines de la roquette rapportées dans la littérature	23
Tableau 5: Propriétés organoleptiques et physico-chimiques de l'huile des graines de la roquette rapportées dans la littérature	24
Tableau 6 : Propriétés organoleptiques et physico-chimiques de l'huile des graines de grenade rapportées dans la littérature	25
Tableau 7: Composition de l'huile de grenade rapportées dans la littérature	26
Tableau 8: Activité antioxydante des trois huiles végétales étudiées	26
Tableau 9: Activité antimicrobienne des trois huiles végétales étudiées	27
Tableau 10: Potentiel photoprotecteur des trois huiles végétales étudiées	28
Tableau 11: Les souches testées	35
Tableau 12: Valeurs d'EE (λ) $\times$ I (λ).	37
Tableau 13: Ingrédients des crèmes et leurs rôles	39
Tableau 14: Résultats des analyses organoleptiques, physiques et chimiques des huiles végétales étudiées	42
Tableau 15: Les valeurs de CI50 des huiles végétales étudiées et BHT.	47
Tableau 16 : Activité antimicrobienne des huiles végétales par la méthode de diffusion sur disque.	49
Tableau 17 : Activité antimicrobienne des huiles végétales par la méthode des puits.	50
Tableau 18 : Résultats du FPS en fonction de la concentration des huiles.	51
Tableau 19 : Catégories de protection affichées sur les produits solaires en fonction des facteurs de protection mesurés.	52
Tableau 20 : Propriétés organoleptiques des crèmes formulées.	54
Tableau 21 : Étude de la stabilité des crèmes F1, F2 et F3.	57

Table des matières

ملخص

Résumé

Abstract

Liste des figures

Liste des photos

Liste des tableaux

Introduction générale

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les émulsions cosmétiques

1. Définition de l'émulsion	3
2. Composition de l'émulsion	3
2.1. La phase hydrophile	3
2.2. La phase lipophile	3
2.3. Émulsifiant	4
3. Types d'émulsions	4
3.1. Émulsions simples	4
3.1.1. Émulsions Huile dans Eau (L/H)	4
3.1.2. Émulsions Eau dans Huile (H/L)	4
3.2. Émulsions multiples	4
3.2.1. Émulsion (H/L/H)	5
3.2.2. Émulsion (L/H/L)	5
4. Formulation de l'émulsion	5
4.1. Facteurs influents	5
4.2. Procédé de formulation de l'émulsion	6
4.2.1. Procédé continu	8
5. Applications et classification des émulsions cosmétiques	8
6. Limites d'émulsions cosmétiques	9

Chapitre II : Stabilisation des émulsions cosmétiques

1. Définition de la stabilité des émulsions cosmétiques	11
2. Phénomène d'instabilité	11
2.1. Instabilité physique	11
2.2. Instabilité chimique	12
2.3. Instabilité microbiologique	13
3. Stratégies de stabilisation	13
3.1. Stabilisation physique	13
3.2. Stabilisation chimique	14
3.3. Stabilisation microbiologique	14
4. Alternatives aux conservateurs synthétiques	14

Chapitre III : Stabilisation par des huiles végétales

1. Définition des huiles végétales	16
2. Extraction des huiles végétales	16
2.1. Extraction mécanique à froid	16
2.2. Extraction mécanique « industrielle », à chaud	16
2.3. Extraction par un solvant	16
3. Composition des huiles végétales	17
3.1. Les triglycérides	17
3.2. Les composés mineurs	17
3.2.1. Mono- et Di-glycérides	17
3.2.2. Phospholipids	17
3.2.3. Acides gras libres	18
3.2.4. Stérols	18
3.2.5. Tocophérols et tocotriénols	18
3.2.6. Eau	18
3.3. Autres composés mineurs	18
4. Composés antioxydants des huiles végétales	19
5. Composés antimicrobiens des huiles végétales	20
6. Les huiles étudiées	20
6.1. Plantes sources des huiles étudiées	20
6.2.2. Huile de roquette	23
6.2.3. Huile de grenade	24

6.3.	Activité antioxydante des huiles étudiées	25
6.4.	Activité antimicrobienne des huiles étudiées	27
6.5.	Potentiel photoprotecteur	28

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

1.	Obtention des huiles végétales	29
2.	Propriétés organoleptiques et physiques	29
2.1.	Propriétés organoleptiques	29
2.2.	Propriétés physiques	29
2.2.1.	La densité apparente	29
2.2.2.	Indice de réfraction	30
2.2.3.	Analyse spectrophotométrique dans l'ultraviolet pour les huiles végétales	31
3.	Propriétés chimiques	31
3.1.	Indice d'acide	31
3.2.	Acidité (%)	32
3.3.	Indice de peroxyde (IP)	33
4.	Les activités biologiques des huiles	33
4.1.	Piégeage du radical DPPH	33
4.2.	Détermination de l'activité antimicrobienne	34
4.2.1.	Méthode de diffusion en disque	35
4.2.2.	Méthode de diffusion sur gélose par puits	36
4.3.	Détermination du facteur de protection solaire (FPS) par la méthode spectrophotométrique	36
5.	Formulation des crèmes	37
5.1.	Propriétés organoleptiques de la crème	40
5.2.	Le pH (potentiel hydrogène)	40
5.3.	Aspect microscopique de la crème	40
5.4.	Test de stabilité de la crème	41
6.	Étude de la stabilité oxydative et microbiologique des crèmes au cours du temps	41
7.	Analyses statistiques	41

Chapitre II : Résultats et discussion

1. Contrôle de qualité des huiles végétales.....	42
2. Activités biologiques.....	44
2.1. Activité antioxydante , <i>in vitro</i> , par piégeage du radical DPPH.....	44
2.2. Activité antimicrobienne, <i>in vitro</i> ,.....	48
2.2.1. Méthode de diffusion en disque.....	48
2.2.2. Méthode de diffusion sur gélose par puits.....	50
2.3. Facteur de protection solaire (FPS) par la méthode spectrophotométrique.....	51
Formulation des crèmes.....	53
3.1. Propriétés organoleptiques de la crème.....	53
3.2. pH (potentiel hydrogène).....	55
3.3. Aspect microscopique de la crème.....	55
3.4. Test de stabilité de la crème.....	56
4. Étude de la stabilité oxydative et microbiologique des crèmes au cours du temps.....	56

Conclusion générale et perspectives

Références bibliographiques

Introduction générale

L'industrie cosmétique est un secteur dynamique, stimulé par la production de produits efficaces, innovants et sûrs. De nos jours, on observe au cœur de cette industrie des efforts pour la formulation des émulsions, qui représentent l'une des formes les plus répandues de préparations cosmétiques. Il s'agit de systèmes dispersés hétérogènes composés de deux liquides non miscibles ou faiblement miscibles, dont l'un est dispersé dans l'autre sous forme de fines gouttelettes (**Pavlačková et al., 2018, 2024**).

Ces formulations intègrent des ingrédients naturels afin de répondre aux préférences des consommateurs actuels qui privilégient un mode de vie durable et sain (**Pavlačková et al., 2024**).

Les conservateurs conventionnels étaient indispensables pour prévenir la contamination microbienne, prolonger leur durée de conservation et assurer leur innocuité (**Z. Tang & Du, 2024**). Cependant, ils suscitent souvent des inquiétudes en raison de leurs effets indésirables potentiels sur la peau et la santé en général, conduisant ainsi les consommateurs à se tourner vers les ingrédients naturels (**Pavlačková et al., 2024**).

Par conséquent, les huiles d'origine végétale, principalement les huiles fixes issues des graines, occupent ainsi une place importante dans les émulsions cosmétiques en raison de leur richesse en composés bioactifs présentant une forte activité antioxydante comme les polyphénols (**Rahim et al., 2023**).

L'objectif de ce travail est de caractériser trois huiles végétales à travers l'étude de leurs propriétés organoleptiques et physico-chimiques, ainsi que de leurs activités antioxydantes et antimicrobiennes et de leur facteur de protection solaire (FPS). Cette caractérisation vise à sélectionner une huile végétale comme agent structurant de la formulation cosmétique et une autre comme ingrédient actif. Les huiles retenues seront ensuite incorporées dans des crèmes cosmétiques afin d'évaluer la stabilité antioxydante et antimicrobienne des formulations au cours du temps.

Ce manuscrit est divisé en trois parties principales :

- ✓ La première est consacrée à une partie bibliographique, répartie en trois chapitres : généralités sur les émulsions cosmétiques, stabilisation des émulsions cosmétiques, stabilisation par des huiles végétales.

- ✓ La deuxième partie est expérimentale, répartie en deux chapitres : le premier comprend le matériel et les méthodes utilisés dans les différentes étapes de notre travail expérimental, tandis que le second est consacré à la présentation et à la discussion des résultats obtenus.

Enfin, cette étude s'achève par une conclusion générale, suivie de perspectives de recherche et de développement.

Partie bibliographique

Chapitre I :

Généralités sur les émulsions cosmétiques

1. Définition de l'émulsion

Une émulsion constitue une catégorie de systèmes dispersés composés de deux liquides non miscibles, où l'un des liquides est dispersé sous forme de gouttelettes (phase dispersée) dans l'autre liquide (phase continue) (**Tadros, 2013**). La stabilisation de ces gouttelettes est réalisée grâce à des agents tensioactifs, aussi connus sous le nom d'émulsifiants ou de surfactants (**Ricardo et al., 2021**) (**Figure 1**). Après une transformation spécifique de l'émulsion, on observe une homogénéité au niveau macroscopique et une hétérogénéité au niveau microscopique (**David & Akhondi, 2023**).

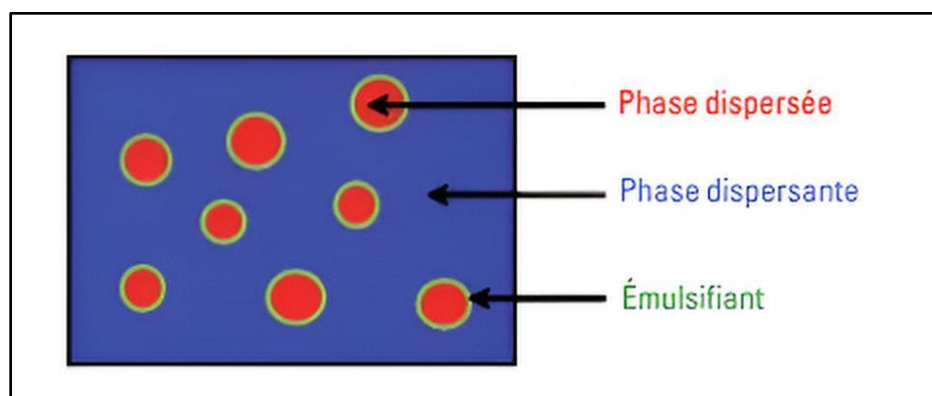


Figure 1 : La représentation d'une émulsion avec un émulsifiant

2. Composition de l'émulsion

La véritable composition d'une émulsion repose sur trois éléments essentiels :

2.1. La phase hydrophile

La phase hydrophile, aussi connue sous le nom de phase aqueuse, est un mélange d'eau et d'éléments hydrosolubles (humectant, gélifiant, actifs, conservateur, régulateur de pH) (**Doumeix, 2011**).

2.2. La phase lipophile

La phase lipophile, également appelée la phase huileuse ou la phase grasse, est composée d'huiles, de cires et de graisses (qu'elles soient liquides, solides ou semi-solides à température ambiante), provenant de sources végétales, animales ou minérales (**Doumeix, 2011**). Cette phase est généralement composée d'un mélange (d'ingrédients actifs, d'antioxydants, d'agents parfumants) (**Crompagne et al., 2021**).

2.3.Émulsifiant

Parmi les agents émulsifiants, aussi appelés émulsionnants, on distingue notamment les tensioactifs qui sont des molécules amphiphiles : ils possèdent un pôle hydrophile et un pôle hydrophobe. Ces pôles ont une affinité respective pour la phase hydrophile et hydrophobe de l'émulsion, ce qui permet de stabiliser l'émulsion sur une longue durée (Doumeix, 2011).

3. Types d'émulsions

3.1.Émulsions simples

Ces émulsions se composent uniquement de deux phases, l'une hydrophile et l'autre lipophile, ainsi que d'un émulsifiant. Selon la distribution des différentes phases, on identifie deux sortes d'émulsions (David & Akhondi, 2023) (Figure 2).

3.1.1. Émulsions Huile dans Eau (L/H)

Également appelée émulsion directe, où l'huile est dispersée au sein de l'eau. L'eau joue le rôle de phase continue, tandis que l'huile agit en tant que phase dispersée.

3.1.2. Émulsions Eau dans Huile (H/L)

Aussi connue sous le nom d'émulsion indirecte, où la phase aqueuse est dispersée au sein d'une phase huileuse. Une émulsion eau dans l'huile est beaucoup plus onctueuse qu'une émulsion huile dans l'eau.

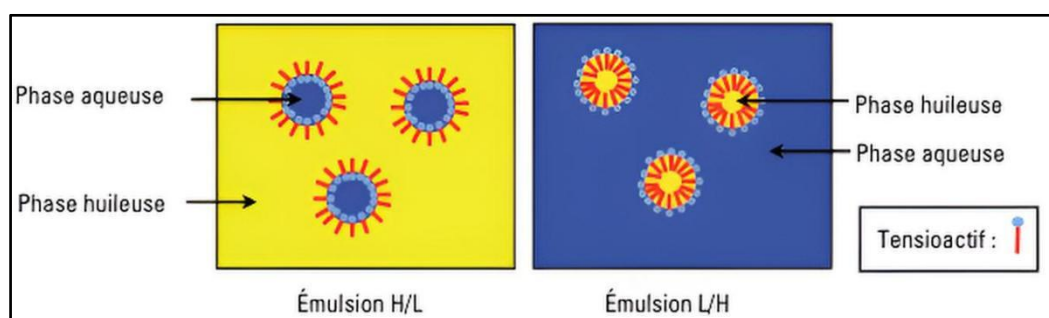


Figure 2: Les deux types d'émulsions simples (Doumeix, 2011).

3.2.Émulsions multiples

Les émulsions multiples sont des systèmes d'émulsions dans lesquels une émulsion primaire est dispersée successivement dans la phase continue de l'émulsion secondaire (Zhang et al., 2023) (Figure 3) :

3.2.1. Émulsion (H/L/H)

C'est la dispersion d'une émulsion H/L dans une phase aqueuse.

3.2.2. Émulsion (L/H/L)

C'est la dispersion d'une émulsion L/H dans une phase huileuse.

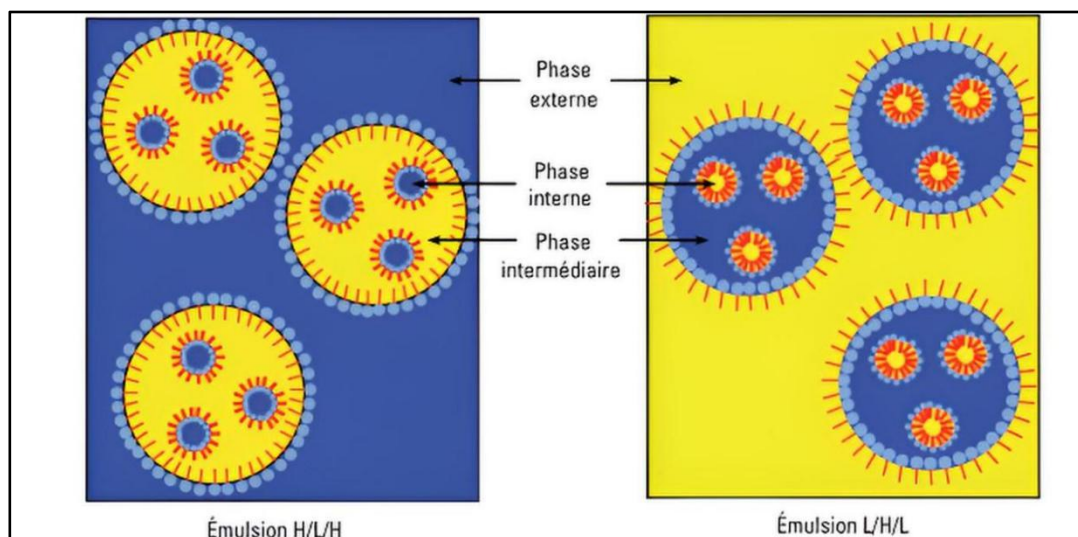


Figure 3: Les deux types d'émulsions multiples (Doumeix, 2011).

