

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département de Biologie



Projet de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme de Master en: Biologie
Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Biochimie

Thème

**Évaluation de l'activité antioxydante synergique (*in vitro*) des huiles essentielles
extraites de trois plantes médicinales (*Rosmarinus officinalis*, *Salvia officinalis* et
Laurus nobilis) issues de la région d'Aïn Témouchent**

Soutenu le : 21/06/2026

Présenté Par :

- 1) Melle **DJILALI BENHAMIDA** Bochra
- 2) Melle **DFEILI** Chahrazed

Devant le jury composé de :

Dr. TAHARI Fatima Zohra	MCA	UAT.B.B (Ain Témouchent)	Présidente
Dr. GUEROUÏ Mouna	MCB	UAT.B.B (Ain Témouchent)	Examinatrice
Dr. BENYOUCEF Fatima	MCB	UAT.B.B (Ain Témouchent)	Encadrante
Dr. RAHMANI Khaled	MCA	UAT.B.B (Ain Témouchent)	Co-Encadrant

Année Universitaire 2025/2026

Table Des Matières

Remerciement	☐
Résumés.....	☐
Liste des abriviations	☐
Liste des tableaux	☐
Liste des figures	☐
Introduction	☐
 Chapitre 01 : Synthèse bibliographique	☐
1. Généralités sur les plantes médicinale	01
2. Définition des plantes médicinales.....	02
3. Principe actif	02
4. Description de plantes étudiées	03
4.1. <i>Rosmarinus officinalis</i> L.....	03
4.1.1. Description botanique	04
4.1.2. Nomenclature	04
4.1.3. Systématique	04
4.1.4. Habitat et répartition géographique	04
4.1.5. Usage et utilisation en médecine traditionnelle	05
4.1.6. Composition chimique (HE)	06
4.1.7. Toxicité	06
4.2. <i>Salvia officinalis</i>	07
4.2.1. Description botanique	07
4.2.2. Nomenclature	08
4.2.3. Systématique	08
4.2.4. Habitat et répartition géographique	08
4.2.5. Usage et utilisation en médecine traditionnelle	09
4.2.6. Composition chimique (HE)	09
4.2.7. Toxicité	10
4.3. <i>Laurus nobilis</i>	10
4.3.1. Description botanique	10

4.3.2. Nomenclature	11
4.3.3. Systématique	11
4.3.4. Habitat et répartition géographique	12
4.3.5. Usage et utilisation en médecine traditionnelle	12
4.3.6. Composition chimique (HE)	13
4.3.7. Toxicité	13

Chapitre 02 : Méthodes d'extraction des huiles essentielles

1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau	14
1.1. Montages	14
1.2. Principe	14
1.3. Avantage et inconvénient	14
2. Extraction par solvant organique	15
2.1. Montages	15
2.2. Principe	15
2.3. Avantage et inconvénient	15
3. Extraction assistée par micro-ondes	16
3.1. Montages	16
3.2. Principe	16
3.3. Avantage et inconvénient	16
4. Extraction par fluide à l'état supercritique	17
4.1. Montages	17
4.2. Principe	17
4.3. Avantage et inconvénient	17
5. Extraction par hydro distillation	18
5.1. Montages	18
5.2. Principe	18
5.3. Avantage et inconvénients	18

Chapitre 03 : Les huiles essentielles

1. Généralité sur les huiles essentielles	19
2. Définition	19
3. Utilisation historique et actuelle des huiles essentielles	20
4. Propriétés organoleptiques	21

4.1. La couleur	21
4.2. L'odeur	21
4.3. La saveur	21
5. Propriétés physiques	21
6. Propriétés reconnues des huiles essentielles	22
7. Critères de qualité des huiles essentielles.....	22
8. Composition chimique	23
8.1. Les Monoterpènes hydrocarbonés	25
8.2. Les Monoterpènes oxygénés.....	25
8.3. Diterpènes hydrocarbonés	26
8.4. Diterpènes oxygénés	27
8.5. Les Sesquiterpènes hydrocarbonés	28
8.6. Les Sesquiterpènes oxygénés	29
9. Activités biologiques	30
9.1. Activités antioxydante	30
9.2. Activités antibactérienne	31
9.3. Activités antiinflammatoire	31
9.4. Activités antiinsecticide	31
9.5. Activités anticancéreuse	32

Chapitre 04 : Matériel et méthode.....	41
1. Matériel végétal.....	33
2. Extraction d'huile essentielle (HE).....	33
2.1. Principe.....	33
2.2. Mode opératoire	33
3. Activité antioxydant de l'huile essentielle.....	34
3.1. Méthode de réduction du radical libre (DPPH)	35
3.1.1. Mode opératoire	35
3.1.2. Le pourcentage de l'inhibition	36
3.2. Méthode de réduction des ions ferreux (FRAP)	36
3.2.1. Mode opératoire	37
3.2.2. Le pourcentage de l'inhibition	38

Chapitre 05 : Résultats et discussions	
I. Résultats.....	39
I.1. Résultat d'extraction d'huile essentielle.....	39
I.2. Résultats d'activité antioxydant par DPPH	40
I.2.1. Matrice individuelle des huiles essentielles par la méthode de DPPH.....	40
I.2.2. Matrice croisée des huiles essentielles par la méthode DPPH	40
I.2. Résultats d'activité antioxydant par FRAP.....	42
I.2.2. Matrice individuelle des huiles essentielles par la méthode FRAP.....	43
I.3.2. Matrice croisée des huiles essentielles par la méthode FRAP	43
2. Discussions.....	44
Conclusion général	
Références bibliographiques	



Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Avant de commencer la présentation de ce travail, nous profitons de l'occasion pour remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études.

Nos remerciements les plus respectueux vont Dr TATTARI Fatima Zohra qui a bien voulu nous faire l'honneur de présider le jury. Veuillez trouver ici Madame le témoignage de notre reconnaissance et notre respect le plus profond.

Nous remercions également Dr GUERDUI M pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'examiner ce travail et de siéger parmi cet honorable jury. Veuillez accepter ce travail, en preuve de notre grand respect et de toutes nos profondes reconnaissances.

Nous remercions tous particulièrement notre encadrants Dr BENYOUNCEF Fatima et Dr RAHMANI Khaled Vous avez bien voulu nous confier ce travail riche d'intérêt et nous guider à chaque étape de sa réalisation. Vous nous avez toujours réservé le meilleur accueil, malgré vos obligations professionnelles. Vos encouragements inlassables, votre confiance, votre gentillesse, votre patience méritent toute admiration. Aucune expression de gratitude ne sera suffisante pour vous exprimer notre respect et notre reconnaissance.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenus dans la poursuite de nos études.

A toutes et tous, un grand merci !





Dédicace

Je dédie cet ouvrage modeste à toutes celles et tous ceux, mes proches et mes lointains, qui m'ont soutenue et accompagnée tout au long de mon cursus, et qui ont contribué par leurs encouragements et leur présence à l'aboutissement de ce projet.

Je le dédie également à moi-même, pour la patience, la persévérance et les efforts fournis dans la réalisation de ce travail, jalonné de difficultés et de défis. Je n'ai jamais perdu espoir, car chaque expérience a été bénéfique. L'assiduité et la détermination ont été mes meilleures alliées jusqu'à atteindre cet objectif dont je suis fière aujourd'hui.

À ma très chère mère,

Quel que soit le mot utilisé, il ne suffira jamais à exprimer toute ma reconnaissance. Ton amour, ta tendresse et tes prières ont toujours été une lumière guidant mon chemin. Un grand merci pour ton soutien inconditionnel, ta patience et ta présence réconfortante.

À mon cher père,

Merci pour tous les sacrifices, ton soutien et tes encouragements constants. Tu as toujours été un pilier et une source de motivation. J'espère que ce travail témoignera de ma reconnaissance et de mon profond respect.

À ma très chère sœur Jihane,

Je t'adresse ce travail avec tout mon amour. Merci pour ta présence, ton soutien moral et tes paroles réconfortantes qui m'ont donné la force de continuer. Que ta vie soit douce, heureuse, pleine de succès et de sérénité.

À mes très chères amies Bochra, Ferial, Mouna et Kheira,

Je vous remercie pour votre présence, votre soutien et tous les moments de joie, de partage et même de larmes durant cette belle aventure. Votre amitié et vos encouragements m'ont beaucoup aidée à rester motivée et heureuse. Je vous souhaite beaucoup de réussite et de bonheur dans l'avenir.

À toute ma famille,

Je vous remercie pour votre amour, votre confiance et votre soutien qui m'ont toujours aidée à avancer.

À mes amis et à tous mes enseignants,

J'exprime ma profonde gratitude pour vos conseils, votre aide et votre accompagnement tout au long de mon parcours.

Enfin, je remercie Allah qui m'a donné la force et la volonté d'achever ce travail, et je Lui demande de m'accorder encore succès et réussite dans l'avenir.

Chahrazed





Dédicace

Tout d'abord, je remercie DIEU de m'avoir donné la force, la patience et le courage nécessaires pour accomplir ce modeste travail.

Je dédie ce mémoire :

À moi-même

À la persévérance que j'ai su préserver, à la discipline que j'ai cultivée et aux efforts que je n'ai jamais abandonnés.

Aux jours de doute où j'ai continué malgré tout, et aux épreuves qui m'ont appris à devenir plus forte et plus mature.

Ce travail représente mon évolution, ma détermination et la confiance que j'ai appris à construire au fil du temps.

Je me le dédie avec gratitude, fierté et respect.

À ma très chère mère

Merci pour ton amour inconditionnel, ta patience infinie et ton soutien silencieux. Tu as Toujours été ma lumière dans les moments difficiles et ma plus grande source de courage.

À mon père

Merci pour tes conseils, ta sagesse et les valeurs que tu m'as transmises.

Tu m'as appris que la réussite se construit avec patience, volonté et persévérance. À mes frères et sœurs

Houssam Eddine, Chaïma et Mustapha

Merci pour votre présence, votre soutien et vos encouragements sincères.

Vous avez toujours été une source de force et de motivation dans mon parcours.

À mes très chères amies

Chahrazad, Feryal, Kheira et Fatima Zahra, ainsi qu'à sa petite fille Saja

Merci pour votre affection, votre écoute, votre soutien et tous les moments partagés.

Votre présence à mes côtés a rendu ce parcours plus léger et plus beau. À ma grande famille

À tous les membres de ma grande famille, particulièrement mes chères tantes et leurs enfants, pour leur présence, leur bienveillance et leur soutien dans les moments difficiles.

À mes enseignants et enseignantes

Merci pour votre patience, votre savoir et les connaissances que vous m'avez transmises tout au long de mon parcours universitaire. Vos conseils et votre accompagnement ont grandement contribué à ma formation et à mon évolution.

*À toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail
Recevez ici l'expression de ma profonde gratitude.*

Bochra



ملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة النشاط المضاد للأكسدة (بطريقة DPPH و FRAP) للزيوت الأساسية الفردية و كذا المخاليط المتصلبة لثلاثة نباتات طبية عطرية : (اكليل الجبل) *Rosmarinus officinalis L* و (الميرمية) *salvia officinalis* و (اوراق شجرة الغار) *Laurus nobilis* حيث تم استخراج الزيوت الأساسية عن طريق التقطير المائي.

أظهرت نتائج تحليل DPPH للزيوت المنفردة تسلسلاً واضحاً للأنشطة المضادة للأكسدة، حيث سجل زيت الغار *L. nobilis* أداءً استثنائياً بقيمة ، يضاهي أداء حمض الأسكوربيك و يتفوق على BHT بينما أظهر كل من إكليل الجبل *R. officinalis* بقيمة الميرمية *S. officinalis* بقيمة أنشطة أقل بكثير، وكانت الأخيرة أقل فعالية بشكل ملحوظ من حمض الأسكوربيك و BHT. كشف تحليل المخاليط المتصلبة عن تفاعلات معقدة بين الزيوت العطرية، حيث يُظهر المزيج الثلاثي أقوى فعل تآزري ، قريباً من BHT. تؤكد المخاليط الثنائية المحتوية على *L. nobilis* دوره كمحفز رئيسي، إذ تتجاوز فعاليتها زيت *S. officinalis* بـ 6-7 مرات وزيت *R. officinalis* بـ 4-5 مرات. يُظهر مزيج *R. officinalis / S. officinalis* تباغضاً جزئياً.

أكدت نتائج اختبار FRAP للزيوت المنفردة وتوافقت مع نتائج اختبار DPPH ، حيث كشفت عن تسلسل مماثل للأنشطة المضادة للأكسدة للزيوت العطرية المنفردة، و أظهرت ان لزيت *Laurus nobilis* قدرة اختزالية مرتفعة جداً متفوقة بكثير على BHT وقريبة جداً من حمض الأسكوربيك، مما يؤكد مكانته كزيت مضاد للأكسدة من الدرجة الأولى ؛ بينما أظهر زيت إكليل الجبل نشاطاً ملحوظاً لكنه أقل من حمض الأسكوربيك و BHT ، وسجلت الميرمية أضعف نشاط ، أقل بكثير من حمض الأسكوربيك و BHT. كشفت دراسة المخاليط المتقاطعة بطريقة FRAP عن تأثيرات تآزرية لجميع المخاليط المختبرة ، حيث تفوق المزيج الثنائي لزيوت *R. officinalis / L. nobilis* و متجاوزا BHT بأعلى قدرة اختزالية، مؤكداً دور *L. nobilis* المحفز. أظهر المزيج الثلاثي أيضاً نشاطاً مضاداً للأكسدة قوياً جداً وقريب من BHT ، بينما كان مزيج *R. officinalis / S. officinalis* الأقل أداءً ، موضحاً مرة أخرى غياب التكامل بين هذين الزيتين. بينما يعد المزيج *R. officinalis / L. nobilis* أقوى بـ 5 مرات من *R. officinalis* ؛ المزيج الثلاثي أقوى بـ 6 مرات من *S. officinalis* ومرتين من *R. officinalis* ، مما يثبت أن *L. nobilis* يعزز النشاط بشكل كبير. مع ذلك، أظهر مزيج *S. officinalis / L. nobilis* تباغضاً مقارنة بـ *L. nobilis* النقي رغم تآزره مع *S. officinalis* . كما سجل مزيج *R. officinalis / S. officinalis* تباغضاً جزئياً تجاه *R. officinalis* . يتضح من التصنيف العام أن المخاليط المحتوية على *L. nobilis* تتجاوز BHT دائماً، وتُعد بدائل طبيعية واعدة مشروطة بدراسات تكميلية على الاستقرار والسمية والفعالية.

الكلمات المفتاحية: الزيوت الأساسية ، نباتات طبية عطرية ، التقطير المائي، مضاد للأكسدة ، تأثير تآزري.

Résumé

Le présent travail étudie l'activité antioxydante (**DPPH** et **FRAP**) des huiles essentielles de *R. officinalis*, *S. officinalis* et *L. nobilis*, extraites par hydrodistillation, seules et en mélanges croisés.

Par DPPH, *L. nobilis* affiche une performance exceptionnelle, comparable à l'acide ascorbique et supérieure au BHT. *R. officinalis* et *S. officinalis* sont nettement moins actives.

L'analyse des mélanges croisés a mis en évidence des interactions complexes entre les huiles essentielles, le mélange ternaire montrant l'effet synergique le plus prononcé, proche du BHT. Les mélanges binaires contenant *L. nobilis* confirment son rôle d'activateur central, étant 6 à 7 fois plus actifs que l'huile de *S. officinalis* et 4 à 5 fois plus que *R. officinalis*. Le mélange *R. officinalis* / *S. officinalis* montre un antagonisme partiel.

Les résultats du test FRAP des huiles individuelles ont confirmé et concordé avec ceux du test DPPH, révélant une hiérarchie comparable des activités antioxydantes. L'huile de *Laurus nobilis* a affiché une capacité réductrice la plus élevée ($IC_{50} > BHT$), tandis que l'huile de romarin présentait une activité notable, et la sauge enregistrait l'activité la plus faible.