4. Formulation de l'émulsion

4.1. Facteurs influents

Lors de la formulation des émulsions, il est important de prendre en compte les facteurs qui peuvent moduler ou affecter la réalisation des émulsions. Le tableau regroupe une liste de facteurs qui ont un impact important (**Tableau 1**) (Wehrlé, 2007).

Tableau 1: Facteurs affectant la formulation des émulsions

Composition et formulation	Nature et concentration de la phase huileuse
	Nature et concentration de la phase aqueuse
	Nature et concentration des surfactifs
	Nature et concentration des excipients additionnels
	Nature et concentration du principe actif
	Rapport entre les phases
	Présence ou non de co-tensioactifs, sa nature et sa concentration
	Présence ou non d'électrolytes
Variables de procédé	Processus d'émulsification
	Ordre d'addition des composants
	Température d'émulsification
	Temps d'introduction d'une phase dans l'autre
	Type d'homogénéisation (agitation à pales , turbine , homogénéisateur haute pression)...
	Méthode et vitesse de refroidissement (influence du choc thermique).
	Appareillage (laboratoire-industriel, type de cisaillement).

4.2.Procédé de formulation de l'émulsion

Le processus d'émulsification repose sur l'utilisation de cuves agitées ou de disperseurs et homogénéisateurs, et il se déroule en deux étapes successives : la première étape, c'est la dispersion – mélange également connu sous le nom de pré-émulsification, consiste en une simple

mise en suspension de gouttelettes de la phase dispersée dans la phase continue. Ensuite vient la deuxième étape de l'homogénéisation, dont l'objectif est de diminuer la taille des gouttes de façon à conférer à l'émulsion les propriétés requises et à la stabiliser, selon le mode de formulation. Ces étapes peuvent être réalisées en procédé discontinu ou en procédé continu (**Canselier & Poux, 2021**) :

4.2.1. Procédé discontinu

- **La première étape : Préparation des phases aqueuse et huileuse**

L'objectif de cette étape est de préparer les phases aqueuse et huileuse avant l'émulsification. La phase huileuse nécessite un chauffage entre 30 °C et 60 °C environ, et c'est durant cette phase que l'on peut ajouter les émulsifiants. Ce processus de préparation a lieu dans une cuve agitée équipée d'une hélice ou d'une turbine, à laquelle on incorpore un élément mobile permettant d'assurer un bon transfert thermique (ancrage, par exemple...). Pour la phase aqueuse, on utilise une turbine ou une hélice dans la cuve pour assurer une homogénéité thermique (autour de 30 à 40 °C).

- **La deuxième étape : Mélange-Dispersion**

La nature de la dispersion créée dépend de la formulation, du mode opératoire et de la méthode d'incorporation de la phase dispersée dans la phase continue. Ce mélange a lieu dans une cuve avec un élément mobile radial dont le rôle consiste en la simple mise en suspension des gouttes, ce qui conduit à une granulométrie relativement élevée (autour de 100 µm).

- **La troisième étape : Homogénéisation**

Cette phase est cruciale pour réaliser une émulsion fine et stable. On cherche alors un cisaillement maximal par l'utilisation d'une turbine, d'un système rotor-stator (exemple : moulin colloïdal) ou d'un homogénéisateur à haute pression. Il est également possible de mettre à profit les phénomènes de cavitation (exemple : ultrasons).

- **La quatrième étape : Refroidissement – finition**

Il s'agit d'une étape assez longue où l'échange thermique constitue souvent le facteur limitant. Le choix du système d'agitation est donc de première importance et la durée de

l'étape dépendra de l'efficacité de l'échange thermique et, donc, du mobile. Au cours de cette étape, on incorpore des additifs pour corriger la viscosité, l'aspect visuel et l'odeur, et même les ingrédients fragiles ou volatils, qui ne peuvent pas être introduits lors des précédentes étapes, sont incorporés.

4.2.1. Procédé continu

Le procédé continu est beaucoup plus lourd que le procédé discontinu :

- Les phases, aqueuse et huileuse, sont préparées dans une cuve agitée.
- La dispersion s'effectue à l'aide de mélangeurs statiques, une technologie bien adaptée au continu.
- L'homogénéisation s'effectue par l'application d'un cisaillement élevé ou par l'intervention de la cavitation, et fait appel à un système de type rotor-stator, un broyeur colloïdal, un homogénéiseur haute pression adapté au fonctionnement en continu ou à la sonication.

5. Applications et classification des émulsions cosmétiques

Les émulsions cosmétiques destinées aux soins cutanés ont pour rôle principal de maintenir l'équilibre physiologique en eau et en lipides de l'épiderme, et de protéger la peau contre les facteurs externes, tels que les rayonnements UV. Le choix approprié des composants, en tenant compte à la fois des propriétés physico-chimiques et des propriétés cosmétiques du produit fini, constitue l'un des aspects les plus importants de l'élaboration de la formule (**Sikora, 2019**).

Toutefois, plusieurs critères permettent de proposer une organisation générale.

Selon leur effet sur la peau, les émulsions cosmétiques peuvent être classées en (**Pavlović et al., 2026; Sikora, 2019; Spada et al., 2018**) :

- ✓ Émulsions nettoyantes.
- ✓ Émulsions hydratantes : elles améliorent et maintiennent la fonction de la barrière cutanée, ce qui prévient la sécheresse de la peau.
- ✓ Émulsions protectrices : par exemple, les crèmes solaires de longue durée et les formulations topiques protectrices sont couramment élaborées à partir d'émulsions de type E/H (eau dans huile), car ces dernières confèrent une meilleure résistance à l'eau,

une substantivité accrue sur la peau, une photostabilité améliorée des filtres UV lipophiles et une occlusion plus importante.

En fonction du moment d'application, on distingue **(Sikora, 2019)** :

- ✓ Les crèmes de jour : caractérisées par une absorption rapide.
- ✓ Les crèmes de nuit : sont beaucoup plus riches, contenant des substances nutritives.

En fonction de la zone d'application, on distingue **(Sikora, 2019)** :

- ✓ Les crèmes pour le visage (y compris les crèmes contour des yeux).
- ✓ Les crèmes pour les mains.
- ✓ Les crèmes pour les pieds.
- ✓ Les crèmes pour le corps.

Enfin, en tenant compte du groupe de consommateurs, on peut distinguer **(Sikora, 2019; Vansika et al., 2024)** :

- ✓ Les crèmes destinées aux peaux à problèmes (par exemple les peaux sensibles , atopiques ou acnéiques).
- ✓ Les cosmétiques anti-âge sont des produits destinés à réduire ou ralentir les signes visibles de vieillissement tels que : les rides, les ridules et les taches de vieillesse.
- ✓ Les produits pour bébé.

6. Limites d'émulsions cosmétiques

Les émulsions sont des systèmes thermodynamiquement instables qui tendent à se séparer en deux phases au cours du temps en raison de processus de déstabilisation tels que la floculation, le crémage, la coalescence, la rupture **(Khan et al., 2014; Kim & Pal, 2025)**.

La stabilité de ces systèmes est influencée par des facteurs externes : pH et température. Le pH influence l'état d'ionisation des agents émulsifiants, et leurs propriétés interfaciales, tandis que les variations de température peuvent induire une inversion de phase correspondant au passage d'une émulsion E/H à H/E ou inversement **(Poux & Canselier, 2023 ; SGS Systems Global, 2025)**.

Parallèlement à ces phénomènes physiques, l'oxydation des lipides constitue une cause majeure de dégradation des produits cosmétiques, affectant les acides gras insaturés présents dans les huiles, les graisses et les lipides structuraux (**Villière & Genot, 2006**).

De plus, la présence d'eau, de composés organiques et de minéraux dans ces produits crée des conditions favorables à la prolifération microbienne (**Da Silva et al., 2025**).

Chapitre II :

Stabilisation des émulsions cosmétiques

1. Définition de la stabilité des émulsions cosmétiques

La stabilité d'une émulsion cosmétique correspond à la combinaison de la stabilité physique caractérisée par l'absence de séparation de phases, de la stabilité chimique liée à l'absence de réactions chimiques ou d'oxydation et de la stabilité microbiologique assurée par l'absence de croissance ou d'altération microbienne (**Khan et al., 2014**).

Au cours du stockage, les émulsions cosmétiques peuvent devenir instables en raison de modifications chimiques des composants, de la présence de micro-organismes indésirables dans le produit, ou encore de changements physiques (mécaniques ou visuels). Les altérations chimiques et microbiologiques sont inacceptables, tandis que les changements physiques ne constituent pas toujours une raison suffisante pour rejeter une préparation cosmétique complexe (**International Federation of Societies of Cosmetic Chemists [IFSCC], 1997**).

2. Phénomène d'instabilité

2.1. Instabilité physique

Les principaux types d'instabilités physiques comprennent (**Khan et al., 2014**) (**Figure 04**) :

a. Flocculation

La flocculation résulte de l'agrégation des gouttelettes de la phase dispersée en amas lâches, appelés des floccs. Ce phénomène accélère le crémage et favorise la coalescence, tout en conservant l'intégrité des gouttelettes et du film interfacial.

b. Crémage

Correspond à la séparation d'une émulsion en deux couches, dont l'une est plus riche en phase dispersée que l'autre. Ce phénomène altère l'aspect esthétique de l'émulsion.

c. Coalescence

Se produit lorsque la barrière mécanique et/ou électrique n'est pas suffisamment efficace pour empêcher l'agrégation des grosses gouttelettes, conduisant finalement à une séparation complète des phases (rupture) de l'émulsion.

d. Rupture de l'émulsion

La séparation de phases peut être observée ou non à l'œil nu. En général, le crémage, la coalescence et la flocculation se produisent avant la séparation de phases, ce qui rend sa visibilité

ainsi que son analyse quantitative difficiles à évaluer. Elle peut toutefois être quantifiée par centrifugation ou par l'indice de crémage.

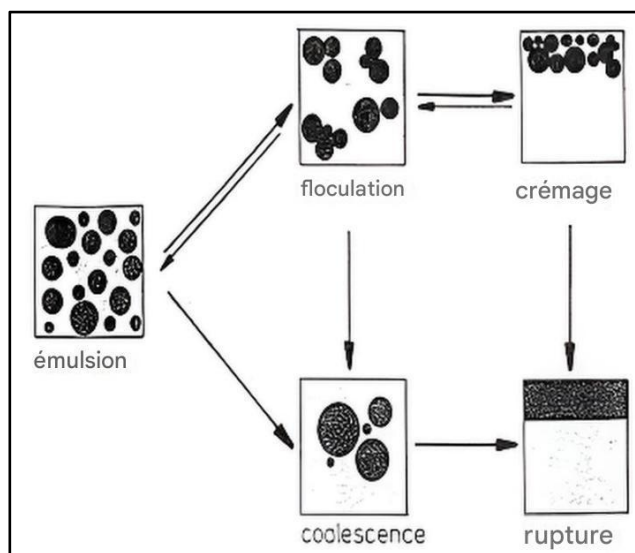


Figure 4: Types d'instabilités des émulsions

2.2. Instabilité chimique

L'oxydation des lipides insaturés constitue la principale cause d'instabilité chimique des émulsions. Ce processus débute par l'arrachement d'atomes d'hydrogène aux acides gras insaturés, formant des radicaux lipidiques ($L\cdot$) qui réagissent avec l'oxygène moléculaire pour générer des radicaux peroxydes ($LOO\cdot$). Ces radicaux peroxydes propagent la chaîne d'oxydation en arrachant de l'hydrogène aux molécules lipidiques adjacentes, créant ainsi une cascade auto-entretenu qui produit des produits d'oxydation primaires (hydroperoxydes et hydroperoxydes lipidiques – $LOOH$) et des produits secondaires (aldéhydes, cétones, alcools) responsables d'odeurs désagréables (**Figure 5**) (**Juchniewicz & Harasym, 2026**).

Ce phénomène est accéléré par l'exposition aux UV, la présence de métaux lourds, les valeurs élevées du pH (« **International Federation of Societies of Cosmetic Chemists** », 1997).

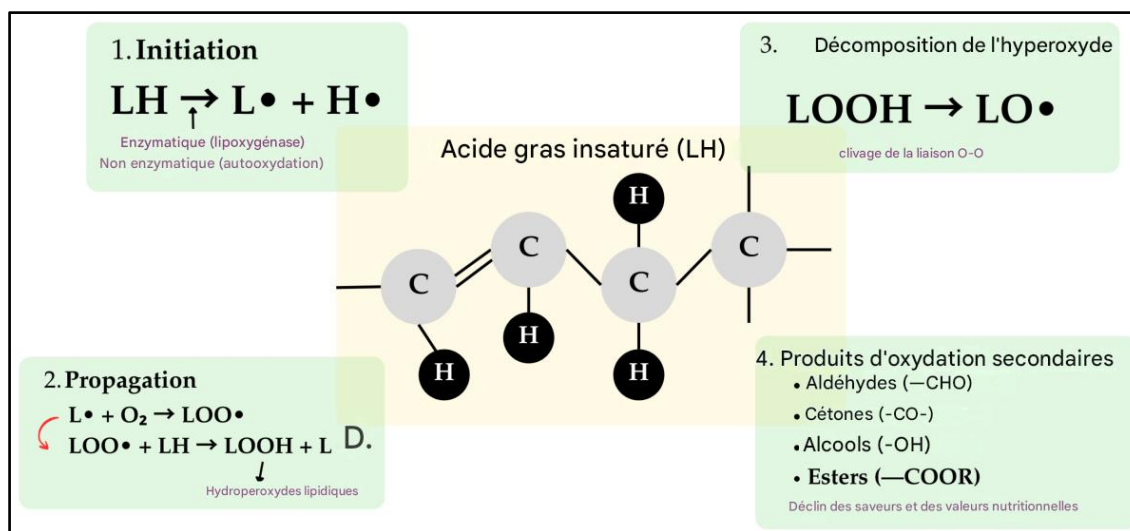


Figure 5 : Voies d'oxydation des acides gras insaturés

2.3. Instabilité microbiologique

Les produits cosmétiques contenant de l'eau et des composés organiques/inorganiques dans des conditions physico-chimiques appropriées sont exposés à la contamination microbienne. Les microorganismes les plus fréquemment retrouvés sont *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella oxytoca*, *Burkholderia cepacia*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Enterobacter gergoviae* et *Serratia marcescens*, mais aussi d'autres bactéries, champignons et levures. La contamination microbienne peut survenir lors de la fabrication (contamination primaire) et/ou lors de l'utilisation par le consommateur (contamination secondaire) (Halla et al., 2018).

3. Stratégies de stabilisation

3.1. Stabilisation physique

La stabilisation physique des émulsions peut être assurée par la réduction de la taille des gouttelettes grâce à une émulsification efficace, par l'augmentation de la viscosité de la phase continue ainsi que par la formation de films interfaciaux épais constitués de macromolécules ou de particules solides. Le contrôle de la composition de la formulation est également important pour la stabilité de l'émulsion. Par exemple, la méthylcellulose réduit la mobilité des globules dispersés dans les émulsions huile dans eau (L/H), et la paraffine molle a un effet similaire sur les gouttelettes d'eau dans les émulsions eau dans huile (H/L). La conservation des émulsions

cosmétiques dans des conditions adéquates, notamment en termes de température, a également un impact sur la stabilité physique de ces produits (**Khan et al., 2014**).

3.2. Stabilisation chimique

La stabilisation chimique des émulsions vise surtout à empêcher les réactions radicalaires et à diminuer la formation des produits d'oxydation, comme les hydroperoxydes et leurs dérivés secondaires. On peut assurer cette stabilisation par des antioxydants, notamment le butylhydroxyanisole (BHA), le butylhydroxytoluène (BHT), le gallate de propyle, le t-butylhydroquinone, le tocophérol(D-alpha), l'acide ascorbique et le palmitate d'ascorbyle. Il est également essentiel d'éliminer les métaux lourds, souvent catalyseurs de l'oxydation, généralement à l'aide d'agents chélatants.

De plus, la protection contre les rayons UV et le stockage des formulations à l'abri de la lumière et de la chaleur permettent de diminuer les réactions d'oxydation.