L'étude des mélanges croisés par FRAP a révélé des effets synergiques pour l'ensemble des mélanges testés. Le mélange *R. officinalis* / *L. nobilis* affiche la capacité réductrice la plus élevée ($IC_{50} > BHT$). Le mélange ternaire a également affiché une activité antioxydante très forte, tandis que le mélange *R. officinalis* / *S. officinalis* était le moins performant. Le mélange *R. officinalis* / *L. nobilis* est 5 fois plus fort que *R. officinalis* ; le mélange ternaire est 6 fois plus fort que *S. officinalis* et 2 fois plus fort que *R. officinalis*, prouvant que *L. nobilis* renforce considérablement l'activité. Cependant, le mélange *S. officinalis* / *L. nobilis* a montré la plus faible synergie. Le mélange *R. officinalis* / *S. officinalis* a enregistré un antagonisme partiel vis-à-vis de *R. officinalis*.

Le classement global montre clairement que les mélanges contenant *L. nobilis* dépassent systématiquement le BHT, et constituent des alternatives naturelles prometteuses, sous réserve d'études complémentaires sur leur stabilité, leur toxicité et leur efficacité.

Mots-clés : Huiles essentielles, Plantes aromatiques, Hydrodistillation, Antioxydant, Synergie.

Abstract

The present work investigates the antioxidant activity (DPPH and FRAP) of essential oils from *R. officinalis*, *S. officinalis*, and *L. nobilis*, extracted by hydrodistillation, individually and in cross-mixtures. By DPPH, *L. nobilis* shows exceptional performance, comparable to ascorbic acid and superior to BHT. *R. officinalis* and *S. officinalis* are significantly less active.

The ternary mixture exhibits the most pronounced synergy, close to BHT. Binary mixtures with *L. nobilis* confirm its central activating role, being 6-7 times more active than *S. officinalis* oil and 4-5 times more than *R. officinalis*. The *R. officinalis* / *S. officinalis* mixture shows partial antagonism.

By FRAP, *L. nobilis* confirms its superiority, exceeding BHT and close to ascorbic acid. *R. officinalis* remains notable but below the references; *S. officinalis* is the weakest.

The *R. officinalis* / *L. nobilis* mixture exceeds BHT in reducing capacity. The ternary mixture is highly performant. Without *L. nobilis*, the *R. officinalis* / *S. officinalis* mixture remains the least effective. The *R. officinalis* / *L. nobilis* mixture is approximately 14 times more active than *S. officinalis* alone and 5 times more than *R. officinalis* alone. The ternary mixture is 6 times more active than *S. officinalis* and 2 times more than *R. officinalis*. Mixtures involving *L. nobilis* systematically surpass BHT. They constitute promising natural antioxidant alternatives, subject to further studies on stability, toxicity, and in vivo efficacy.

Keywords: Essential oils, Aromatic plants, Hydrodistillation, Antioxidant, Synergy.

Liste des abréviations

R: *Rosmarinus officinalis* L,

S: *Salvia officinalis*

L: *Laurus nobilis*

R officinalis: *Rosmarinus officinalis* L,

S officinalis: *Salvia officinalis*

L nobilis: *Laurus nobilis*

HE : huile essentielle

DPPH: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle

FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power

IC₅₀ : concentration inhibitrice

nm: nanomètre

µl: microlitre

mg/ml : milligramme par millilitre

% : Pourcent

Liste des figures

Figure 01: <i>Rosmarinus oficinalis</i> L.,	03
Figure 02: Caractéristiques morphologiques et micromorphologiques de <i>R.officinalis</i>	03
Figure 03: Répartition géographique de <i>Rosmarinus officinalis</i> L.	05
Figure 04: <i>Salvia officinalis</i> L.,	07
Figure 05: Feuilles de <i>Salvia officinalis</i>	07
Figure 06: Caractéristiques morphologiques des différents organes de <i>Laurus nobilis</i>	11
Figure 07: Répartition géographique mondiale de <i>Laurus nobilis</i> L.	13
Figure 08: Montage de l'entraînement à la vapeur d'eau	15
Figure 09: Les différents types d'extraction par solvants volatils	16
Figure 10: Hydro distillation assistée par micro-ondes	17
Figure 11: Schéma de la technique d'extraction par le CO ₂ supercritique	18
Figure 12: Schéma de la technique d'extraction par hydro distillation	19
Figure 13: les huiles essentielles	20
Figure 14: Historique et actuelle des huiles essentielles.....	22
Figure 15: Différents composants chimique des huiles essentielles	25
Figure 16: Monoterpènes hydrocarbonés	26
Figure 17: Monoterpènes oxygénés (linalol)	27
Figure 18: Diterpènes hydrocarbonés (Phytol)	28
Figure 19: Différents diterpènes oxygénés	29
Figure 20: Sesquiterpène hydrocarboné (beta-Caryophyllene).....	29
Figure 21: Sesquiterpènes oxygéné (Artémisinine)	30
Figure 22: Mécanisme du stress oxydatif	32

Liste des figures

Figure 23: Dispositif utilise pour l'extraction des HEs	34
Figure 24: Séparation des HEs par décantation DPPH	35
Figure 25: Mécanisme de réduction du radical libre DPPH	36
Figure 26 : Coloration des tubes	37
Figure 27 : Mécanisme réactionnelle de la méthode FRAP	38
Figure 28 : Mode opératoire d'activité antioxydant par FRAP	38
Figure 29 : Coloration des tubes et lecture.....	39
Figure 30 : IC_{50} des matrice individuelle d'HEs déterminées par DPPH.....	40
Figure 31 : IC_{50} des matrice croisée d'HEs déterminées par DPP.....	41
Figure 32 : Résultats d'activité antioxydant déterminées par FRAP.....	42
Figure 33 : IC_{50} des matrices individuelles d'HEs déterminées par la méthode FRAP.....	43
Figure 34 : IC_{50} des matrices croisées d'HEs déterminées par la méthode FRAP	44

Liste des tableaux

Tableau 01: Position systématique de <i>Rosmarinus officinalis</i> L.....	04
Tableau 02: Classification taxonomique du <i>salvia officinalis</i> L.....	08
Tableau 03: Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Salvia officinalis</i> L.....	10
Tableau 04: Classification systématique de <i>Laurus nobilis</i> L.....	12
Tableau 05: Préparation des dilutions.....	36
Tableau 06 : Résultat d'extraction.....	40

Introduction

générale

Introduction générale

Introduction Générale

I
ntroduction Générale

Introduction générale

Les plantes aromatiques ont été utilisées dès l'Antiquité, tant pour l'alimentation que pour l'utilisation de remèdes d'origine naturelle. Leur richesse, notamment en composés bioactifs et en huiles essentielles, explique leur place significative au sein des domaines thérapeutique, pharmaceutique ou industriel. L'attention portée aux produits naturels s'est largement traduite par l'appropriation croissante des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles à travers le monde (**Aftab & Hakeem, 2021**). Le règne végétal est assurément une ressource riche en substances favorisant et stimulant la santé, depuis longtemps déjà mise à contribution dans l'isolement, l'identification et la valorisation de substances capables d'exercer divers effets sur les êtres vivants, dont les antioxydants à potentiel majeur au service du mieux-être humain (**Barreca, 2021**).

Récemment, le potentiel antioxydant des huiles essentielles a fait l'objet d'études intensives. Il est suggéré que ce potentiel joue un rôle important dans les activités antidiabétiques, anti-inflammatoires, anti-hyperlipidémiques et anti-hypertensives, ainsi que dans la prévention d'autres maladies chroniques, étant donné que ces pathologies sont souvent associées à des dommages oxydatifs cellulaires causés par les radicaux libres (**Miguel, 2010; Amorati et al., 2013; Cheli & Baldi, 2011**). Cependant, la plupart des méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante des huiles essentielles reposent sur des essais chimiques d'oxydoréduction, et les résultats peuvent ne pas toujours refléter l'activité réelle dans les systèmes biologiques, qui impliquent la perméabilité membranaire, les substrats cellulaires et la distribution des antioxydants entre les phases aqueuse et lipidique (**Frankel & Meyer, 2000; Liu & Finley, 2005**).