Enfin, le contrôle de la qualité des matières premières et l'élimination des impuretés oxydantes contribuent également à la stabilité chimique des émulsions (« **International Federation of Societies of Cosmetic Chemists** », 1997).

3.3. Stabilisation microbiologique

Afin d'assurer la protection des produits cosmétiques contre la contamination microbienne, on applique généralement deux niveaux de conservation : une conservation primaire et une conservation secondaire.

La conservation primaire repose sur le respect rigoureux des bonnes pratiques de fabrication (BPF) lors de la production. Ses principes sont notamment la préparation et le conditionnement des produits dans des conditions d'asepsie, le traitement de l'eau, le contrôle microbiologique, la qualification du personnel, afin de limiter les risques de contamination.

La conservation secondaire est assurée par l'emballage primaire et les conservateurs. L'emballage agit comme une barrière physique contre les contaminations externes, et les conservateurs renforcent l'activité antimicrobienne, élargissent le spectre d'action, réduisent la résistance des microorganismes et le risque de toxicité (**Halla et al., 2018**).

4. Alternatives aux conservateurs synthétiques

L'industrie cosmétique souffre aujourd'hui d'une pénurie importante de conservateurs moins toxiques. C'est pourquoi la recherche de conservateurs alternatifs efficaces et sûrs et à faible

toxicité, tels que les extraits de plantes et les huiles essentielles, est prometteuse. L'utilisation de des huiles essentielles comme antimicrobiens dans les préparations cosmétiques est souvent déconseillée, en raison de leur volatilité et de leurs aspects lipophiles et de leur forte odeur, qui peuvent être très inadéquats/indésirables pour certains types de produits (**Halla et al., 2018; Rybczyńska-Tkaczyk et al., 2023**).

Chapitre III :

Stabilisation par des huiles végétales

1. Définition des huiles végétales

Les huiles végétales occupant une place majeure dans l'industrie cosmétique médicinale et esthétique, en raison de leur richesse en triglycérides et en composés bioactifs. Ces caractéristiques leur confèrent des propriétés biologiques remarquables, notamment des activités antioxydantes et antimicrobiennes (Kaibeck, 2024; Lammari et al., 2021).

2. Extraction des huiles végétales

Il existe plusieurs méthodes d'extraction d'huiles végétales. Il est important de distinguer les huiles obtenues par des techniques qui respectent la plante et des huiles plus « industrielles » (Kaibeck, 2024). Parmi ces méthodes, nous citons :

2.1.Extraction mécanique à froid

Les huiles pressées à froid sont obtenues par des procédés mécaniques tels que le pressage, sans ajout de chaleur ni utilisation de solvants. Ils sont purifiés par lavage à l'eau, précipitation, filtration et centrifugation. Cette méthode permet de conserver les composés bioactifs caractéristiques de la matière première, conférant aux huiles des propriétés spécifiques importantes pour les produits cosmétiques et thérapeutiques. Les huiles obtenues sont considérées comme des huiles vierges de qualité supérieure et commercialisées comme des huiles de spécialité (Kaibeck, 2024; Michalak et al., 2024).

2.2.Extraction mécanique « industrielle », à chaud

Certains industriels soumettent la matière première broyée à un chauffage à haute température avant la pression. Ce chauffage augmente le rendement d'extraction et facilite l'obtention de l'huile de certaines graines oléagineuses. L'huile ainsi obtenue est rarement prête à l'emploi et nécessite généralement un traitement, voire un raffinage, avant d'être conditionnée. Des solvants peuvent être ajoutés pour faciliter l'extraction de l'huile. Lorsque des solvants sont utilisés, il faut procéder à un raffinage (Kaibeck, 2024).

2.3.Extraction par un solvant

Cette méthode est utilisée pour obtenir des rendements plus élevés. L'extraction par solvant consiste à broyer et à chauffer la matière première, puis à la mélanger avec un solvant approprié. Les solvants les plus employés sont l'hexane, le butane, le propane, l'acétone, l'éthanol et l'alcool isopropylique. Le solvant dissout l'huile contenue dans la matière première et facilite l'extraction. Cette méthode implique également l'extraction d'impuretés et à les éliminer par centrifugation et raffinage (Kaibeck, 2024).

3. Composition des huiles végétales

Les huiles végétales sont des systèmes non polaires et lipophiles à composition variable et complexe, selon leur origine, leur qualité et leurs méthodes de production (**Yara-Varón et al., 2017**) :

3.1. Les triglycérides

Les triglycérides constituent le principal élément des huiles végétales (de 95 % à 98 %) et résultent de l'estérification d'une molécule de glycérol avec trois acides gras. Les caractéristiques des triglycérides sont déterminées par le type, la proportion et la position des acides gras sur le squelette glycérolique (**Figure 6**) (**Yara-Varón et al., 2017**) .

3.2. Les composés mineurs

Les composés mineurs présentent moins de 5 % dans les huiles végétales :

3.2.1. Mono- et Di-glycérides

Les glycérides partiels (mono- et diglycérides) sont des mono- ou diesters du glycérol (**Figure 6**) avec des acides gras qui possèdent des propriétés émulsifiantes. Ils se forment naturellement par hydrolyse partielle des triglycérides au cours de l'extraction des huiles végétales. Ils se trouvent naturellement dans les huiles vierges, grâce à l'action des lipases endogènes des fruits ou des graines oléagineuses, ce qui produit des acides gras libres. Leur teneur dans les huiles végétales varie entre 1 et 6 % selon le type d'huile. Les mono- et diglycérides sont des molécules amphiphiles du fait qu'ils comportent des groupes hydroxyles libres, ce qui leur confère une certaine hydrophilie avec un équilibre hydrophile-lipophile (**Yara-Varón et al., 2017**) .

3.2.2. Phospholipids

Les phospholipides sont des lipides polaires présents dans les membranes cellulaires végétales et co-extraits avec les triglycérides neutres lors du pressage ou de l'extraction des huiles. Ils sont constitués d'un squelette de glycérol lié à deux acides gras et à un groupe phosphate polaire associé à un amino-alcool comme la choline, l'éthanolamine, la sérine ou l'inositol (**Figure 6**) (**Yara-Varón et al., 2017**).

3.2.3. Acides gras libres

Les acides gras libres sont issus de l'hydrolyse des triglycérides ou des phospholipides. Ces molécules se différencient par la longueur de leur chaîne et surtout par leur degré d'insaturation, c'est-à-dire le nombre de doubles liaisons entre les atomes de carbone (**Figure 6**) (**Yara-Varón et al., 2017**) .

On distingue les acides gras saturés (AGS) et les acides gras insaturés (AGI) qui possèdent une ou plusieurs doubles liaisons. Dans la classe des AGI, on distingue les AG mono-insaturés (AGMI), à une double liaison, des acides gras poly-insaturés (AGPI), c'est-à-dire possédant un nombre de doubles liaisons supérieur ou égal à deux (**Walrand et al., 2010**).

3.2.4. Stérols

Les huiles végétales renferment des phytostérols, des composés mineurs importants dotés d'une activité biologique considérable et constituant les composés prédominants de la fraction insaponifiable. Le β -sitostérol est habituellement le phytostérol le plus abondant dans les huiles végétales, accompagné d'autres stérols à des teneurs variables selon le type d'huile (**Figure 6**) (**Yara-Varón et al., 2017**) .

3.2.5. Tocophérols et tocotriénols

Les tocophérols et les tocotriénols sont des composés de la vitamine E. Dans leur forme naturelle, les tocophérols existent comme des alcools libres, tandis que les tocotriénols se trouvent sous forme estérifiée. Elles se présentent sous quatre formes principales α , β , γ et δ , qui diffèrent par le nombre et la position des groupes méthyle sur le squelette chromanolique (**Figure 6**) (**Yara-Varón et al., 2017**) .

3.2.6. Eau

La teneur en eau des huiles végétales commerciales est généralement inférieure à 0,05%, mais elle peut varier au cours de la conservation après ouverture, par absorption ou perte d'humidité selon les conditions de stockage (**Figure 6**) (**Yara-Varón et al., 2017**) .

3.3. Autres composés mineurs

Les huiles végétales contiennent d'autres composés mineurs dont des composés phénoliques présents en quantités variables. Elles contiennent aussi du squalène, un hydrocarbure triterpénoïde à trente atomes de carbone, présent à faible concentration et dont la forme

hydrogénée sert d'agent hydratant en cosmétique. En outre, les huiles vierges contiennent des pigments naturels appelés caroténoïdes, qui se divisent en deux catégories : les caroténoïdes non polaires (par exemple, l' α -carotène, le β -carotène et le lycopène) et les caroténoïdes plus polaires. Dans les huiles vierges fraîchement pressées, les chlorophylles masquent généralement la couleur des caroténoïdes (**Figure 6**) (**Yara-Varón et al., 2017**) .

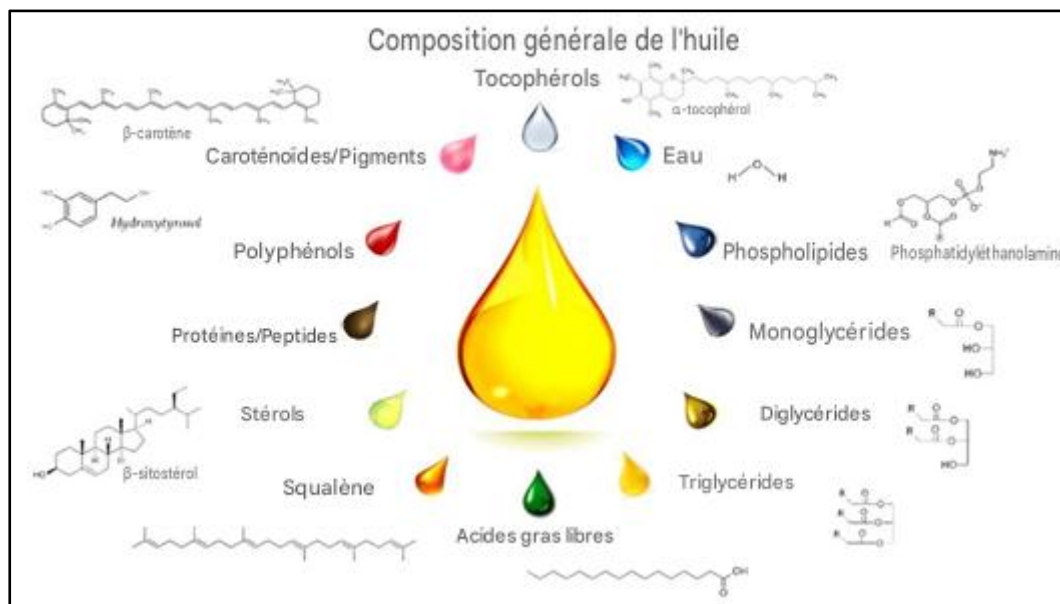


Figure 6 : Composants mineurs des huiles végétales.

4. Composés antioxydants des huiles végétales

La stabilité chimique d'une émulsion cosmétique dépend surtout des composés intrinsèques qui ont une fonction antioxydante.

Pour les huiles végétales, la stabilité à l'oxydation dépend notamment de leur teneur en acides gras insaturés (AGI) et de leur composition. Les huiles les plus insaturées sont donc les moins stables à l'oxydation, surtout si le nombre de doubles liaisons portées par les acides gras est élevé (**Cuvelier & Maillard, 2012**).

Les tocophérols sont de bons antioxydants vis-à-vis de l'oxydation lipidique. Contrairement aux phospholipides, leur pouvoir antioxydant reste controversé. Toutefois, l'association de phospholipides et de tocophérols présente une synergie améliorant la protection oxydative (**L. Tang et al., 2023**). Les caroténoïdes ont une action antioxydante qui leur permet de neutraliser les radicaux libres (**Dimakou & Oreopoulou, 2012**). Les polyphénols végétaux sont des

antioxydants naturels susceptibles d'améliorer la stabilité physico-chimique des émulsions enrichies en acides gras polyinsaturés (AGPI) (**Cheng et al., 2022**).

Parmi les huiles végétales dotées d'une activité antioxydante, celle des noyaux de dattes Hmira a montré une activité antioxydante intéressante, avec une valeur d'IC₅₀ de 0,123 mg/ml déterminée par le test DPPH (**Merad, 2023**). De la même manière, les extraits phénoliques de l'huile d'olive vierge extra ont montré un fort pouvoir antioxydant (IC₅₀ = 1,56 µg/ml) (**Aissaoui & Boukhari, 2021**). En revanche, une émulsion préparée à partir d'huile d'argan et d'huile de ricin a présenté une activité antioxydante plus modérée, avec une IC₅₀ de 19,21 mg/ml (**Manea et al., 2026**).

5. Composés antimicrobiens des huiles végétales

Les huiles végétales peuvent contribuer à la stabilité microbiologique des émulsions grâce à des acides gras à activité antimicrobienne. L'acide laurique, présent notamment dans l'huile de coco, possède des propriétés hydrophiles lui permettant d'interagir avec les membranes cellulaires des micro-organismes. Il perturbe les membranes cellulaires des microorganismes pathogènes, ce qui peut inhiber leur croissance ou les détruire (**Nitbani et al., 2022**).

De même, l'acide ricinoléique, principal acide gras de l'huile de ricin, présente des propriétés antimicrobiennes intéressantes (**Puspa et al., 2020**).

6. Les huiles étudiées

6.1.Plantes sources des huiles étudiées

Pour une meilleure présentation des plantes sources des huiles fixes végétales étudiées, le **tableau 2** suivant regroupe leurs noms vernaculaires, leurs noms scientifiques et leur localisation géographique.

Tableau 2: Principales caractéristiques botaniques des plantes étudiées

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Localisation géographique	Références
Jojoba	<i>Simmondsia chinensis</i>	Arizona, Californie et nord-ouest du Mexique	Elnimiri & Nimir, 2011
Roquette	<i>Eruca Sativa</i>	Moyen-Orient, Inde et au Pakistan	Flanders & Abdulkarim, 1985
Grenade	<i>Punica garanatum</i>	L'Iran et les pays voisins, puis étendue peu à peu vers les régions d'Asie.	Shaygannia et al., 2016

6.2. Composition et caractéristiques des huiles végétales étudiées dans la littérature

6.2.1. Huile de jojoba

Les études précédentes montrent que l'huile de jojoba peut être obtenue par différentes méthodes d'extraction, telles que la pression à froid et le pressage hydraulique. Le **tableau 3** présente les caractéristiques essentielles de cette huile, en mettant l'accent sur sa composition en acides gras (en %) ainsi que sur ses propriétés organoleptiques, physiques et chimiques. Cette huile est constituée majoritairement d'esters cireux et contient très peu de triglycérides, ce qui lui confère une grande stabilité oxydative. Sa composition proche du sébum humain explique son utilisation fréquente en cosmétique (**Alghazzawi et al., 2025**).

Tableau 3: Composition et caractéristiques de l'huile jojoba rapportées dans la littérature

Huile végétale	Méthode d'extraction	Composition et propriétés			Références
Huile de jojoba	Pression à froid	Composition en acides gras (%)	Acide palmitique C16 :0	≤ 4	INTERCHIMIE, 2018
			Acide palmitoléique C16 :1	≤ 1	
			Acide oléique C18 :1	5-25	
			Acide gadoléique C20 :1	65-80	
			Acide béhénique C22 :0	≤ 1	
			Acide érucique C22 :1	10-25	
			Acide nervonique C24 :1	≤ 3.5	
		Propriétés organoleptiques	Odeur	Caractéristique	
			Couleur	Clair, jaune orangé	
			Aspect	Liquide huileux, solide à 10 °C	
		Propriétés physiques	Densité relative à 20 °C (g/cm ³)	0.868	
			Indice de réfraction à 20 °C	1.478	
		Propriétés chimiques	IA (mg KOH/g)	≤ 2	
			IP (meq O ₂ /kg)	≤ 15	
	Pressage hydraulique	Propriétés physiques	K232	2.21	(Torres et al., 2006)
			K270	0.07	
		Propriétés chimiques	Acidité (acide oléique) %	0.11	
			IP (meq O ₂ /kg)	5	

6.2.2. Huile de roquette

Les principales caractéristiques de l'huile de graines de roquette sont présentées dans les **tableaux 4** et **5** et seront comparées aux résultats de la présente étude.