Ainsi, de nombreuses plantes aromatiques sont aujourd'hui considérées comme les sources les plus importantes pour l'extraction de composés à forte activité antioxydante. Le romarin (*Rosmarinus officinalis* L., Lamiaceae) et la sauge (*Salvia officinalis* L., Lamiaceae) sont deux épices largement utilisées en médecine populaire, en cosmétique, en phytopharmacie et dans l'aromatisation des produits alimentaires (**Bruneton, 1999**). De plus, elles sont définies comme des plantes aromatiques très puissantes. De nombreuses études se sont concentrées sur les diverses activités biologiques des métabolites secondaires de ces deux épices (**Buchbauer & Jirovetz, 1994 ; Ruberto & Baratta, 2000 ; Lee et al., 1999 ; Daferera et al., 2000 ; Kosar**

Introduction générale

et al., 2005) . Il a été constaté qu'elles possèdent la meilleure activité antioxydante parmi la large gamme d'herbes et d'épices testées (**Madsen & Bertelsen, 1995 ; Baratta et al., 1998 ; Bicchi et al., 2000 ; Yanishlieva et al., 2006**). Le laurier (*L. nobilis*) est une feuille aromatique couramment utilisée comme épice culinaire dans le monde entier. Outre ses utilisations culinaires, il a été rapporté que cette feuille aromatique pourrait avoir certains effets bénéfiques sur la santé, tels que des propriétés antimicrobiennes, antioxydantes, anticonvulsivantes et de cicatrisation des plaies (**Ozcan et al., 2010; Rukhkyan et al., 2013; Algabri et al., 2018**). Les plantes de laurier (*Laurus nobilis*), de romarin (*Rosmarinus officinalis*) et de sauge (*Salvia officinalis*) ont été sélectionnées pour cette étude en raison de leur disponibilité sur le marché, de leur large utilisation à travers le monde et de leurs propriétés médicinales potentielles. Par conséquent, cette étude vise à évaluer et à comparer, tant individuellement qu'en association, le potentiel antioxydant (via les tests DPPH et FRAP) des huiles essentielles de ces trois espèces récoltées dans la région d'Aïn Témouchent.

Notre travail a été structuré en cinq parties principales :

Le premier chapitre dresse un bilan général des connaissances sur les plantes médicinales, leurs principes actifs, les huiles essentielles et leurs utilisations. Il aborde également la diversité de leurs compositions chimiques.

Le deuxième chapitre présente une synthèse bibliographique sur les huiles essentielles, en mettant particulièrement l'accent sur leurs propriétés organoleptiques ainsi que sur leur importance dans divers domaines d'application.

Le troisième chapitre est consacré aux différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles. Il propose un aperçu détaillé des techniques employées, tout en exposant les avantages et les inconvénients associés à chacune d'elles.

Le quatrième chapitre décrit la méthodologie adoptée au cours de ce travail, en détaillant les techniques d'analyse utilisées pour l'étude des extraits et des huiles essentielles.

Le cinquième chapitre présente les résultats des analyses réalisées, accompagnés de leur interprétation et d'une discussion critique permettant de situer ces résultats par rapport à la littérature existante.

Chapitre 01

1

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les plantes médicinales

Les plantes médicinales sont utilisées depuis des siècles par les populations autochtones du monde entier, jouant un rôle important dans le traitement des maladies humaines et animales **(Batanouny et al., 1999)**. Plus récemment, la majorité des médicaments modernes ont été développés à partir de composés isolés de plantes médicinales, en s'appuyant sur leurs usages ethnopharmacologiques **(Batanouny et al., 1999; Habtemariam, 1999)**.

Le rôle des produits naturels dans le développement de médicaments est croissant, non seulement lorsque les composés bioactifs sont utilisés directement comme agents thérapeutiques, mais aussi lorsqu'ils servent de matière première pour la synthèse de médicaments ou de modèle de base pour de nouveaux composés bioactifs **(Mendonça et al., 1999; Swain et al., 1972)**. Cependant, la validation et l'utilisation des plantes comme phytomédicaments nécessitent d'importantes recherches fondamentales et appliquées afin de conférer à cette ressource la même importance qu'aux produits pharmaceutiques conventionnels **(Batanouny et al., 1999)**. De plus, seulement 10 % environ des 250 000 espèces de plantes recensées dans le monde ont fait l'objet d'études scientifiques en vue de leur utilisation potentielle en santé **(Cragg et al., 2002)**. Par ailleurs, près de 60 000 espèces risquent de disparaître d'ici 2050 ; il est donc urgent de rechercher de nouveaux composés d'intérêt thérapeutique **(Mukherjee et al., 2008)**.

La médecine traditionnelle à base de plantes (MTP) est utilisée depuis toujours et constitue aujourd'hui le fondement de la médecine traditionnelle. Les plantes peuvent être utilisées comme ressources thérapeutiques sous forme d'infusions, de préparations pharmaceutiques (extraits, comprimés ou gélules) obtenues par extraction et purification des composés actifs **(Mohamed et al., 2012; Rates et al., 2001)**. Les communautés primitives de Chine, d'Inde et de nombreux autres pays ont appris par l'expérience **(Salim et al., 2008)** à distinguer les plantes utiles et bénéfiques de celles qui étaient toxiques ou inactives, et à identifier les combinaisons de plantes les plus efficaces pour chaque maladie.

La médecine traditionnelle peut être classée en quatre grands systèmes : la médecine ayurvédique (qui signifie « science de la vie »), originaire d'Inde il y a plus de 5 000 ans ; la médecine chinoise, qui fait partie de la médecine traditionnelle orientale ; la médecine africaine ; et la médecine occidentale, originaire de Grèce et de Rome, qui s'est ensuite répandue en Europe, en Amérique du Nord et en Amérique du Sud **(Bandaranayake et al., 2006)**. La médecine ayurvédique demeure l'un des plus anciens systèmes de médecine traditionnelle encore pratiqués en Inde, au Sri Lanka et dans d'autres pays, avec plus de 1 000 plantes décrites dans la Pharmacopée ayurvédique **(Mohamed et al., 2012; Rout et al., 2009)**. Plusieurs documents anciens attestent

de l'utilisation des plantes, tels que le Papyrus Ebers (1550 av. J.-C.) et le De Materia Medica de Dioscoride (77 apr. J.-C.). Ce dernier ouvrage décrit plus de 600 plantes médicinales, mais au Moyen Âge, le développement de la médecine traditionnelle chinoise (MTC) a connu très peu de progrès **(Samuelsson et al., 2001)**.

Les plantes médicinales jouent un rôle important dans la recherche pharmacologique et le développement de médicaments, non seulement lorsque leurs composés bioactifs sont utilisés directement comme agents thérapeutiques, mais aussi lorsqu'elles servent de matière première pour la synthèse de médicaments ou de modèle de base pour de nouvelles molécules candidates **(Mendonça et al., 2006; Swain, 1972)**. Cependant, la validation de cette ressource au même niveau que les produits pharmaceutiques conventionnels exige d'importantes recherches fondamentales et appliquées.

2. Définition des plantes médicinales

Les plantes médicinales sont définies comme des drogues végétales au sens de la Pharmacopée européenne, dont au moins une partie possède des propriétés thérapeutiques. Elles peuvent être utilisées sous forme entière ou, plus souvent, sous forme de parties spécifiques telles que les racines, les feuilles, les fleurs ou les fruits, qui peuvent présenter différentes utilisations **(Pharmacopée française, 2012 ; Pharmacopée européenne, 2019)**.

Les plantes médicinales représentent la forme la plus ancienne de médication, utilisées depuis des milliers d'années dans la médecine traditionnelle dans de nombreux pays à travers le monde. Les connaissances empiriques relatives à leurs effets bénéfiques ont été transmises au fil des siècles au sein des communautés humaines **(Khan, 2014)**.