Tableau 4: Composition de l'huile des graines de la roquette rapportées dans la littérature

Huile végétale	Méthode d'extraction	Paramètre		Valeur	Références
Huile de la Roquette	Extraction par solvant	Composition en acides gras (%)	Acide myristique C14 :0	0.24	Owon et al., 2005
			Acide palmitique C16 :0	4.83	
			Acide stéarique C18 :0	0.62	
			Acide arachidique C20 :0	21.56	
			Acide béhénique C22 :0	0.52	
			Acide palmitoléique C16 :1	0.39	
			Acide oléique C18 :1	13.19	
			Acide linoléique C18 :2	11.21	
			Acide linolénique C18 :3	0.35	
			Acide eicosénoïque C20 :1	0.52	
			Acide érucique C22 :1	46.58	

Tableau 5: Propriétés organoleptiques et physico-chimiques de l'huile des graines de la roquette rapportées dans la littérature

Huile végétale	Méthode d'extraction	Paramètre		Valeur	Références
Huile de la Roquette	Extraction par solvant	Propriétés physiques	Densité spécifique	0.896	Owon et al., 2005
			Indice de réfraction à 25°C	1.412	
		Propriétés chimiques	IA (mg KOH/g)	2.25	
			Acidité (acide oléique %)	1.13	
			IP(meq O ₂ /kg)	0.71	
	Extraction par Soxhlet (n-hexane)	Propriétés organoleptiques	Couleur	Jaune foncé	Hamid et al., 2014
			Aspect	Liquide à température ambiante	
		Propriétés physiques	Densité spécifique à (30 °C)	0.8005±0.000361	
		Propriétés chimiques	IA (mg KOH/g)	0.338±0.0062	
			IP(meq O ₂ /kg)	6.66±1.527	

6.2.3. Huile de grenade

Les principales caractéristiques de l'huile de graines de grenade sont présentées dans les **tableaux 6 et 7** et seront comparées aux résultats de la présente étude.

Tableau 6 : Propriétés organoleptiques et physico-chimiques de l'huile des graines de grenade rapportées dans la littérature

Huile végétale	Méthode d'extraction	Paramètre		Valeur	Références
Huile de Grenade	Pression à froid	Propriétés organoleptiques	Couleur	Jaune doré	Khoddami et al., 2014)
		Propriétés physiques	Indice de réfraction à 25°C	1.498	
		Propriétés chimiques	Acidité % (acide punicoique)	0.65±0.06	
			IP(meq O ₂ /kg)	4.67±0.08	
	Extraction par Soxhlet (n-hexane)	Propriétés organoleptiques	Odeur	Odeur légère	Alfekaik & Al-Hilfi, 2016
			Couleur	Jaune	
			Aspect	Liquide à température ambiante	
		Propriétés physiques	Indice de réfraction	1.51	
			K232	2.145	
			K270	1.456	
			ΔK	0.679	
			IP(meq O ₂ /kg)	0.68	

Tableau 7: Composition de l'huile de grenade rapportées dans la littérature

Huile végétale	Méthode d'extraction	Paramètre		Valeur	Références
Huile de Grenade	Pression à froid	Composition en acides gras (%)	Acide palmitique C16 :0	4.61±0.23	(Khoddami et al., 2014)
			Acide stéarique C18 :0	2.64±0.06	
			Acide oléique C18 :1	7.62 ±0.14	
			Acide linoléique C18 :2	8.20 ± 0.16	
			Acide purique C18 :3	76.10± 0.62	
			Acide arachidique C20 :0	0.20±0.02	
			Acide gadoléique C20 :1	0.65±0.02	

6.3. Activité antioxydante des huiles étudiées

Le tableau suivant résume les principales études réalisées sur l'activité antioxydante de l'huile de jojoba (HJ), de l'huile de roquette (HR) et de l'huile de grenade (HG) (**Tableau 8**).

Tableau 8: Activité antioxydante des trois huiles végétales étudiées

Huile végétale	Méthode d'extraction	Test antioxydant	Valeur (IC50)	Références
HJ	Soxhlet	DPPH	126.2 ± 23 µg/ml	Elnimiri & Nimir, 2011
	/	DPPH	77.34 µg/ml	Badr et al., 2017
HR	/	/	/	/
HG	Soxhlet	DPPH	0.69 – 1.80 mg/ml	Loukhamas et al., 2021

/ : Non testée

6.4. Activité antimicrobienne des huiles étudiées

L'activité antimicrobienne de l'huile de jojoba (HJ), de l'huile de roquette (HR) et de l'huile de grenade (HG) a été rapportée dans plusieurs études. Les principaux résultats sont présentés dans le **tableau 9**.

Tableau 9: Activité antimicrobienne des trois huiles végétales étudiées

Huile végétale	Méthode d'extraction	Méthode de diffusion	Souches	Zones d'inhibition (mm)	Références
HJ	Huile commerciale diluée dans le DMSO	Méthode de puits	<i>B. subtilis</i>	10.07	Al-Ghamdi et al., 2019
			<i>S. aureus</i>	10.1	
			<i>E. coli</i>	0	
			<i>P. aeruginosa</i> <i>C. albicans</i>		
		Méthode de disque (25 µg d'huile)	<i>S. aureus</i>	7	Alghazzawi et al., 2025
			<i>E. coli</i>	19	
HR	Huile extraite par Soxhlet, diluée dans le DMSO	Méthode de puits (0,05 ml)	<i>S. aureus</i>	13 ± 0.99	Gulfraz et al., 2011
			<i>E. coli</i>	17.1 ± 2.1	
			<i>P. aeruginosa</i>	0	
	Huile extraite à l'eau chaude, diluée dans le DMSO	Méthode de disque (Huile diluée, 100 µl)	<i>B. subtilis</i>	23.00± 1.00	Khoobchandani et al., 2010
			<i>S. aureus</i>	25.67± 1.53	
			<i>E. coli</i>	24.67 ±1.16	
			<i>P. aeruginosa</i>	28.33 ± 1.53	
	Huile extraite par Soxhlet	Méthode de disque	<i>S. aureus</i>	19	El-Shazly et al., 2017
			<i>E. coli</i>	18	
			<i>C. albicans</i>	23	

6.5.Potentiel photoprotecteur

Le potentiel photoprotecteur (FPS) de l'huile de jojoba (HJ), de l'huile de roquette (HR) et de l'huile de grenade (HG) a également été évalué dans plusieurs études (Ranjithkumar et al., 2016). Les principaux résultats rapportés dans la littérature sont présentés dans **le tableau 10** suivant.

Tableau 10: Potentiel photoprotecteur des trois huiles végétales étudiées

Huile végétale	Méthode d'extraction	Valeur (SPF)	Références
HJ	/	/	/
HR	-	5.57	Eid et al., 2020
HG	Soxhlet	21	Ranjithkumar et al., 2016

/: Non testée; -: Non précisée.

Partie expérimentale

Chapitre I :

Matériel et méthodes

Notre travail expérimental a été réalisé au sein des laboratoires pédagogiques (Pôle biochimie et microbiologie) du département de biologie, à 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.

1. Obtention des huiles végétales

Les huiles végétales utilisées dans cette étude sont l'huile de jojoba (HJ), l'huile de grenade (HG) et l'huile des graines de la roquette (HR), achetées auprès d'un fournisseur spécialisé dans les huiles naturelles obtenues par pression à froid. Dans la suite du manuscrit, elles seront désignées par les abréviations HJ, HG et HR.

2. Propriétés organoleptiques et physiques

2.1. Propriétés organoleptiques

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

2.2. Propriétés physiques

2.2.1. La densité apparente

Principe

La densité apparente d'une huile est le rapport entre la masse de l'huile et le volume qu'elle occupe, exprimé en g/ml ou g/cm³ (**Pharmacopée Européenne, 2020**).

Mode opératoire

On remplit un cylindre gradué déjà taré avec un volume d'huile de graine puis on le pèse afin d'obtenir la masse de l'huile (**Pharmacopée Européenne, 2020**).

Expression des résultats

La densité apparente est calculée selon la formule suivante (**Pharmacopée Européenne, 2020**) :

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

2.2.2. Indice de réfraction

Principe

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

On commence par nettoyer soigneusement la lame de l'appareil de réfractomètre (**photo 1**) en utilisant de l'eau distillée et du papier absorbant. Ensuite, à l'aide d'une micro-pipette, on dépose quelques gouttes d'huile dans le centre de la lame. On procède à la lecture en notant la température de mesure (T). Deux lectures supplémentaires sont ensuite réalisées, puis la moyenne arithmétique des trois valeurs obtenues est calculée. On corrige l'indice de réfraction de notre huile qui est complètement liquide à 20 °C (**Jora, 2012**).

Expression des résultats

L'indice de réfraction est calculé selon la formule suivante (**Jora, 2012**) :

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

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

n_D^{20} : l'indice de réfraction mesuré

0,00035 : le facteur de correction pour $t = 20$ °C pour les huiles.



Photo 1: Réfractomètre.

2.2.3. 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

On dissout 0,1 g de l'échantillon d'huile 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 (**Conseil Oléicole International, 2019**).

Expression des résultats

Le coefficient K est donné par la formule suivante (**Conseil Oléicole International, 2019**) :

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

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 de l'échantillon d'huile aux longueurs d'onde de 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 : l'extinction spécifique à la longueur d'onde d'absorbance maximale m , aux environs de 270 nm.

3. Propriétés chimiques

3.1. Indice d'acide

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

On pèse 1 mL d'huile et on l'introduit dans un erlenmeyer. Ensuite, on ajoute 5ml 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 0,1 N jusqu'à obtention d'une couleur rose (**Jora, 2012**).

Expression des résultats

L'indice acide est calculé par la formule suivante (**Jora, 2012**) :

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

V : volume en ml de KOH utilisé pour le titrage.

m : masse de l'huile (g).

3.2.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).

Expression des résultats

L'acidité est calculée par la formule suivante (**Jora, 2012**) :

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

M : masse molaire de l'acide choisi comme référence (le plus abondant).

V : volume en ml de KOH utilisé 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 équivalent 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 :

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

3.3. Indice de peroxyde (IP)

Principe

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, puis 1 ml d'une 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 (**Jora, 2011**).

Expression des résultats

L'indice peroxyde est calculé par la formule suivante (**Jora, 2011**) :

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

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.

4. Les activités biologiques des huiles

4.1. Piégeage du radical DPPH

Principe

Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil (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 extrait, 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 que celle utilisée.

Après incubation dans l'obscurité pendant 30 min et à la température ambiante, la réduction du DPPH° s'accompagne du 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).

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition, calculés suite à la diminution de l'intensité de la coloration du mélange, selon la formule (**Atoui et al., 2005**) :

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

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 extraits permet de déterminer la concentration qui correspond à 50% d'inhibition (CI₅₀). Une valeur de CI₅₀ faible correspond à une grande efficacité de l'extrait.

4.2.Détermination de l'activité antimicrobienne

Dans cette étude, nous avons utilisé quatre souches bactériennes de référence, dont deux souches à Gram positif, *Bacillus cereus* et *Staphylococcus aureus*, et deux souches à Gram négatif,

Escherichia coli et *Pseudomonas aeruginosa*, et une souche fongique, qui est *Candida albicans* (Tableau 11).

Tableau 11: Les souches testées

Souches testée	ATCC
<i>Bacillus cereus</i>	10876
<i>Staphylococcus aureus</i>	25923
<i>Escherichia coli</i>	25922
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	27853
<i>Candida albicans</i>	26790

Les souches ont été revivifiées et la turbidité a été ajustée à 0,5 McFarland, ce qui correspond à $1-2 \times 10^8$ UFC/ml pour les bactéries (D.O = 0,08 à 0,1 / $\lambda = 625$ nm), $1-5 \times 10^6$ UFC/ml pour *C. albicans* (D.O = 0,12 à 0,15 / $\lambda = 530$ nm) (NCCLS, 2001).

Deux méthodes différentes ont été utilisées pour la détermination de l'activité antimicrobienne, *in vitro* : la méthode de diffusion en disque et la méthode de puits dans un milieu gélosé. On aensemencé par écouvillonnage la surface de la gélose de la boîte à trois reprises. Tous les tests ont été effectués en double.

4.2.1. Méthode de diffusion en disque

Les milieux Mueller-Hinton et Sabouraud gélosés, 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 gélosé déjà inoculé avec les microorganismes testés (NCCLS, 2001).

Les boîtes de Pétri ont été conservées à 4 °C pendant 2 h et ont ensuite été 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.

Les zones d'inhibition de la gentamicine (10 µg / disque) et de l'amphotéricine B (20 µg / disque) ont été également déterminées dans des expériences parallèles afin de contrôler la sensibilité des micro-organismes d'essai.

Dans cette étude, les huiles ont été considérées comme actives contre les souches testées lorsque la zone d'inhibition était supérieure à 4 mm, conformément à la règle générale relative aux activités antimicrobiennes des extraits de graines végétales.

4.2.2. Méthode de diffusion sur gélose par puits

Des boîtes de Pétri contenant du milieu Mueller-Hinton (pour les bactéries) et Sabouraud gélosé (pour la souche fongique) sontensemencées aseptiquement par une suspension de microorganismes. Après le séchage des boîtes, trois puits de 6 mm de diamètre ont été perforés dans la gélose de chaque boîte à l'aide d'une pipette Pasteur stérile. On remplit chaque puits avec 20 µL d'huile. Les boîtes de Pétri ont été conservées à 4 °C pendant 2 h et ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 24 h pour les bactéries et à 30 °C pendant 24 h pour *C. albicans*. L'activité antibactérienne a été évaluée en mesurant la zone d'inhibition, en mm, autour du puits (Thomas et al., 2014).

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

L'activité photoprotectrice des extraits 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 0,04 g/ml pour les huiles de jojoba et de roquette et à 0,02 g/ml pour l'huile de grenade dans le cyclohexane (Mansur et al., 1986).

Expression des résultats

Le SPF est calculé en utilisant l'équation suivante (Mansur et al., 1986) :

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

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

$Abs(\lambda)$: est l'absorbance à la longueur d'onde λ .

Les valeurs d' $EE(\lambda) \times I(\lambda)$ sont des constantes déterminées par (Sayre et al., 1979). Elles sont présentées dans le **tableau 12** suivant.

Tableau 12: Valeurs d' $EE(\lambda) \times I(\lambda)$.

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

5. Formulation des crèmes

Nous avons préparé trois formulations de crèmes de type eau dans huile. Ces crèmes possèdent la même base de formulation, composée d'une phase aqueuse et d'une phase huileuse. La phase aqueuse est composée d'eau de rose et de glycérine végétale, tandis que la phase huileuse comprend, l'huile végétale de jojoba (HJ) comme huile principale structurante, l'huile végétale de roquette (HR) comme ingrédient actif antioxydant et antimicrobien, le beurre de karité, la cire d'abeille, la vitamine E et l'huile essentielle de lavande (**Tableau 13**).

Toutefois, les formulations ne diffèrent que par la présence de l'huile végétale ajoutée comme active et par la présence ou l'absence du conservateur antimicrobien (le Cosgard) et de l'antioxydant butylhydroxytoluène (le BHT) :

- ✧ La formulation 1 se compose seulement de la base de crème contenant l'huile HJ.
- ✧ La formulation 2 est composée de la base de crème contenant l'huile HJ et l'huile HR.

- ✧ La formulation 3 possède la même composition que la crème 2 à laquelle on a ajouté le Cosgard et le BHT pour améliorer la stabilité et la conservation. On la considère comme témoin positif.

Le pourcentage de chaque ingrédient a été soigneusement choisi à la suite d'une recherche réalisée, basée sur des travaux antérieurs portant sur le type d'émulsion E/H. Les pourcentages des constituants n'ont pas été divulgués dans cette étude, des travaux complémentaires étant actuellement en cours afin de finaliser les résultats et de permettre leur publication dans une revue scientifique. 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.

Les principales étapes de formulation de trois crèmes sont résumées dans la **figure 7** suivant.

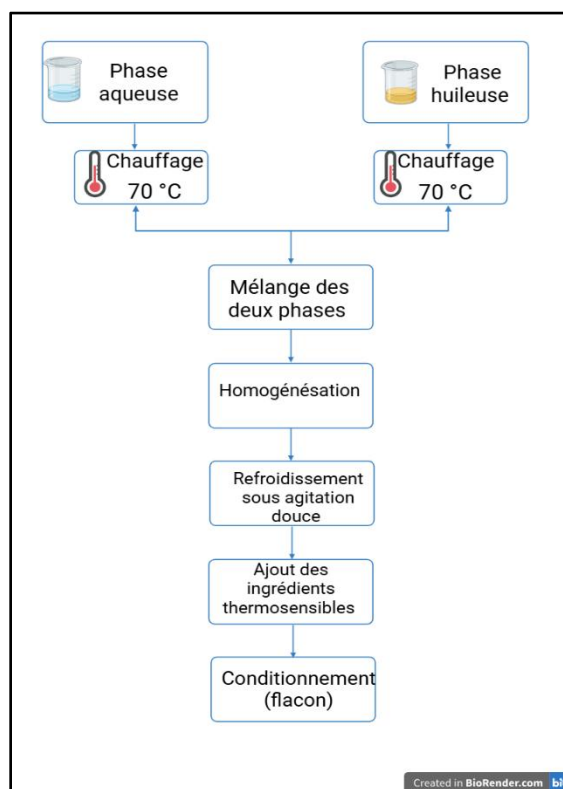


Figure 7: Diagramme des étapes de préparation de la crème cosmétique

Tableau 13: Ingrédients des crèmes et leurs rôles

Ingrédients	Rôle de chaque ingrédient
Eau de rose	Son parfum puissant, frais et subtil, donne aux cosmétiques une douce odeur de rose (Aroma-Zone, s.d.).
Glycérine végétale	Un agent hydratant et humectant non toxique, qui possède la capacité de retenir l'eau au niveau de la couche cornée de la peau. Elle aide à préserver l'hydratation de l'épiderme, améliore l'aspect souple de la peau et donne une sensation de confort très agréable (Chen et al., 2022) .
HJ	L'huile de jojoba est l'huile principale structurante choisie parce qu'elle possède une bonne résistance à l'oxydation grâce à sa teneur élevée en antioxydants, en particulier en vitamine E. Sa cire est très proche du sébum naturel produit par la peau humaine. Elle sert à hydrater la peau et les cheveux, à traiter certaines affections cutanées comme l'acné, l'eczéma et le psoriasis, et elle possède des propriétés antimicrobiennes (Alghazzawi et al., 2025).
HR	Elle possède des propriétés nourrissante et assouplissante et pénètre rapidement la peau. Elle a également montré une forte activité en inhibant la croissance de certaines bactéries résistantes aux antibiotiques (Gulfraz et al., 2011).
Beurre de karité	Il a des propriétés émoullientes, hydratantes, anti-inflammatoires et antioxydantes, ce qui explique leur emploi en cosmétique et en dermatologie (Poljšak & Kočever Glavač, 2022).
Cire émulsifiante	Elle permet de réaliser des émulsions stables sans co-émulsifiant ni stabilisant (Aroma-Zone, s.d.).
Cire d'abeille	Sa composition lipidique complexe lui confère des propriétés physico-chimiques intéressantes : effet rigidifiant, émulsifiant et modificateur de viscosité, ce qui renforce son rôle dans les formulations semi-solides. Elle participe ainsi à la structure et à la formation d'une barrière protectrice et occlusive sur la peau

	(Huanbutta et al., 2026).
Ingrédients (suite)	Rôle de chaque ingrédient (suite)
Vit E	La vitamine E (α -tocophérol) est un puissant antioxydant utilisé en cosmétique pour protéger les huiles contre l'oxydation. Elle agit aussi au niveau cutané en combattant le vieillissement prématuré de la peau (Thiele & Ekanayake-Mudiyanselage, 2007) .
HE de la lavande	Elle donne à la crème une odeur agréable et renforce l'action antimicrobienne de deux huiles fixes (Walasek-Janusz et al., 2022) .
Cosgard	Il possède un large spectre d'activité antibactérienne et antifongique, ce qui empêche le développement des bactéries, des levures et des moisissures dans les produits cosmétiques contenant de l'eau (Aroma-Zone, s.d.) .
BHT	Le BHT est un antioxydant qui sert à protéger les huiles contenues dans la crème contre l'oxydation et à en prolonger la durée de conservation (Rambaud, 2023) .

5.1. Propriétés organoleptiques de la crème

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

5.2. 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)**.

5.3. 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. 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).

5.4. 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).

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

Pour évaluer la stabilité des trois formulations, un suivi visuel a été effectué pendant 56 jours avec des contrôles réguliers tous les cinq jours. Les crèmes ont été analysées sur différents paramètres : couleur, odeur, texture, pH, absorbance et présence éventuelle de contamination microbienne.

Ces observations permettent de suivre l'évolution des caractéristiques organoleptiques et microbiologiques des trois crèmes et de comparer leur stabilité en fonction de leur composition, en particulier de la présence des huiles végétales ainsi que des conservateurs tels que le Cosgard et le BHT.

7. Analyses statistiques

Le traitement des résultats a été effectué à l'aide du logiciel Microsoft Excel (2016) 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 CI50 (piégeage des radicaux DPPH) ont été calculées à partir des équations linéaires des courbes tracées sur EXCEL.

Chapitre II :

Résultats et discussion

1. Contrôle de qualité des huiles végétales

Pour évaluer la qualité des trois huiles végétales étudiées, plusieurs paramètres analytiques ont été examinés, incluant les propriétés organoleptiques (odeur, couleur, aspect), physiques (densité apparente, indice de réfraction (IR) à 20 °C, K232, K270, ΔK) et chimiques (indice d'acide (IA), acidité %, indice peroxyde (IP)). L'ensemble des résultats obtenus est présenté dans le tableau suivant (**Tableau 14**).

Tableau 14: Résultats des analyses organoleptiques, physiques et chimiques des huiles végétales étudiées.

Paramètres étudiés		Huiles végétales		
		HJ	HR	HG
Propriétés organoleptiques	Odeur	Neutre et huileuse	Forte, rappelant la roquette (chlorophylle)	Friture usagée
	Couleur	Jaune clair presque blanchâtre	Jaune foncé, doré	Jaune clair
	Aspect	Liquide à température ambiante et solide à 4 °C (cireuse)	Liquide	Très visqueuse
Propriétés physiques	Densité apparente	0,941±0,005	0,752±0,042	1,196±0,150
	IR	1,4567	1,4716	1,4757
	K232	1,819	1,67	2,337
	K270	0,046	0,097	2,678
	ΔK	0	0,014	0,0135
Propriétés chimiques	IA	6,325±0,34	4,616±0,424	6,302±0,631
	Acidité % (acide oléique)	3.162	2.308	3.151
	Acidité % (acide majoritaire)	3.515	2.79	2.7843
	IP	12,376±0,605	0	6,037±2,102

✧ Notre huile de jojoba présente des propriétés organoleptiques conformes aux données rapportées dans un travail antérieur. Cependant, la densité apparente obtenue est supérieure à la densité relative rapportée dans cette étude (0,868 g/cm³), bien que ces deux densités soient déterminées selon des méthodes différentes. Par ailleurs, notre indice de

réfraction à 20 °C diffère légèrement de celui rapporté dans le même travail (1,478). Cette variation peut s'expliquer soit par une différence de composition de l'huile, notamment de son degré d'insaturation, soit par une légère altération de celle-ci (**INTERCHIMIE, 2018**).

L'indice d'acidité de cette huile est supérieur à la limite admissible (≤ 2 mg KOH/g), indiquant une teneur relativement élevée en acides gras libres, résultant probablement d'une hydrolyse partielle des esters cireux et à la formation d'acides gras libres (**INTERCHIMIE, 2018**). L'acidité mesurée est également nettement supérieure à celle rapportée pour une huile de jojoba extraite par pressage hydraulique (0,11 %) (**Torres et al., 2006**).

Par ailleurs, l'indice de peroxyde obtenu est inférieur à la limite de référence de (15 meq O₂/kg), indiquant un niveau d'oxydation primaire encore acceptable. Ce résultat est confirmé par le coefficient d'extinction spécifique K232. De même, les faibles valeurs de K270 et de ΔK indiquent que l'oxydation secondaire reste limitée (**Torres et al., 2006**). L'ensemble de ces paramètres suggère que notre huile présente un faible degré d'oxydation et conserve une qualité oxydative globalement satisfaisante (**INTERCHIMIE, 2018**).

- ✧ Notre huile de roquette présente des propriétés organoleptiques en accord avec les résultats des deux études antérieures portant sur l'huile de roquette extraite par Soxhlet et par solvant (**Owon et al., 2005; Hamid et al., 2014**). Cependant, sa densité apparente est inférieure à la densité spécifique de ces huiles (0,896 et 0,80005) (**Hamid et al., 2014**), ce qui pourrait être attribué à des différences de composition ou aux conditions de mesure en particulier la température. En revanche, l'indice de réfraction de notre huile est supérieur à celui rapporté pour l'huile extraite par solvant (1,412) (**Owon et al., 2005**), suggérant une différence de composition.

L'indice d'acide de notre huile est supérieur à celui des travaux antérieurs (2,25 et 0,338) (**Owon et al., 2005; Hamid et al., 2014**), indiquant une teneur plus importante en acides gras libres. Cette observation est également confirmée par le pourcentage d'acidité, plus élevé que celui de l'huile extraite par solvant (1,13) (**Owon et al., 2005**).

L'indice de peroxyde est nul, indiquant l'absence de produits primaires d'oxydation. Ce résultat confirmé par des valeurs faibles de K232, K270 et ΔK , qui témoignent également d'une bonne stabilité oxydative.

- ✧ Notre huile de grenade a présenté une couleur jaune clair proche de celle décrite dans les études antérieures (**Khoddami et al., 2014 ; Alfekaik & Al-Hilfi, 2016**). En revanche, l'odeur de friture usagée observée pourrait traduire un début d'oxydation lipidique. De plus, notre huile obtenue par pression à froid présente un aspect visqueux, tandis que l'huile extraite par Soxhlet présente un aspect liquide, une différence pouvant être liée à la méthode d'extraction. L'indice de réfraction mesuré à 20 °C est inférieur aux valeurs rapportées pour les huiles extraites par pression à froid (1,498 à 25 °C) et par Soxhlet (1,510) (**Khoddami et al., 2014 ; Alfekaik & Al-Hilfi, 2016**).

L'indice de peroxyde de notre huile est légèrement supérieur à celui de l'huile obtenue par pression à froid (4,67) (**Khoddami et al., 2014**) et nettement supérieur à celui de l'huile extraite par Soxhlet (0,68) (**Alfekaik & Al-Hilfi, 2016**). De plus, le coefficient d'extinction K270 est supérieur à celui de l'huile extraite par Soxhlet ($K270 = 1,456$) (**Alfekaik & Al-Hilfi, 2016**), ce qui suggère une oxydation secondaire plus marquée.

Le pourcentage de l'acidité (% acide punicoïque) de notre huile est supérieur à celui de l'huile extraite par pression à froid (0.65 ± 0.06) (**Khoddami et al., 2014**), indiquant une teneur élevée en acides gras libres.

Malgré certaines différences de propriétés par rapport aux huiles déjà étudiées dans la littérature, l'huile de jojoba a été retenue comme huile texturante et principale en raison de ses propriétés organoleptiques favorables, d'un niveau d'oxydation primaire encore acceptable et d'une oxydation secondaire limitée. L'huile de roquette a été sélectionnée comme huile active de la formulation en raison de sa bonne stabilité oxydative. En revanche, l'huile de grenade présente une viscosité élevée, une odeur de friture usagée, une oxydation primaire importante ainsi qu'une teneur élevée en acides gras libres, ce qui la rend moins adaptée à la formulation envisagée.

2. Activités biologiques

2.1. Activité antioxydante, *in vitro*, par piégeage du radical DPPH

Nous avons évalué l'activité antioxydante des huiles HJ, HR et HG à l'aide du test au DPPH afin de déterminer leur pouvoir antioxydant. Afin d'évaluer le potentiel de ces huiles, on a comparé

nos résultats avec les résultats rapportés dans les études antérieures portant sur les mêmes huiles, et avec l'antioxydant synthétique, le BHT utilisé comme référence.

Les CI50 sont calculées à partir des équations de régression linéaire et logarithmique de chaque courbe $PI = f [C]$. Pour chaque concentration, trois mesures indépendantes ont été réalisées

Les pourcentages d'inhibition sont présentés dans la **figure 8** pour l'huile HJ, dans la **figure 9** pour l'huile HG et dans la **figure 10** pour l'huile HR. Pour le BHT, ils sont présentés dans la **figure 11** ci-dessous.

Les résultats montrent que les pourcentages d'inhibition sont proportionnels aux concentrations testées.

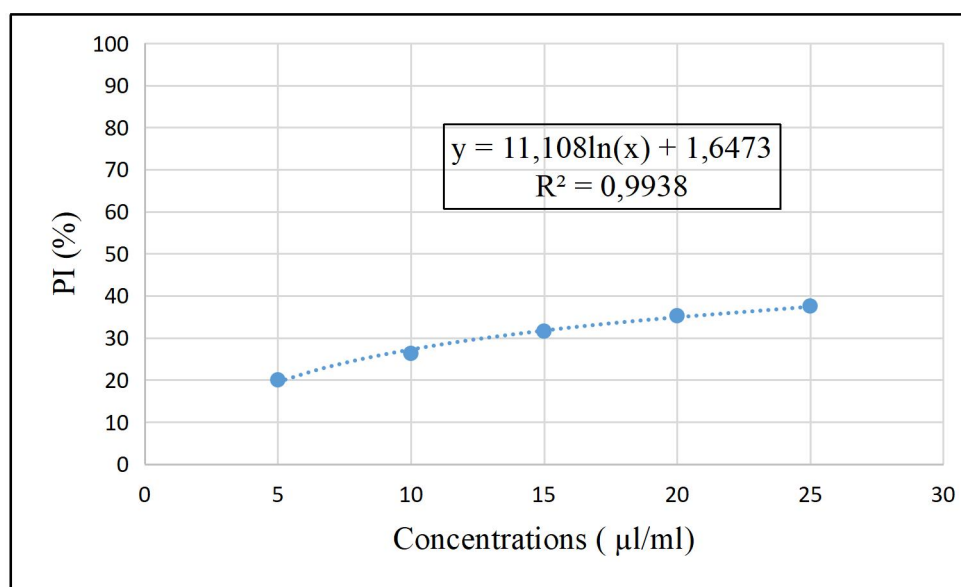


Figure 8 : Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des concentrations de l'huile du jojoba.

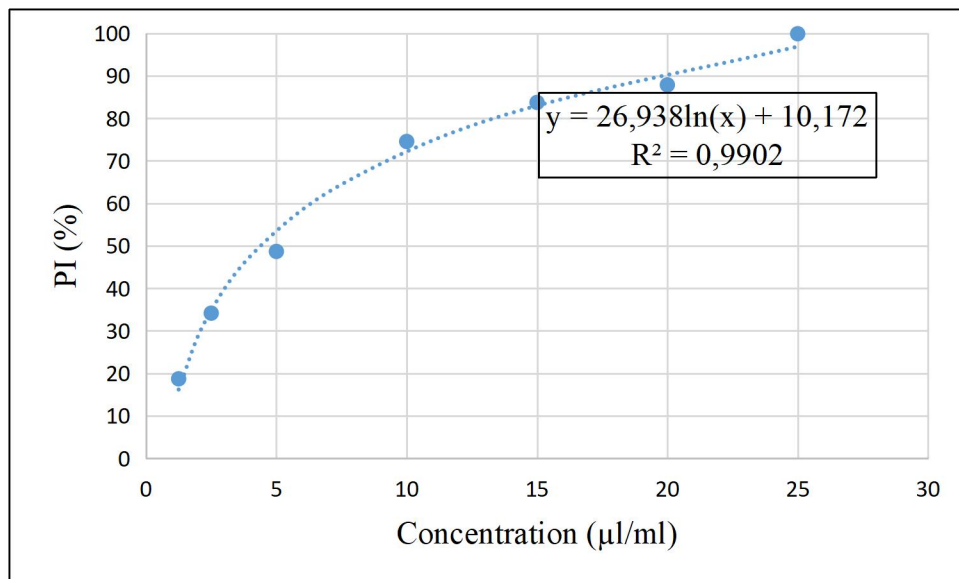


Figure 9 : Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des concentrations de l'huile de la roquette.