Les produits naturels jouent un rôle essentiel en tant que source de composés médicamenteux et, actuellement, un certain nombre de médicaments modernes dérivés de la médecine traditionnelle à base de plantes sont utilisés en pharmacothérapie moderne **(Patwardhan et al., 2008)**.

3. Principe actif

Le principe actif se définit comme la substance chimique intrinsèque qui induit une activité pharmacologique. Les organismes végétaux, bien que différents par leur forme, leur organisation et leur adaptabilité environnementale, utilisent un nombre relativement limité de substances pour leurs processus biochimiques (glucides, lipides, protéines, acides nucléiques, coenzymes et vitamines) **(Capasso et al., 2003)**.

4. Description de plantes étudiées

4.1. *Rosmarinus officinalis* L



Figure 01 : *Rosmarinus officinalis* L.,

4.1.1. Description botanique

Le romarin est un arbuste à feuillage persistant pouvant atteindre 1,8 m de hauteur, dressé ou rampant. Ses feuilles (10–41 × 1–3 mm) sont non pétiolées, de taille variable sur un même rameau ; elles sont fortement recourbées et pointues, de forme linéaire ou lancéolée.

La face supérieure est verte et la face inférieure blanchâtre en raison de la présence de nombreux poils : trichomes glandulaires (capités et peltés) et non glandulaires (Figure 02).

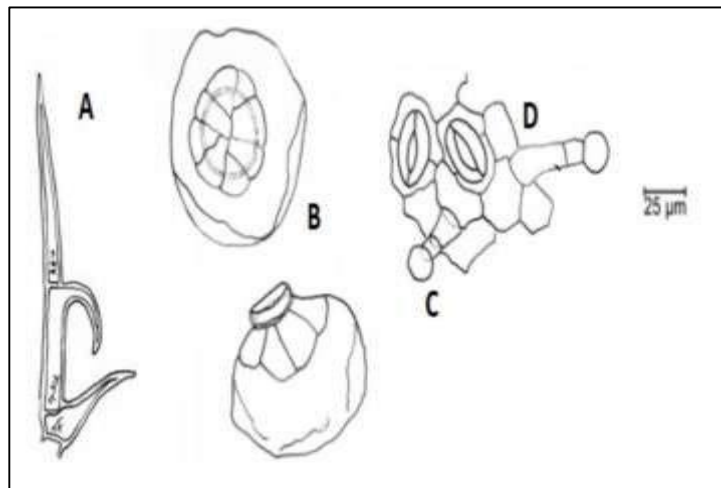


Figure 02 : Caractéristiques morphologiques et micromorphologiques de *R.officinalis* : **(A)** Non-glandular trichome ; **(B)** peltate octocellular glandular trichome ; **(C)** stomata ; **(D)** capitate glandular trichome **(Morales, 2010)**.

Ses fleurs sont petites, disposées en courts bouquets, et présentent une corolle bilabée, violette ou blanche (8,5–13,5 mm) **(Morales, 2010)**.

4.1.2. Nomenclature

Le Romarin est une plante aromatique largement connue sous différentes appellations selon la langue et la région.

Nom en français : Encensier, herbe aux couronnes, romarin, rose marine (Rameau et al., 2008).

Nom en arabe : « Klil », « Hassalhan », « lazir » (Quèzel et Santa, 1963).

4.1.3. Systématique

Tableau 1 : Position systématique de *Rosmarinus officinalis* L. (Andrade, 2018).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobiontes
Sous-règne	Spermaphytes
Division	Magnoliophytes
Classe	Magnoliopsides
Sous-classe	Astéridées
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	Rosmarinus
Espèce	<i>Rosmarinus officinalis</i> L

4.1.4. Habitat et répartition géographique

Rosmarinus officinalis présente une large répartition géographique selon la base de données du Global Biodiversity Information Facility (GBIF), une infrastructure internationale permettant l'accès libre aux données sur la biodiversité mondiale. Cette espèce se développe principalement entre 0 et 1600 m d'altitude et s'adapte à différents types de sols, mais elle pousse difficilement dans les zones très humides ou très froides. Sa floraison a lieu entre décembre et avril dans les régions méditerranéennes. Sur le plan de la culture, l'Espagne est le principal producteur mondial de romarin, suivie par la France, l'Italie et la Tunisie (Tawfik et al., 1998). D'autres pays comme les États-Unis, le Mexique, certaines régions d'Asie et l'Afrique du Sud participent également à sa production. En 2005, les États-Unis ont importé environ 109 tonnes d'huile de romarin (FAO/WHO, 2013) (Figure 03).



Figure 03 : Répartition géographique de *Rosmarinus officinalis* L. selon la Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2020)

Sur le plan écologique, la famille des Lamiaceae est largement répandue dans les zones à climat méditerranéen et aride (**Christenhusz et al., 2017**). Le climat méditerranéen du sud de l'Espagne est caractérisé par une forte irradiation solaire, des précipitations irrégulières et une période de sécheresse estivale entre mai et septembre, avec des températures dépassant souvent 30 °C (**Castro et al., 2005**).

Pour s'adapter à ces conditions de stress hydrique et thermique, les plantes méditerranéennes développent des mécanismes de défense, notamment la production de polyphénols et de flavonoïdes, qui jouent un rôle protecteur contre les rayonnements solaires (**Di Ferdinando et al., 2014**). Elles peuvent également augmenter la production d'huiles essentielles volatiles, responsables de l'odeur caractéristique des milieux méditerranéens (**Thomson, 2005**).

4.1.5. Usage et utilisation en médecine traditionnelle

En médecine traditionnelle, les feuilles de *R. officinalis* sont utilisées en raison de leurs propriétés antibactériennes, carminatives et comme analgésique pour les muscles et les articulations (**Paraguay Checklist, 2014**). De plus, les huiles essentielles et les extraits de romarin obtenus à partir des fleurs et des feuilles sont utilisés pour traiter les petites plaies, les éruptions cutanées, les maux de tête, la dyspepsie et les troubles de la circulation, et sont également utilisés comme expectorant, diurétique et antispasmodique dans les coliques néphrétiques (**Paraguay Checklist, 2014 ; Royal Botanic Garden Edinburgh, 2014**). L'huile de romarin est également utilisée comme condiment alimentaire en raison de ses constituants chimiques responsables de ses

propriétés antibactériennes, antifongiques et antioxydantes (Lo Presti et al., 2005). Traditionnellement, l'huile de romarin a été décrite comme ayant des applications dans la prise en charge ou le traitement de plusieurs maladies telles que les maladies inflammatoires (Arranz et al., 2015) et le diabète sucré (Kültür, 2007).

D'un autre côté, les activités biologiques des extraits de romarin comprennent : activité antioxydante, activité antimicrobienne, activité antiproliférative, activité hépatoprotectrice, activité anticancéreuse, activité antidiabétique, activité antidépressive, activité neuroprotectrice, activité anti-inflammatoire, activité anti-obésité et activité contre la colite ulcéreuse (Kompelly et al., 2019).

4.1.6. Composition chimique (HE)

L'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* est caractérisée par une odeur camphrée dominante, attribuée principalement à la présence du camphre (Missouri Botanical Garden, 2014 ; Plants For A Future, 2014 ; Royal Botanic Garden Edinburgh, 2014). Sa composition chimique est dominée par plusieurs composés

monoterpéniques dont le 1,8-cinéole (15–55 %), l' α -pinène (9,0–26 %), le camphre (5,0–21 %), le camphène (2,5–12 %), le β -pinène (2,0–9,0 %) et le limonène (1,5–5,0 %), avec des proportions variables selon le stade végétatif et les conditions bioclimatiques (Missouri Botanical Garden, 2014). Par ailleurs, les extraits de *R. officinalis* contiennent principalement des composés phytochimiques tels que l'acide rosmarinique, l'acide caféique, l'acide ursolique, l'acide bétulinique ainsi que le carnosol (Missouri Botanical Garden, 2014 ; Rohde ES, 1930). Ainsi, cette espèce est essentiellement constituée de composés phénoliques, de di- et triterpènes et d'huiles essentielles (Royal Botanic Garden Edinburgh, 2014 ; Royal Horticultural Society, 2014 ; Stearn WT, 1992).