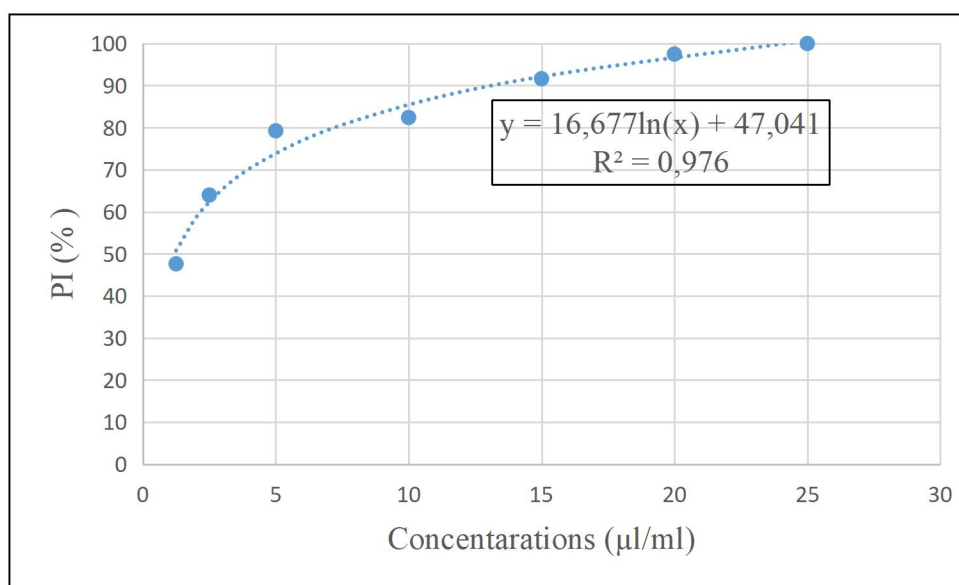


Figure 10: Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des concentrations de l'huile de grenade.

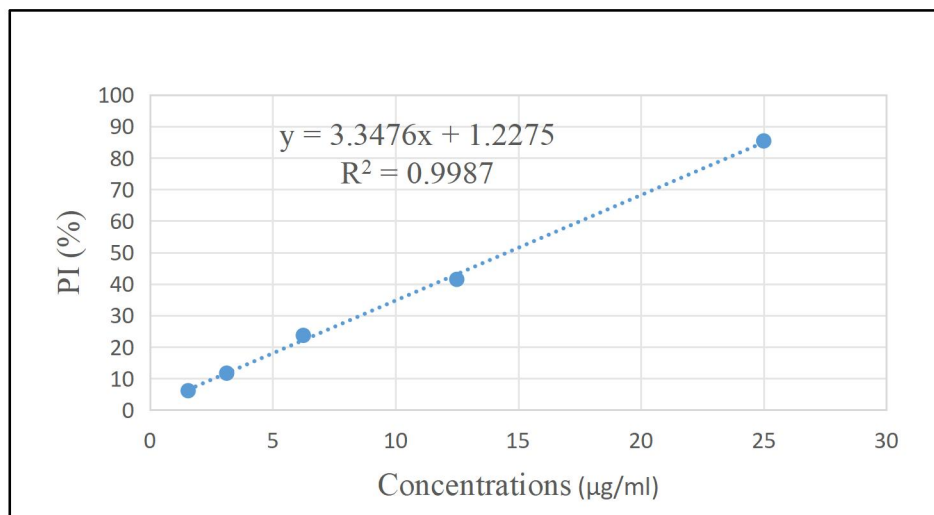


Figure 11 : Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des concentrations de BHT.

Le **tableau 15** représente les valeurs de CI_{50} des huiles étudiées. La comparaison des CI_{50} montre des différences de potentiel antioxydant entre les huiles étudiées. Les huiles ayant les valeurs les plus basses se caractérisent par une capacité supérieure à neutraliser les radicaux libres, ce qui met en évidence leur teneur élevée en composés antioxydants.

Tableau 15: Les valeurs de CI_{50} des huiles végétales étudiées et BHT.

Huile végétale	CI_{50}	CI_{50} (mg/ml)
HG	$1.196 \pm 0.0153 \mu\text{l/ml}$	1.430 ± 0.018
HR	$4.39 \pm 0.08 \mu\text{l/ml}$	3.30 ± 0.060
HJ	-	-
BHT	$14,6 \pm 0,8 \mu\text{g/ml}$	$0,0146 \pm 0,0008$

Pour l'huile HJ, les résultats montrent que la CI_{50} n'a pu être déterminée dans les conditions expérimentales choisies. Toutefois, deux études antérieures réalisées sur l'huile de jojoba,

dissoute dans le méthanol, ont rapporté des valeurs de CI_{50} de $126,2 \pm 23 \mu\text{g/mL}$ (**Elnimiri & Nimir, 2011**) et de $77,34 \mu\text{g/mL}$ (**Badr et al., 2017**). Il aurait probablement été nécessaire d'utiliser des concentrations plus élevées ou un autre solvant de solubilisation.

Les huiles HR et HG présente une activité antioxydante, avec des valeurs de CI_{50} égales à $4.39 \pm 0.08 \mu\text{l/ml}$ ($3,30 \pm 0,06 \text{ mg/ml}$) et de $1.196 \pm 0.0153 \mu\text{l/ml}$ ($1,430 \pm 0,018 \text{ mg/mL}$), respectivement. La CI_{50} de l'huile HG est globalement comparable à celles rapportées dans la littérature, où les CI_{50} varient entre 0,69 et 1,80 mg/mL (**Loukhamas et al., 2021**). L'huile de grenade est effectivement plus active que l'huile de roquette (**photo 2**), mais elle reste moins active que le BHT ($IC_{50} = 0,0146 \pm 0,0008 \text{ mg/mL}$).

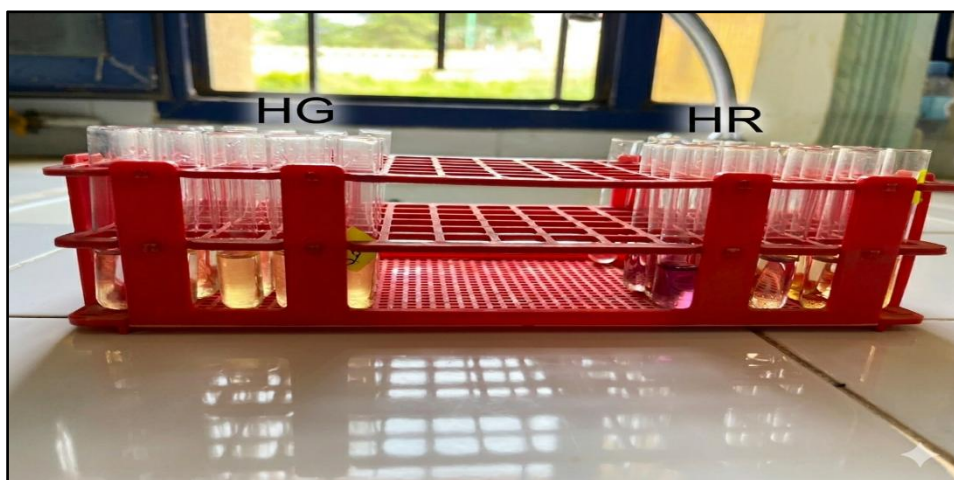


Photo 2 : Test DPPH de l'huile de grenade et de roquette.

Ces propriétés pourraient être exploitées dans le développement de formulations cosmétiques, notamment pour améliorer la stabilité oxydative des crèmes, ainsi que dans d'autres applications pharmaceutiques potentielles. Des investigations complémentaires restent toutefois nécessaires pour confirmer ces perspectives.

2.2. Activité antimicrobienne, *in vitro*,

2.2.1. Méthode de diffusion en disque

L'activité antimicrobienne des huiles végétales a été étudiée sur les souches sélectionnées ci-dessus. Un antibiotique et un antifongique ont été utilisés comme témoins positifs pour confirmer

la sensibilité des souches testées et garantir la fiabilité des résultats obtenus. Le résultat de cette recherche est consigné dans le **tableau 16**.

Tableau 16 : Activité antimicrobienne des huiles végétales par la méthode de diffusion sur disque.

	Zone d'inhibition des souches testées (mm)				
	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>C. albicans</i>
HJ	-	-	-	-	-
HR	-	-	-	-	-
HG	-	-	-	-	-
Antibiotique (Gentamicine 10 µg)	24	14	20	18	/
Antifongique (Amphotéricine B 20 µg)	/	/	/	/	28

/ : Non testé, - : 4 mm de diamètre du disque.

Le tableau montre qu'aucune zone d'inhibition n'a été observée pour les huiles végétales testées. L'antibiotique gentamicine et l'antifongique amphotéricine B ont, en revanche, produit des zones d'inhibition bien visibles, ce qui confirme la sensibilité des souches testées et la validité de l'essai. Au cours des manipulations, on a pu observer que l'huile avait tendance à s'écouler hors du disque, limitant ainsi son absorption par celui-ci. En outre, sa nature lipidique et hydrophobe a probablement diminué sa diffusion dans le milieu gélosé, ce qui pourrait justifier l'absence de zones d'inhibition observées.

Contrairement à nos résultats, plusieurs études ont montré une activité antimicrobienne de HJ, de HR et de HG lorsqu'elles étaient préalablement diluées par un solvant avant leur dépôt sur les disques (Al-Ghamdi et al., 2019; El-Shazly et al., 2017; Khoobchandani et al., 2010)

2.2.2. Méthode de diffusion sur gélose par puits

Afin d'évaluer le potentiel antimicrobien des huiles végétales, leur activité a également été étudiée par la méthode des puits sur les mêmes souches microbiennes sélectionnées. Les résultats obtenus sont présentés dans le **tableau 17** suivant.

Tableau 17 : Activité antimicrobienne des huiles végétales par la méthode des puits.

	Zones d'inhibition des souches testées (mm)				
	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>C. albicans</i>
HJ	-	-	-	-	-
HR	-	-	-	-	-
HG	-	-	9	-	-

- : 6 mm de diamètre du puits.

La majorité des souches testées par la méthode des puits n'a montré aucune zone d'inhibition. Seule HR a montré une activité très faible contre *E. coli*, avec une zone d'inhibition de 9 mm (**photo 3**). Cette légère inhibition pourrait correspondre à une activité antimicrobienne limitée qui n'a probablement pas pu s'exprimer pleinement du fait de la faible diffusion de l'huile dans le milieu gélosé.



Photo 3 : Diffusion de l'huile de roquette étudiée en boîte de Petri (méthode des puits).

À titre de comparaison, les huiles de jojoba et de roquette ont fait l'objet de plusieurs études rapportant une activité antimicrobienne par la méthode de puits. L'huile de jojoba diluée a montré des zones d'inhibition de 10,07 mm contre *B. subtilis* et de 10,1 mm contre *S. aureus*, mais aucune activité n'a été observée contre *E. coli*, *P. aeruginosa* et *C. albicans* (Al-Ghamdi et al., 2019). L'huile de roquette diluée a montré des zones d'inhibition de $13 \pm 0,99$ mm contre *S. aureus* et de $17,1 \pm 2,1$ mm contre *E. coli*, sans activité contre *P. aeruginosa*. Les auteurs expliquent que cette activité antibactérienne serait principalement due à sa teneur élevée en acide érucique, considéré comme le composé principal responsable de cet effet (Gulfraz et al., 2011). Dans ces études, l'huile de roquette a été diluée avant utilisation, ce qui a permis une meilleure diffusion et une plus grande expression de son activité antimicrobienne.

Les écarts constatés entre nos observations et celles mentionnées dans la littérature pourraient trouver leur explication dans plusieurs facteurs, notamment le mode de préparation des échantillons, la quantité de l'huile, ainsi que la diffusion restreinte des huiles dans le milieu gélosé.

2.3. Facteur de protection solaire (FPS) par la méthode spectrophotométrique

Le facteur de protection solaire (FPS) est une mesure qui indique à quel point les huiles sont capables de protéger la peau contre les rayons UV. Plus le FPS est élevé, plus une protection contre les rayons UV est forte. Dans cette étude, le FPS des trois huiles a été mesuré, *in vitro*, par spectrophotométrie UV, d'après l'équation de Mansur et al., (1986). Le **tableau 18** regroupe les valeurs de (FPS) obtenues pour les différentes huiles.

Tableau 18 : Résultats du FPS en fonction de la concentration des huiles.

Huile	HJ	HR	HG
Concentration (g/ml)	0.04	0.04	0.02
FPS	0.98	2.15	26

Les résultats ont montré une différence importante du facteur de protection solaire (FPS) entre les huiles étudiées. HG a présenté la valeur de FPS la plus élevée (FPS = 26), suivie par HR (FPS = 2,15), alors que HJ a présenté la valeur de FPS la plus basse (FPS = 0,98).

Ces valeurs de FPS obtenues ont été ensuite comparées à la **Recommandation de la Commission Européenne (Tableau 19)** ainsi qu'aux travaux antérieurs rapportés sur les mêmes huiles.

Tableau 19 : Catégories de protection affichées sur les produits solaires en fonction des facteurs de protection mesurés.

Catégorie indique	Facteur de protection indique	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

Selon la **Recommandation de la Commission Européenne**, La seule huile ayant un FPS est HG (FPS 25) et donc une protection moyenne. Ce résultat est légèrement supérieur à celui rapporté par **Ranjithkumar et al. (2016)**, qui ont trouvé une valeur de 21,16. Cette différence est due aux conditions expérimentales, notamment la concentration de l'huile, l'origine de l'huile et sa forte teneur en acide punique, dont la structure conjuguée facilite l'absorption des UV.

Pour HR, le SPF présent dans notre étude est très faible. Résultat en accord avec celui de **Eid et al., 2020**.

HJ a montré un FPS quasiment nul lorsqu'elle est évaluée isolément. Cependant, certaines études ont montré que cette huile peut participer à l'augmentation du FPS lorsqu'elle est intégrée dans

des formulations contenant des filtres UV, grâce aux interactions entre les différents composants de la formule (Couteau et al., 2007).

Malgré le fait que l'huile de pépins de grenade ait présenté les meilleurs potentiels antioxydant et photoprotecteur, le choix final, basé sur les paramètres de contrôle de qualité, notamment les indices d'oxydation (indice de peroxyde, K et ΔK), reste inchangé en faveur de l'huile de roquette. Cette dernière est reconnue, d'après les travaux antérieurs, pour ses propriétés antimicrobiennes, bien que celles-ci n'aient pas été mises en évidence dans notre étude en raison de l'absence de diffusion de l'huile pure sur gélose.

3. Formulation des crèmes

3.1. Propriétés organoleptiques de la crème

Seules les huiles HR et HJ ont été retenues pour la formulation. On a évalué les propriétés organoleptiques des trois crèmes formulées. Les résultats sont présentés dans le **tableau 20** ci-dessous.

Tableau 20 : Propriétés organoleptiques des crèmes formulées.

Formulation	Apparence	Couleur	Odeur	Pénétration	Photo de la Crème
F1 (HJ)	Crémeuse	Blanc clair	Faible odeur de la lavande	Rapidement absorbée par la peau	
F2 (HJ +HR)	Crémeuse grasse	Blanc un peu cassé	Faible odeur de la lavande	Lentement absorbée par la peau	
F3 (HJ +HR + Cosgard + BHT)		Blanc cassé	Odeur plus prononcée de la lavande		

Dans la première formulation, la couleur blanche claire provient de son ingrédient principal, l'huile de jojoba. En revanche, les deux autres formulations (2^{ème} et 3^{ème}) présentent une couleur blanc cassé liée à l'ajout de l'huile de graine de roquette. L'odeur de l'huile essentielle de lavande est puissante, c'est pourquoi elle a donné aux crèmes une odeur agréable. La texture de ces trois crèmes est aussi très agréable.

3.2. pH (potentiel hydrogène)

Le pH des trois crèmes est légèrement acide, entre 5 et 6, ce qui les rend parfaitement adaptées à la peau naturellement acide, dont le pH physiologique est généralement compris entre 4,1 et 5,8 (Brooks et al., 2025).

3.3. Aspect microscopique de la crème

L'analyse au microscope optique des trois formulations cosmétiques a montré que les globules étaient bien répartis dans la phase continue. Les résultats figurent sur la **photo 4**.

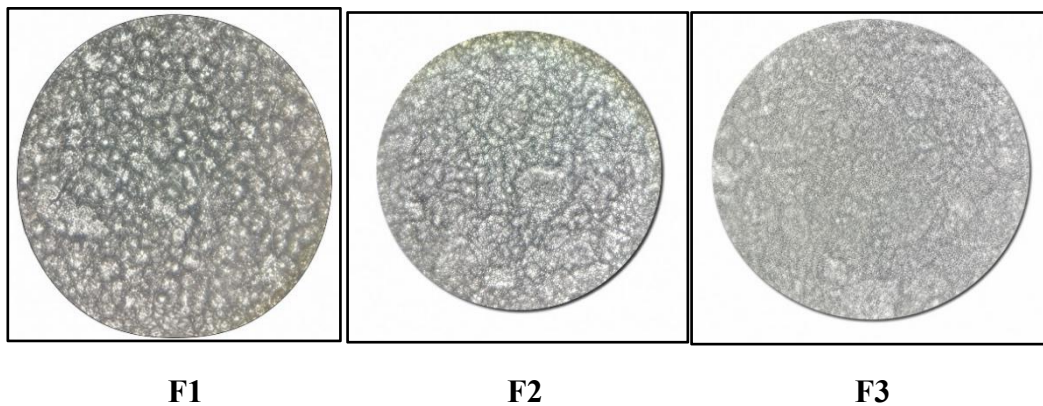


Photo 4 : Observation microscopique des trois formulations au microscope optique ($\times 40$).

- ✧ La formulation 1 à base de HJ présentait une dispersion acceptable des gouttelettes, avec une certaine variation de taille.
- ✧ La formulation 2, constituée de HJ et HR, montre une répartition bien plus régulière des globules, traduisant une organisation plus optimale des systèmes émulsionnés.
- ✧ La formulation 3, qui contient HJ et HR, Cosgard et le BHT, présente une répartition des gouttelettes régulière et uniforme.

Par ailleurs, l'analyse microscopique n'a montré aucun signe de déstabilisation physique des trois formulations. Aucun phénomène de floculation, de coalescence, de crémage ou de séparation de phases n'a été observé au moment de l'analyse.

Ces résultats traduisent une bonne stabilité des émulsions et donc une application et une absorption homogènes de la crème sur la peau.

3.4. Test de stabilité de la crème

La stabilité des émulsions cosmétiques est un critère important pour déterminer et prévoir leur durée de conservation. Ce test consiste à soumettre les trois formulations à une centrifugation. Les résultats obtenus sont présentés dans la **photo 5**.



Photo 5 : Centrifugation des trois formulations à 3000 rpm pendant 30 min.

Ces résultats indiquent que les préparations sont stables à une vitesse de centrifugation de 3000 rpm pendant 30 min, ce qui suggère une bonne résistance à la séparation des phases.

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

Les observations effectuées au cours du suivi de stabilité des formulations cosmétiques réalisées sont présentées dans le **tableau 21** suivant.

Tableau 21 : Étude de la stabilité des crèmes F1, F2 et F3.

Formulations	Durée de stockage (jours)	Couleur	Odeur	Texture	Pénétration	pH
F1 (HJ)	J0-J5- J10-J15	Blanc clair	Lavande très faible	crémeux	Rapide	5-6
	J20-J60		Odeur de moisissure liée à la présence de moisissures	-	-	-
F2 (HJ +HR)	J0-J60	Blanc un peu cassé	Lavande faible	Crémeux grasse	Lente	5-6
F3 (HJ +HR + Cosgard + BHT)	J0-J60	Blanc cassé	Lavande prononcée	Crémeux grasse	Lente	5-6

-: suivi interrompu

Les images prises au cours du suivi des crèmes sont présentées dans la **photo 6** suivante :

	J0	J20	J60
F1 (HJ)			
F2 (HJ +HR)			
F3 (HJ +HR + Cosgard + BHT)			

Photo 6: Suivi visuel des formulations de crème au cours de la période de conservation.

La préparation F1 à base d'huile de jojoba a gardé sa couleur blanche, son aspect crémeux et un pH compris entre 5 et 6. Cependant, à partir du J20, un développement de moisissures a été observé.

À l'inverse, la formulation F2, élaborée à partir des huiles de jojoba et de roquette, est demeurée stable tout au long de la période de suivi, sans changement apparent de sa couleur, de son aspect ou de son odeur. Cette stabilité pourrait s'expliquer par la résistance à l'oxydation de l'huile de jojoba, liée à sa richesse en composés antioxydants (**Alghazzawi et al., 2025**), ainsi que par l'activité antimicrobienne de l'huile de roquette, qui a montré une inhibition de la croissance des souches bactériennes et fongiques selon la littérature (**Gulfraz et al., 2011**).

De la même façon, la formulation F3, constituée des mêmes huiles, additionnées de Cosgard et de BHT et servant de formulation témoin, a présenté une bonne stabilité durant toute la période d'essai.

La comparaison des formulations F1 et F2 suggère que l'ajout de l'huile de roquette a pu contribuer à l'amélioration de la stabilité de la crème. Cette hypothèse est appuyée par la stabilité observée pour F2, comparable à celle de la formulation témoin F3. Toutefois, des études complémentaires seraient nécessaires afin de confirmer le rôle précis de cette association dans l'amélioration de la stabilité des formulations.

Le suivi de la stabilité des trois formulations cosmétiques, réalisé de J0 à J60, a montré l'impact de l'huile de roquette sur la stabilité antioxydante et microbiologique de la crème F2.

Conclusion générale et perspectives

Cette étude a permis d'évaluer les propriétés organoleptiques, les propriétés physico-chimiques, biologiques et photoprotectrices de trois huiles végétales obtenues par pression à froid : l'huile de graines de jojoba, l'huile de graines de roquette et l'huile de pépins de grenade, en vue de leur valorisation en cosmétique.

Les huiles de jojoba et de roquette ont présenté des caractéristiques conformes aux données rapportées dans la littérature, tandis que l'huile de grenade a présenté des signes d'oxydation secondaire avec un K270 supérieur (2,678) et une odeur de friture usagée, malgré ses excellentes activités antioxydantes ($CI_{50} = 1,430 \pm 0,018$ mg/ml) et photoprotectrices (FPS = 26). C'est pourquoi elle n'a pas été retenue pour la formulation des crèmes.

L'huile de jojoba a servi d'agent structurant et celle de roquette a été intégrée en tant qu'ingrédient actif. Trois formulations ont été développées : une crème à base d'huile de jojoba (F1), une crème associant les huiles de jojoba et de roquette sans Cosgard et sans BHT (F2) et une formulation de référence contenant les deux huiles en présence de Cosgard et de BHT (F3).

Les crèmes préparées avaient un pH compatible avec le pH cutané, et une bonne stabilité après centrifugation. L'observation au microscope a également montré une meilleure homogénéité des formulations contenant l'huile de roquette. Au cours de l'essai de stabilité mené sur 60 jours, la formulation F1 a développé des moisissures après 20 jours, alors que F2 est restée stable tout au long de l'essai en maintenant des caractéristiques organoleptiques satisfaisantes.

Les résultats obtenus montrent, dans l'ensemble, l'intérêt de l'association de l'huile de jojoba comme agent structurant et de l'huile de roquette comme ingrédient actif pour l'élaboration de formulations cosmétiques naturelles stables et de qualité.

Ce travail ouvre plusieurs perspectives de recherches en futures :

- ✓ Améliorer la formulation en testant différentes concentrations d'huile de roquette.
- ✓ Ré-évaluer les activités antioxydantes et antimicrobiennes des huiles avec des solvants plus appropriés.
- ✓ Effectuer des analyses microbiologiques supplémentaires pour valider la stabilité des formulations.
- ✓ Étudier la stabilité des crèmes sur une plus longue durée de stockage et dans différentes conditions de conservation.

- ✓ Étudier l'ajout d'autres huiles végétales ou d'actifs naturels dans des formules cosmétiques futures.
- ✓ Réalisons des études, *in vivo*, afin d'évaluer son potentiel cicatrisant et antimicrobien dans des conditions d'utilisation réelles.

Références bibliographiques

-A-

Aissaoui, Y., & Boukhari, Y. (2021). *Antioxidant, antibacterial and antifungal effects of phenolic extracts of extra virgin olive oil from two western regions of Algeria: A comparative study.* *Phytothérapie*, 19(2), 93–99.

Alfekaik, D. F., & Al-Hilfi, S. A. (2016). *Fatty Acids Composition by (GC-MS) and Most Important Physical Chemicals Parameters of Seed Oil Pomegranate and Grape Seeds.* *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 6(8), 25–31. DOI: 10.13140/RG.2.2.15213.54249.

Al-Ghamdi, A. K., Elkholy, T. A., Abuhelal, S., Al-Abbadi, H., Qahwaji, D., Khalefah, N., Sobhy, H., & Abu-Hilal, M. (2019). *Against antibacterial and antifungal activity of jojoba wax liquid (Simmondsia chinensis).* *Pharmacognosy Journal*, 11(1), 191–194. <https://doi.org/10.5530/pj.2019.11.31>.

Alghazzawi, N. A. M., Al Khouri, H., & Alazzam, B. (2025). Study of the antimicrobial effect of jojoba and wheat germ oils *in vitro*. *International Journal of Health & Medical Research*, 4(3), 158–164. <https://doi.org/10.58806/ijhmr.2025.v4i3n08>.

Aroma-Zone. (n.d.). *Cire émulsifiante n°2 – fiche technique.* <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/cire-emulsifiante-n-2-aroma-zone>

Aroma-Zone. (n.d.). <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/conservateur-cosgard-aroma-zone>

Aroma-Zone. (n.d.). *Hydrolat de rose de Damas de la Vallée M’Gouna BIO – fiche technique.* <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/hydrolat-rose-de-damas-de-la-vallee-mgouna-bio-aroma-zone>

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.

-B-

Badr, A. N., Shehata, M. G., & Abdel-Raze, A. G. (2017). Antioxidant Activities and Potential Impacts to Reduce Aflatoxins Utilizing Jojoba and Jatropha Oils and Extracts. *International Journal of Pharmacology*, 13(8), 1103- 1114. <https://doi.org/10.3923/ijp.2017.1103.1114>.

Biyiti LF, Meko'o DJL, Tamze v, Amvam Zollo PH. (2004). Recherche de l'Activité Antibactérienne de Quatre Plantes Médicinales Camerounaises. *Traditional pharmacology and medicine in Africa*, 13, 11-20.

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

Brooks, S. G., Mahmoud, R. H., Lin, R. R., Fluhr, J. W., & Yosipovitch, G. (2025). [The skin acid mantle: An update on skin pH. Journal of Investigative Dermatology, 145\(3\), 509–521.](https://doi.org/10.1016/j.jid.2024.07.009)
<https://doi.org/10.1016/j.jid.2024.07.009>

- C -

Canselier, J.-P., & Poux, M. (2021). *Procédés d'émulsification : Mécanismes de formation des émulsions* (J2152 V2). Techniques de l'Ingénieur. <https://doi.org/10.51257/a-v2-j2152>

Chen, H. J., Lee, P. Y., Chen, C. Y., Huang, S. L., Huang, B. W., Dai, F. J., Chau, C. F., Chen, C. S., & Lin, Y. S. (2022). Moisture retention of glycerin solutions with various concentrations : A comparative study. *Scientific Reports*, 12(1), 10232.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-13452-2>

Cheng, C., Yu, X., Geng, F., Wang, L., Yang, J., Huang, F., & Deng, Q. (2022). Review on the Regulation of Plant Polyphenols on the Stability of Polyunsaturated-Fatty-Acid-Enriched Emulsions : Partitioning Kinetic and Interfacial Engineering. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(12), 3569- 3584. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c05335>

Conseil Oléicole International. (2019). Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive (COI/T.15/NC No 3/Rév. 14). Conseil Oléicole International

Couteau, C., Benjamin, S., Fourel, C., Papis, E., & Coiffard, L. (2007). Influence de certains corps gras sur le Sun Protection Factor (SPF) mesuré *in vitro*. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 14(2), 81- 83. <https://doi.org/10.1051/ocl.2007.0109>

Crompagnie, L., Lacheney, C., Pibouleau, P., Sorgniard, A., Tosser-Chevillon, C., Traullé, C., Lacote, M., Tessier, C., Criqui, D., Demessance, A., Dietz, J.-L., Pellerin, H., & Sidin, M.

(2021). Fiche 31. Les émulsions. *Le Volum' BTS*, 119-122.
<https://doi.org/10.3917/fouch.criqu.2021.01.0119>.

Cuvelier, M.-E., & Maillard, M.-N. (2012). Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 19(2), 125-132.
<https://doi.org/10.1051/ocl.2012.0440>

-D-

Da Silva, J. D., Silva, F. A. M., & Rodrigues, C. F. (2025). Microbial Contamination in Cosmetic Products. *Cosmetics*, 12(5), 198. <https://doi.org/10.3390/cosmetics12050198>.

David, M. N. V., & Akhondi, H. (2023). Emulsions. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK559084/>

Dimakou, C., & Oreopoulou, V. (2012). Antioxidant activity of carotenoids against the oxidative destabilization of sunflower oil-in-water emulsions. *LWT - Food Science and Technology*, 46(2), 393-400. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.12.013>

Doumeix, O. (2011). *Opérations unitaires en génie biologique. Vol. 1 : Les émulsions*. SCÉRÉN-CNDP-CRDP Aquitaine.

Eid, A. M., Jaradat, N. A., Al-Masri, M., Issa, L., Zubidat, F., Asrawi, H., & Ahmad, S. (2020). Development and antimicrobial evaluation of Eruca sativa oil nanoemulgel with determination of the oil antioxidant, sun protection factor and elastase inhibition. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 21(3), 244–255.
<https://doi.org/10.2174/1389201021666200110095930>

-E-

Elnimiri, K., & Nimir, H. (2011). Biological and Chemical Assessment of the Sudanese Jojoba (*Simmondsia chinensis*) Oil. *International Journal of Natural Product and Pharmaceutical Sciences*, 2(1), 28–39.

El-Shazly, H. A. M., Mohamed, E. S. A., & Abdelatif, S. H. (2017). Effect of pomegranate seed oil on certain food spoilage microorganisms and its role in shelf life of cream. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 8(4), 173–178.

-F-

Flanders, A., & Abdulkarim, S. M. (1985). *The Composition of Seed and Seed Oils of Taramira (Eruca sativa).* Journal of the American Oil Chemists' Society (JAOCS), 62(7), 1134–1135.

-G-

Gulfraz, M., Sadiq, A., Tariq, H., Imran, M., Qureshi, R., & Zeenat, A. (2011). *Phytochemical analysis and antibacterial activity of Eruca sativa seed.* Pakistan Journal of Botany, 43(2), 1351–1359.