4.1.7. Toxicité

Les effets toxiques observés concernent des atteintes de plusieurs organes, notamment le foie et les reins, se manifestant par des altérations atrophiques et dégénératives, une élévation des taux d'urée sanguine et d'aspartate aminotransférase (AST), ainsi qu'une diminution des protéines sériques totales. Le romarin peut également entraîner une toxicité reproductive en diminuant la spermatogenèse testiculaire, les niveaux de testostérone, ainsi que la densité et la mobilité des spermatozoïdes. Par ailleurs, il peut induire une génotoxicité et des malformations fœtales, en favorisant le rétrécissement de la membrane cytoplasmique, l'apoptose, la fragmentation

internucléosomale de l'ADN et la formation d'une échelle d'ADN. Donc Bien que le romarin soit généralement considéré comme sûr pour la conservation des aliments, une prudence s'impose en cas de consommation à doses élevées ou sur une longue durée, en raison de ses effets potentiellement néfastes sur les reins, le foie et le système reproducteur, ainsi que du risque de malformations congénitales(**Ghasemzadeh & Hosseinzadeh, 2025**).

4.2. *Salvia officinalis*



Figure 04 : *Salvia officinalis* L.,

4.2.1. Description botanique

Il s'agit le plus souvent de plantes herbacées aromatiques, caractérisées par des tiges quadrangulaires et des feuilles généralement opposées dépourvues de stipules.(**Figure 05**)



Figure 05: Feuilles de *Salvia officinalis* (**National Institutes of Health, 2014**).

Les fleurs, majoritairement hermaphrodites (**Meyer et al., 2004**), sont pentamères et disposées en cymes axillaires plus ou moins compactes, donnant fréquemment l'apparence de verticilles.

Elles peuvent également être regroupées à l'extrémité des tiges en formations rappelant des épis. Le fruit est composé de quatre akènes, partiellement ou totalement soudés par leur face interne (Messaili, 1995)

4.2.2. Nomenclature

Noms Communs : Herbe sacrée, thé de Grèce, herbe sage (Fabre et al., 1992).

Nom scientifique : *Salvia officinalis*

Nom arabe : الميرمية

Nom français : Calamenthe vulgare

Nom vernaculaire : Sâlniya, Mirameya

Nom français : Sauge

Nom anglais : Garden sage (Ghourri, 2013 ; AZZI, 2013).

4.2.3. Systématique

Tableau 02 : Classification taxonomique du *salvia officinalis* L. (Quezel, et Santa, 1963).

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Embranchement	Spermaphyte
Sous –Embranchement	Angiospermes
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	Salvia
Espèce	<i>Salvia officinalis</i> . L

4.2.4. Habitat et répartition géographique

Originnaire des régions orientales du bassin méditerranéen, cette plante pérenne se développe préférentiellement dans des sols chauds et calcaires. Elle est présente aussi bien à l'état spontané qu'en culture dans l'ensemble de la région méditerranéenne, s'étendant de l'Espagne jusqu'à la Turquie, ainsi qu'en Afrique du Nord. Il s'agit d'une espèce euro-méditerranéenne largement cultivée en Algérie (Khiredine, 2013). Le genre *Salvia officinalis* représente un ensemble d'espèces très diversifié et largement distribué à l'échelle mondiale, caractérisé par une forte variabilité (Pistelli, 2006). Sa répartition géographique s'étend sur trois grandes régions : environ

530 espèces sont endémiques en Amérique centrale et du Sud, 250 espèces se trouvent en Asie centrale et dans les zones méditerranéennes, tandis que 30 espèces sont présentes en Afrique et 90 en e l'Est (**Walker et al., 2004**).

4.2.5. Usage et utilisation en médecine traditionnelle

Les parties aériennes de *S. officinalis* arbuste ont une longue histoire d'utilisation dans la cuisine et la médecine traditionnelle. En raison de ses propriétés aromatisantes et assaisonnées, cette plante a été largement utilisée dans la préparation de nombreux aliments. En médecine populaire d'Asie et d'Amérique latine, il a été utilisé pour le traitement de différents types de troubles, notamment des crises, des ulcères, la goutte, des rhumatismes, des étourdissements, des tremblements, des paralysies, la diarrhée et l'hyperglycémie.4, 5 (**Zargari et al., 1999 ;Garcia et al., 2016**) en médecine traditionnelle d'Europe, *S. officinalis* a été utilisé pour traiter la dyspepsie légère (comme les brûlures d'estomac et les ballonnements), la transpiration excessive, les troubles cognitifs liés à l'âge et les inflammations de la gorge et de la peau. (**Perry et al., 1999 ;Adams et al., 2007**) La commission allemande a accepté l'utilisation de *S. Officinalis* pour un certain nombre d'applications médicales comprenait une inflammation et une dyspepsie.

4.2.6. Composition chimique (HE)

Tableau 03: Composition chimique de *Salvia officinalis* L. (**Khedher et al., 2017**)

Constituant	Quantité (%)
Camphre	25,14%
A-pinène	1,7 à 13,1%
B-pinène	0,5 à 17,9%
1,8-cinéole	14,14%
B-thujone	4,46%
A-thujone	18,83%
Viridiflorol	7,98%
β -caryophyllène	3,30%
Bornéol	2,81%
α -humulène	2,48%
β -myrcène	1,93%
Limonène	1,43%
A-terpinéol	1,33%
Acétate de bornyle	1,05

4.2.7. Toxicité

Plusieurs essais cliniques ont rapporté que la consommation de *S. officinalis* n'induit pas d'effets secondaires graves (Akhondzadeh et al., 2003 ; Kianbakht et al., 2011 ; Sá et al., 2009). Cependant, en cas d'utilisation prolongée ou de surdosage d'extrait éthanolique et d'huile essentielle de *S. officinalis* (correspondant à plus de 15 g de feuilles), certains effets indésirables peuvent survenir, tels que vomissements, salivation excessive, tachycardie, vertiges, bouffées de chaleur, réactions allergiques, déglutition de la langue, cyanose, voire convulsions (Mills et al., 2005). L'action proconvulsivante de l'huile de *S. officinalis* est due à son action directe (à des doses supérieures à 0,5 g/kg) sur le système nerveux (Mills et al., 2005). Le camphre, la thuyone et les cétones terpéniques sont considérés comme les composés les plus toxiques de *S. officinalis* et peuvent avoir des effets toxiques sur le fœtus et le nouveau-né. La consommation de *S. officinalis* est donc déconseillée pendant la grossesse et l'allaitement (Mills et al., 2005 ; Halicioglu et al., 2011). Des études animales ont démontré que la DL50 de l'huile de *S. officinalis* (par voie orale) et de l'extrait méthanolique (par voie intrapéritonéale) est respectivement de 2,6 g/kg et 4 g/kg (Eidi et al., 2005 ; Mills et al., 2005). Il a été rapporté que la tisane de *S. officinalis* exacerbe l'hépatotoxicité induite par le CCl₄ chez la souris. Cependant, aucune hépatotoxicité n'a été observée lors d'études cliniques (Kianbakht et al., 2011 ; Sá et al., 2009).

4.3. *Laurus nobilis*

4.3.1. Description botanique

Laurus nobilis est un arbuste ou arbre aromatique sempervirent pouvant atteindre 12 m à l'état sauvage, mais généralement taillé à 2–3 m en culture. Il possède souvent plusieurs troncs, avec une écorce brun foncé à presque noire (Elzebroek & Wind, 2008). Le feuillage est persistant, vert foncé sur la face supérieure et plus clair en dessous. Les feuilles sont allongées, lancéolées, coriaces, à bord légèrement ondulé, mesurant environ 10 cm de long et 3 à 5 cm de large, d'abord pubescentes puis devenant lisses et brillantes (Geerts et al., 2002) (Figure 06).



Figure 06 : Caractéristiques morphologiques des différents organes de *Laurus nobilis*. (A) Branche ; (B) Fleurs ; (C) Fruits (Chaaben et al., 2015 ; Elzebroek & Wind, 2008).