-H-

Halla, N., Fernandes, I. P., Heleno, S. A., Costa, P., Boucherit-Otmani, Z., Boucherit, K., Rodrigues, A. E., Ferreira, I. C. F. R., & Barreiro, M. F. (2018). Cosmetics Preservation : A Review on Present Strategies. *Molecules*, 23(7), 1571.
<https://doi.org/10.3390/molecules23071571>

Hamid, S., Sahar, A., Malik, F., Hussain, S., Mahmood, R., Ashfaq, K. M., Malik, T. A., Hassan, A., & Chaudhry, A. H. (2014). *Physico-chemical investigation and antioxidant activity studies on extracts of Eruca sativa seed.* International Journal of Pharmaceutical Chemistry, 4(4), 160–165. <https://doi.org/10.7439/ijpc>

Huanbutta, K., Chuttong, B., Danmek, K., Sriamornsak, P., Suwanpitak, K., & Sangnim, T. (2026). Beeswax in Pharmaceutical Sciences : A Comprehensive Review of Its Chemical Composition, Functional Applications, Types, and Formulation Roles. *International Journal of Molecular Sciences*, 27(8), 3486. <https://doi.org/10.3390/ijms27083486>

-I-

INTERCHIMIE. (2018, juillet). [Huile de jojoba vierge : Dossier technique et réglementaire.](#)

International Federation of Societies of Cosmetic Chemists. (1997). *Nature*, 183(4672), 1366- 1367. <https://doi.org/10.1038/1831366e0>

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

-J-

- Jora, M.** (2012). Chimie analytique des corps gras. Éditions Universitaires Européennes.
- Jora, M.** (2011). Chimie analytique des corps gras. Éditions Universitaires Européennes.
- Juchniewicz, S., & Harasym, J. (2026).** Oxidation Mechanism in Bigels and Emulgels—Challenges and Solutions. *Molecules*, 31(6), 970. <https://doi.org/10.3390/molecules31060970>

-K-

- Kaibeck, J. (2024).** *Les huiles végétales*. Leduc poche.
- Khan, M. F., Sheraz, M. A., Ahmed, S., Kazi, S. H., & Ahmad, I. (2014).** ISSN 2311-4673 *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences (Volume 2, Issue 2, 2014)*. 2.
- Khoddami, A., Man, Y. B. C., & Roberts, T. H. (2014).** Physico-chemical properties and fatty acid profile of seed oils from pomegranate (*Punica granatum* L.) extracted by cold pressing. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(5), 553-562. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201300416>
- Khoobchandani, M., Ojeswi, B. K., Ganesh, N., Srivastava, M. M., Gabbanini, S., Matera, R., Iori, R., & Valgimigli, L. (2010).** Antimicrobial properties and analytical profile of traditional Eruca sativa seed oil : Comparison with various aerial and root plant extracts. *Food Chemistry*, 120(1), 217-224. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.011>

-L-

- Lachman, L., & Lieberman, H. A. (1986).** The theory and practice of industrial pharmacy (3rd ed.). Lea & Febiger.
- Lammari, N., Louaer, O., Meniai, A. H., Fessi, H., & Elaissari, A. (2021).** Plant oils : From chemical composition to encapsulated form use. *International Journal of Pharmaceutics*, 601, 120538. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.120538>
- Loukhamas, S., Kerak, E., Elgadi, S., Ettalibi, F., El Antari, A., & Harrak, H. (2021).** Oil Content, Fatty Acid Composition, Physicochemical Properties, and Antioxidant Activity of Seed Oils of Ten Moroccan Pomegranate Cultivars. *Journal of Food Quality*, 2021, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2021/6617863>

-M-

Manea, C.-E., Mihăilescu, C.-M., Mihăilă, M. A., Sandulovici, R. C., Cord, D., Rîmbu, M. C., Marin, F. A., Boldeiu, A., Țucureanu, V., Turcu-Știolică, A., Amzoiu, M. O., Truță, E., & Gălățanu, M. L. (2026). *Development and physicochemical characterization of an argan–castor oil O/W emulsion for cosmetic applications.* *Cosmetics*, **13**(2), 78. <https://doi.org/10.3390/cosmetics13020078>

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

Michalak, M., Blońska-Sikora, E., Dobros, N., Spalek, O., Zielińska, A., & Paradowska, K. (2024). *Bioactive compounds, antioxidant properties, and cosmetic applications of selected cold-pressed plant oils from seeds.* *Cosmetics*, **11**(5), 153. <https://doi.org/10.3390/cosmetics11050153>

-N-

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

Nitbani, F. O., Tjitda, P. J. P., Nitti, F., Jumina, J., & Detha, A. I. R. (2022). Antimicrobial Properties of Lauric Acid and Monolaurin in Virgin Coconut Oil : A Review. *ChemBioEng Reviews*, **9**(5), 442-461. <https://doi.org/10.1002/cben.202100050>

Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive (COI/T.15/NC N° 3/Rév. 14). Madrid, Espagne: COI. <https://www.internationaloliveoil.org/>

-O-

Owon, M. A., Noaman, M. A., Nour El-Din, M. R., & Osman, M. A. (2005). *Chemical and technological studies on rocket (Eruca sativa) seed oil: Characterization of rocket seed oil.* *Journal of Food and Dairy Sciences*, **30**(1), 383–395. <https://doi.org/10.21608/jfds.2005.237118>.

-P-

Pavlačková, J., Egner, P., Mokrejš, P., & Janalíková, M. (2024). Formulating Sustainable Emulsions : Mandelic Acid and Essential Oils as Natural Preservatives. *Molecules*, **29**(18), 4510. <https://doi.org/10.3390/molecules29184510>

- Pavlačková, J., Kovacsová, K., Radiměřský, P., Egner, P., Sedlaříková, J., & Mokrejš, P. (2018).** Stability and in vivo efficiency of natural cosmetic emulsion systems with the addition of vegetable oils. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 54(3). <https://doi.org/10.1590/s2175-97902018000317693>
- Pavlović, N., Žabić, K., Zaklan, D., Milutinov, J., Ćirin, D., & Krstonošić, V. (2026).** Phytocosmetic Water-in-Oil Emulsions with Plant Oils : Physicochemical, Rheological and Photoprotective Evaluation. *Cosmetics*, 13(1), 23. <https://doi.org/10.3390/cosmetics13010023>
- Pharmacopée Européenne. (2020).** Chapitre 2.9.34 : Densité apparente et densité tassée des poudres. Dans Pharmacopée Européenne (10e éd.). Strasbourg : Conseil de l'Europe, Direction européenne de la qualité du médicament (EDQM).
- Poljšak, N., & Kočever Glavač, N. (2022).** Vegetable Butters and Oils as Therapeutically and Cosmetically Active Ingredients for Dermal Use : A Review of Clinical Studies. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 868461. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.868461>
- Ponce AG, Fritz R, del Valle C, Roura SI. (2003).** Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *Society of Food Science and Technology*, 36(7), 679-684.
- Puspa, A. O., Handayani, S., Setiasih, S., & Hudiyono, S. (2020).** Synthesis of oxidized ricinoleic acid esters as antimicrobial and emulsifier compounds. 020018. <https://doi.org/10.1063/5.0001341>

-R-

- Rahim, M. A., Ayub, H., Sehrish, A., Ambreen, S., Khan, F. A., Itrat, N., Nazir, A., Shoukat, A., Shoukat, A., Ejaz, A., Özogul, F., Bartkiene, E., & Rocha, J. M. (2023).** Essential Components from Plant Source Oils : 28. A Review on Extraction, Detection, Identification, and Quantification. *Molecules*, 28(19), 6881. <https://doi.org/10.3390/molecules28196881>
- Ranjithkumar, J., Sameesh, A., & Ramakrishnan, H. (2016).** Sun Screen Efficacy of *Punica granatum* (Pomegranate) and *Citrullus colocynthis* (Indrayani) Seed Oils.

- Ricardo, F., Pradilla, D., Cruz, J. C., & Alvarez, O. (2021).** Emerging Emulsifiers : Conceptual Basis for the Identification and Rational Design of Peptides with Surface Activity. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9), 4615. <https://doi.org/10.3390/ijms22094615>
- Rybczyńska-Tkaczyk, K., Grenda, A., Jakubczyk, A., Kiersnowska, K., & Bik-Małodzińska, M. (2023).** Natural Compounds with Antimicrobial Properties in Cosmetics. *Pathogens*, 12(2), 320. <https://doi.org/10.3390/pathogens12020320>

-S-

- Sayre, R. M., Agin, P. P., LeVee, G. J., & Marlowe, E. (1979).** A comparison of in vivo and *in vitro* testing of sunscreens formulas. *Photochemistry and Photobiology*, 29, 559–566.
- Shaygannia, E., Bahmani, M., Zamanzad, B., & Rafieian-Kopaei, M. (2016).** [A Review Study on Punicagranatum L.](#) *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 21(3), 221–227. <https://doi.org/10.1177/2156587215598039>
- Sikora, E. (avec Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki). (2019).** *Cosmetic emulsions : Monograph*. Wydawnictwo PK.
- Spada, F., Barnes, T. M., & Greive, K. A. (2018).** Skin hydration is significantly increased by a cream formulated to mimic the skin's own natural moisturizing systems. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology, Volume 11*, 491-497. <https://doi.org/10.2147/CCID.S177697>

-T-

- Tadros, T. (2013).** Emulsion Formation, Stability, and Rheology. In *Emulsion Format. Stab.* (p. 1-75). <https://doi.org/10.1002/9783527647941.ch1>
- Tang, L., Cao, M., Liao, C., Liu, R., Chang, M., & Wang, X. (2023).** Migration of tocopherols from the oil phase to the oil–water interface using phospholipids improved the oxidative stability of O/W emulsions. *Food Chemistry*, 414, 135719. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135719>
- Tang, Z., & Du, Q. (2024).** Mechanism of action of preservatives in cosmetics. *Journal of Dermatologic Science and Cosmetic Technology*, 1(4), 100054. <https://doi.org/10.1016/j.jdsct.2024.100054>
- Thiele, J. J., & Ekanayake-Mudiyanse, S. (2007).** Vitamin E in human skin : Organ-specific physiology and considerations for its use in dermatology. *Molecular Aspects of Medicine*, 28(5-6), 646-667. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2007.06.001>

Thomas J, Thanigaivel S, Vijayakumar S, Acharya K, Shinge D, Seelan TSJ, Mukherjee A, Chandrasekaran N. (2014). Pathogenecity of *Pseudomonas aeruginosa* in *Oreochromis mossambicus* and treatment using lime oil nanoemulsion. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 116:372-377.

Torres, M., Lloret, C., Sosa, M., & Maestri, D. (2006). Composition and oxidative stability of soybean oil in mixtures with jojoba oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108(6), 513-520. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200500282>

-V-

Vansika, Kiran C Rodage, Bellale Sneha Somnath, Bavage Ashlesha Shivanand, & Torkade Vishal Mahadev. (2024). Review on Anti-Aging Cream. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 638-649. <https://doi.org/10.48175/IJARST-22886>

Villière, A., & Genot, C. (2006). Approche physico-chimique et sensorielle de l'oxydation des lipides en émulsions. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 13(2-3), 152-159. <https://doi.org/10.1051/ocl.2006.0028>

-W-

Walasek-Janusz, M., Grzegorzczak, A., Zalewski, D., Malm, A., Gajcy, S., & Gruszecki, R. (2022). Variation in the Antimicrobial Activity of Essential Oils from Cultivars of *Lavandula angustifolia* and *L. × intermedia*. *Agronomy*, 12(12), 2955. <https://doi.org/10.3390/agronomy12122955>

Walrand, S., Fisch, F., & Bourre, J.-M. (2010). Tous les acides gras saturés ont-ils le même effet métabolique ? *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 24(2), 63-75. <https://doi.org/10.1016/j.nupar.2010.02.003>

Wehrlé, P. (2007). *Pharmacie galénique : Formulation et technologie pharmaceutique*. Paris, France: Maloine.

-Y-

Yara-Varón, E., Li, Y., Balcells, M., Canela-Garayoa, R., Fabiano-Tixier, A.-S., & Chemat, F. (2017). Vegetable Oils as Alternative Solvents for Green Oleo-Extraction, Purification and

Formulation of Food and Natural Products. *Molecules*, 22(9), 1474.
<https://doi.org/10.3390/molecules22091474>

-Z-

Zhang, J., Zhu, J., Cheng, Y., & Huang, Q. (2023). Recent Advances in Pickering Double Emulsions and Potential Applications in Functional Foods : A Perspective Paper. *Foods*, 12(5), 992. <https://doi.org/10.3390/foods12050992>

ملخص

في ظلّ تزايد المخاوف بشأن المواد الحافظة التقليدية، تكتسب الزيوت النباتية اهتمامًا متزايدًا في مجال مستحضرات التجميل، بفضل خصائصها الطبيعية وإمكاناتها متعددة الفوائد. وفي هذا الإطار، هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الخصائص الحسية والفيزيائية والكيميائية والحيوية والواقية من الأشعة فوق البنفسجية لثلاثة زيوت نباتية مستخلصة بالعصر على البارد، وهي: زيت بذور الجوجوبا، وزيت بذور الجرجير، وزيت بذور الرمان. أظهرت نتائج الدراسة أن زيتي الجوجوبا والجرجير يمتنعان بجودة جيدة ويستوفيان المعايير المطلوبة للاستخدام في مستحضرات التجميل. في المقابل، أظهر زيت بذور الرمان علامات أكسدة رغم امتلاكه نشاطًا مضادًا للأكسدة متميزًا ($CI_{50} = 1.430 \pm 0.018$ ملغ/مل)، إضافة إلى فعالية عالية في الحماية من الأشعة فوق البنفسجية (عامل الحماية من الشمس $SPF = 26$)، وهي أعلى من تلك المسجلة لزيتي الجوجوبا والجرجير. واستنادًا إلى هذه النتائج، تم اختيار زيت الجوجوبا كعامل مُهيكل، وزيت الجرجير كمكون فعال في تركيب الكريمات. وأظهر تقييم الثبات أن الصيغة **F2**، التي تحتوي على زيتي الجوجوبا والجرجير، حافظت على خصائصها الجيدة وظلت مستقرة لمدة **60 يومًا** دون إضافة أي مواد حافظة، على عكس الصيغة **F1** التي تحتوي على زيت الجوجوبا فقط، والتي ظهرت فيها أعفان بعد **20 يومًا**. كما كانت درجة ثبات الصيغة **F2** مماثلة لثبات الصيغة **F3** التي تحتوي على مواد حافظة مضادة للميكروبات ومضادات للأكسدة. وتبرز هذه النتائج أهمية الجمع بين زيتي الجوجوبا والجرجير في تطوير مستحضرات تجميل طبيعية مستقرة وعالية الجودة، دون الحاجة إلى استخدام المواد الحافظة.

الكلمات المفتاحية: الزيوت النباتية، مراقبة الجودة، مستحضرات التجميل، الكريمات، الثبات، النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للميكروبات.

Résumé

Devant les inquiétudes croissantes au sujet des conservateurs conventionnels, les huiles végétales suscitent un intérêt croissant dans le domaine cosmétique, grâce à leurs propriétés naturelles et à leur potentiel d'action multiple. Dans ce cadre, l'étude a consisté à évaluer les propriétés organoleptiques, physico-chimiques, biologiques et photoprotectrices de trois huiles végétales obtenues par pression à froid : l'huile des graines de jojoba, l'huile des graines de roquette et l'huile de pépins de grenade. Les huiles de jojoba et de roquette présentaient une qualité satisfaisante et répondaient aux critères requis pour une utilisation cosmétique. En revanche, l'huile de pépins de grenade a montré des signes d'oxydation malgré ses remarquables activités antioxydante ($CI_{50} = 1,430 \pm 0,018$ mg/ml) et photoprotectrice ($FPS = 26$), supérieures à celles des huiles de jojoba et de roquette. À partir de ces résultats, nous avons choisi l'huile de jojoba comme agent structurant et l'huile de roquette comme ingrédient actif pour la formulation des crèmes. L'évaluation de la stabilité a montré que la formulation F2 contenant les huiles de jojoba et de roquette conservait de bonnes performances et restait stable pendant 60 jours sans ajout de conservateur, contrairement à la crème F1 contenant seulement l'huile de jojoba, qui avait présenté des moisissures après 20 jours. La stabilité de F2 est comparable à celle de la crème contenant des conservateurs antimicrobiens et des antioxydants F3. Ces résultats soulignent l'intérêt de combiner ces deux huiles pour développer des formulations cosmétiques naturelles stables et de bonne qualité sans l'utilisation de conservateurs.

Mots-clés : huiles végétales, contrôle de qualité, cosmétiques, crèmes, stabilité antioxydante et antimicrobienne.

Abstract

In light of growing concerns about conventional preservatives, vegetable oils are attracting increasing interest in the cosmetics industry, thanks to their natural properties and potential for multiple benefits. This study evaluated the organoleptic, physicochemical, biological, and photoprotective properties of three cold-pressed vegetable oils: jojoba seed oil, rocket seed oil, and pomegranate seed oil. Jojoba and rocket oils were of satisfactory quality and met the criteria required for cosmetic use. However, pomegranate seed oil showed signs of oxidation despite its remarkable antioxidant ($IC_{50} = 1,430 \pm 0,018$ mg/ml) and photoprotective ($SPF = 26$) activities, which were superior to those of jojoba and rocket oils. Based on these results, we selected jojoba oil as a structuring agent and rocket oil as the active ingredient for the cream formulation. Stability testing showed that formulation F2, containing jojoba and rocket oils, performed well and remained stable for 60 days without the addition of preservatives, unlike cream F1, containing only jojoba oil, which developed mold after 20 days. The stability of F2 is comparable to that of cream F3, which contains antimicrobial preservatives and antioxidants. These results highlight the potential of combining these two oils to develop stable, high-quality natural cosmetic formulations without the use of preservatives.

Keywords: vegetable oils, quality control, cosmetics, creams, antioxidant and antimicrobial stability