Le *laurier* est une plante dioïque, avec des fleurs mâles et femelles portées sur des pieds séparés. La floraison a lieu de mars à mai. Les fleurs, petites et crème à verdâtres, sont regroupées en ombelles de quatre à cinq fleurs axillaires. Le fruit est une drupe charnue aromatique de 10 à 15 mm, ovale, verte au début puis noir violacé à maturité en automne. Il contient une seule graine riche en lipides et peut persister sur la plante tout l'hiver, parfois jusqu'au printemps, coexistant avec la nouvelle floraison (Ballabio & Goetz, 2010).

4.3.2. Nomenclature

Le nom de la plante dérive du mot latin "laureola", qui signifie couronne de laurier (**Elzebroek & Wind, 2008**). Ainsi, la plante possède plusieurs noms vernaculaires selon les pays et les traditions linguistiques. En Algérie, elle est principalement connue sous le nom de « Rand ». Pour les autres dénominations ci-dessous (**Nadkarni, 2009 ; Ross, 2001**)

- **English** : Sweet bay laurel, Victor's laurel
- **France** : Laurier d'Apollon
- **Italy** : Alauro, Lauriello, Lobeerfrucht
- **Japan** : Gekkeiju, Bay laurel
- **Arabic** : Habb Ghar, Warakat Sidna Moussa

4.3.3. Systématique

Tableau 4 : Classification botanique de *Laurus nobilis* L. (**Quézel & Santa, 1962**).

Règne	Plantae
Sous-règne	Plantes vasculaires
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Magnoliidae
Ordre	Lurales
Famille	Lauraceae
Genre	Laurus
Espèce	<i>Laurus nobilis</i> L.

4.3.4. Habitat et répartition géographique

Le laurier est cultivé dans différentes conditions écologiques et climatiques. Les sols humides, bien drainés, avec un pH compris entre 4,5 et 8,2, ainsi que des conditions atmosphériques humides à proximité de la mer, constituent les meilleures conditions pour une croissance rapide (**Kemp, 1983 ; Patrakar et al., 2012**).

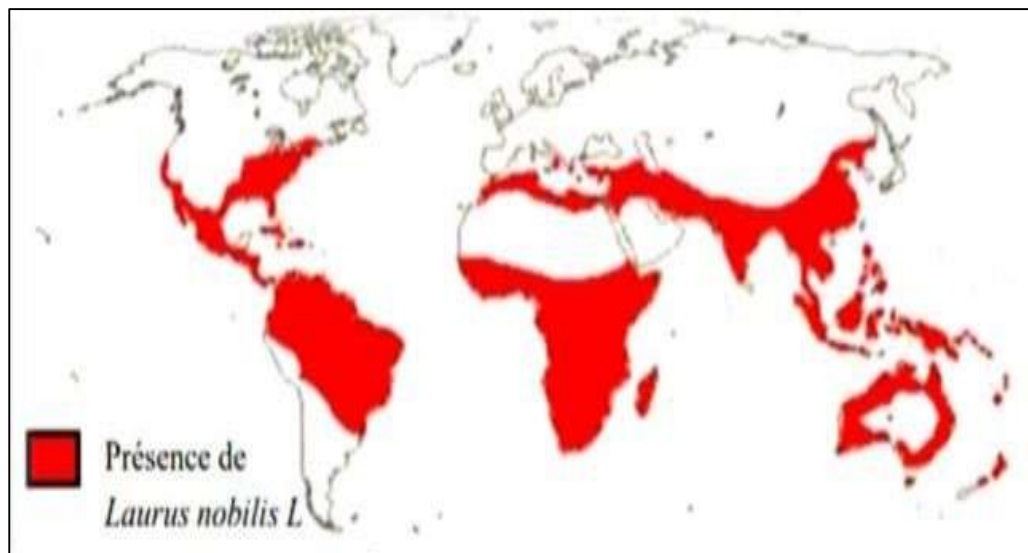


Figure 07 : Répartition géographique mondiale de *Laurus nobilis L.* (**Beloud, 2005**).

La culture du laurier est présente (figure 07) dans les pays suivants : Turquie, Algérie, Maroc, Portugal, France, Espagne, Grèce, Inde, Pakistan, ainsi que dans d'autres pays de l'Asie du SudEst, certaines îles du Pacifique, l'Australie, l'Amérique centrale, le Mexique, le sud des États-Unis et les îles Canaries (**Parthasarathy et al., 2008**).

4.3.5. Usage et utilisation en médecine traditionnelle

Les feuilles et les baies de cette plante sont couramment utilisées comme épice et arôme dans les aliments, notamment les viandes, les sauces et les soupes (**Yilmaz et al., 2013**). En plus de son parfum particulier, elle est également utilisée en médecine traditionnelle à travers le monde. Dans la médecine traditionnelle iranienne, une décoction de fruits secs est prise par voie orale comme stimulant de l'appétit et aide digestive (**Ross, 2001**). Certains composés de la plante, tels que les huiles essentielles et les acides organiques, ont montré une forte activité antibactérienne contre certains microorganismes pathogènes d'origine alimentaire ainsi que contre les bactéries responsables de la détérioration des aliments (**Bakkali et al., 2008 ; Yilmaz et al., 2013 ; Özogul et al., 2013 ; Rafiq et al., 2016**). L'huile essentielle extraite des feuilles a également été employée pour soulager les hémorroïdes ainsi que les douleurs rhumatismales (**Sayyah et al.,**

2002). Par ailleurs, cette huile est utilisée dans l'industrie cosmétique, notamment en parfumerie et dans la fabrication de savons. Elle constitue également un moyen efficace de repousser les insectes nuisibles (**Demir et al., 2004 ; Beloued, 2005**).

4.3.6. Composition chimique (HE)

L'huile essentielle des feuilles de *Laurus nobilis* L. contient plus de 150 composés identifiés par GC-MS, dont le 1,8-cinéole constitue généralement le composé majoritaire. Les autres principaux composés sont α -pinène, β -pinène, sabinène, limonène et linalool (**Chahal et al., 2017**).

D'autres parties de la plante, autres que les feuilles, ont également été étudiées pour leur composition volatile. Ainsi, les huiles essentielles des fruits (**Abu-Dahab et al., 2014**), des graines (**Zolfaghari et al., 2013**), des fleurs (**Moghtader & Salari, 2012**), des tiges et de l'écorce ont aussi fait l'objet de plusieurs études, bien que dans une moindre mesure que les feuilles.

Le 1,8-cinéole (26 à 51 %), l' α -terpinyl acétate (5 à 14 %) et l' α -pinène (4 à 6 %) représentent les principaux composants de l'huile essentielle des tiges et des fruits (**Chalchat et al., 2011**). Des composés tels que l'eugénol (11 à 12 %), le méthyl-eugénol (9 à 12 %) et l'élémicine (1 à 12 %) sont responsables de l'arôme épicé caractéristique des feuilles de laurier noble et sont utilisés comme indicateurs importants de leur qualité (**Hanif et al., 2020**).

Cette huile essentielle peut également être utilisée comme agent conservateur pour diverses denrées alimentaires, notamment les huiles de table (**Ordoudi et al., 2022**).

4.3.7. Toxicité

Le protocole d'essai n°423 de l'OCDE pour l'évaluation de la toxicité aiguë par voie orale s'appuie sur la DL_{50} et la classification des substances selon leur degré de toxicité (OECD, 2002). Les résultats issus de cette étude montrent que les huiles essentielles de *Laurus nobilis* présentent une $DL_{50} > 5$ g/kg chez le rat, et que ces huiles doivent donc être classées en catégorie 5, c'est-à-dire comme substances peu toxiques ou non toxiques.

Aucun décès n'a été observé pendant la période d'expérimentation, même aux doses les plus élevées (5 g/kg). Aucun effet significatif n'a été noté sur le poids corporel ou sur le comportement général des animaux. Seuls des signes légèrement inquiétants mais transitoires (décès et isolement) ont été constatés à de fortes doses mais sans signes de toxicité grave. Les huiles essentielles de *Laurus nobilis* peuvent ainsi être considérées comme non toxiques par voie orale en toxicité aiguë selon le protocole établi dans le protocole OCDE 423 (**OECD, 2002**).

Chapitre 02

2

Méthodes d'extraction des huiles essentielles

I. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

I.1. Montages

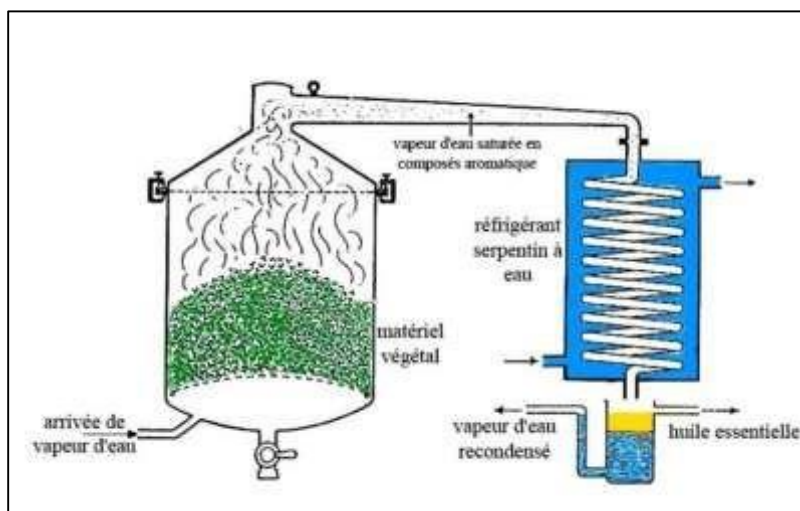


Figure 08 : Montage de l'entraînement à la vapeur d'eau (**Zarnowski & Suzuki, 2004**)

1.2. Principe

Le principe de cette méthode repose sur l'action de la gravité pour entraîner et condenser le mélange « vapeur d'eau – huile essentielle » contenu dans la matière végétale. À l'instar de l'entraînement à la vapeur d'eau, l'hydrodiffusion présente l'avantage d'éviter tout contact direct entre le matériel végétal et l'eau (**Zarnowski & Suzuki, 2004**). En outre, cette technique permet de réaliser des économies d'énergie grâce à la réduction du temps de distillation et, par conséquent, de la consommation de vapeur.

1.3. Avantage et inconvénient

L'extraction assistée par micro-ondes présente l'avantage de réduire significativement le temps nécessaire à la distillation tout en assurant un rendement d'extraction satisfaisant. Sa mise en œuvre rapide en fait également une technique privilégiée pour l'extraction des composés aromatiques d'origine végétale. Toutefois, le produit obtenu ne peut pas être classifié réglementairement comme une huile essentielle. De plus, l'utilisation de solvants organiques peut entraîner une contamination du produit final et leur élimination complète reste difficile. Enfin, l'industrie agroalimentaire est soumise à des réglementations strictes concernant l'origine des produits utilisés (**Lucchesi, 2005 et ; Bousbia, 2011**).

2. Extraction par solvant organique

2.1. Montages

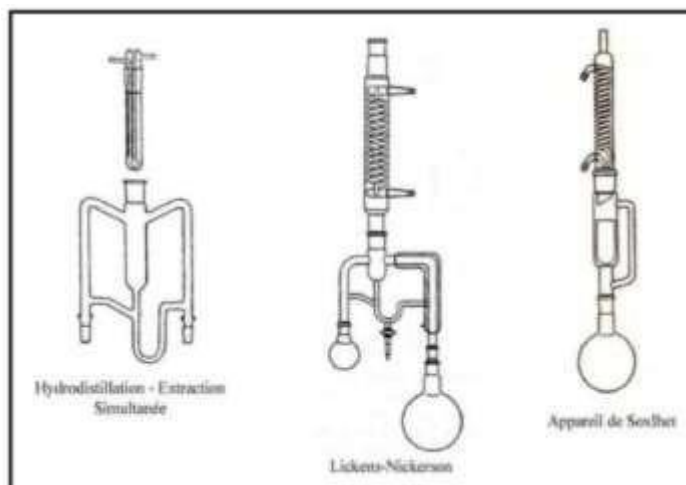


Figure 09 : Les différents types d'extraction par solvants volatils(**DIMA MNAYER, 2014**)

Selon la méthode d'extraction et le solvant employé, différents types d'extraits peuvent être obtenus :

Les hydrolysats : extraits obtenus par solvant en présence d'eau.

Les alcoolats : extraits réalisés à l'aide d'éthanol dilué.

Les teintures : solutions faiblement concentrées préparées à partir de matières premières traitées par de l'éthanol ou des mélanges éthanol/eau.

Les résinoïdes : extraits concentrés obtenus par extraction éthanolique.

Les oléorésines et les concrètes : extraits obtenus respectivement à froid et à chaud à l'aide de différents solvants (**AFNOR, 1992**).

2.2. Principe

L'extraction par solvants organiques volatils constitue la méthode la plus largement utilisée. Les solvants les plus employés sont actuellement l'hexane, le cyclohexane et l'éthanol, tandis que le dichlorométhane et l'acétone sont utilisés plus rarement (**TOUATI, 2020**).

2.3. Avantage et inconvénient

L'utilisation limitée de l'extraction par solvants organiques volatils s'explique par des contraintes liées au coût, à la sécurité, à la toxicité ainsi qu'aux réglementations en matière de protection de l'environnement (**Lagunez, 2006**)

3. Extraction assistée par micro-ondes

3.1. Montage

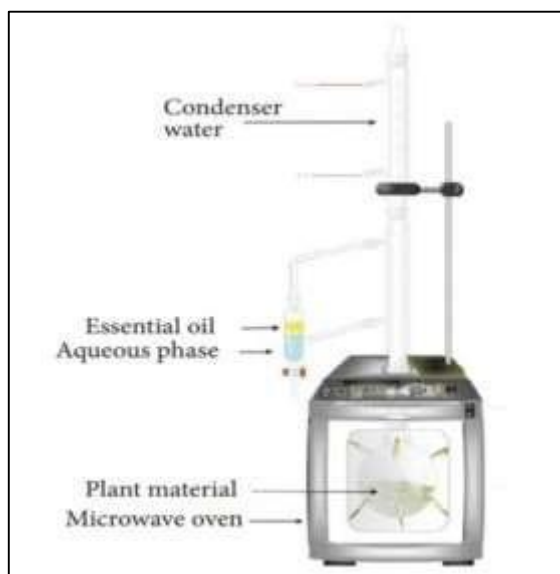


Figure 10 : Hydro distillation assistée par micro-ondes(Elyemni et al., 2019).

3.2. Principe

Cette technologie a été développée pour extraire des produits naturels similaires aux huiles essentielles et aux extraits aromatiques. Elle consiste à chauffer les plantes par rayonnement micro-ondes dans une enceinte où la pression diminue progressivement. Les composés volatils sont alors entraînés par un azéotrope constitué de vapeur d'eau propre aux plantes traitées (**Brennecke et Eckert, 1989**). Cet échauffement provoque l'évaporation de l'eau contenue dans les glandes sébacées, générant une pression interne qui entraîne la rupture des parois végétales et la libération de l'huile.

3.3. Avantage et inconvénient

L'extraction assistée par micro-ondes présente l'avantage de réduire significativement le temps nécessaire à la distillation tout en assurant un rendement d'extraction satisfaisant. Sa mise en œuvre rapide en fait également une technique privilégiée pour l'extraction des composés aromatiques d'origine végétale. Toutefois, le produit obtenu ne peut pas être classifié réglementairement comme une huile essentielle. De plus, l'utilisation de solvants organiques peut entraîner une contamination du produit final et leur élimination complète reste difficile. Enfin, l'industrie agroalimentaire est

soumise à des réglementations strictes concernant l'origine des produits utilisés. (Lucchesi, 2005 ; Bousbia, 2011).

4. Extraction par fluide à l'état supercritique

4.1. Montages

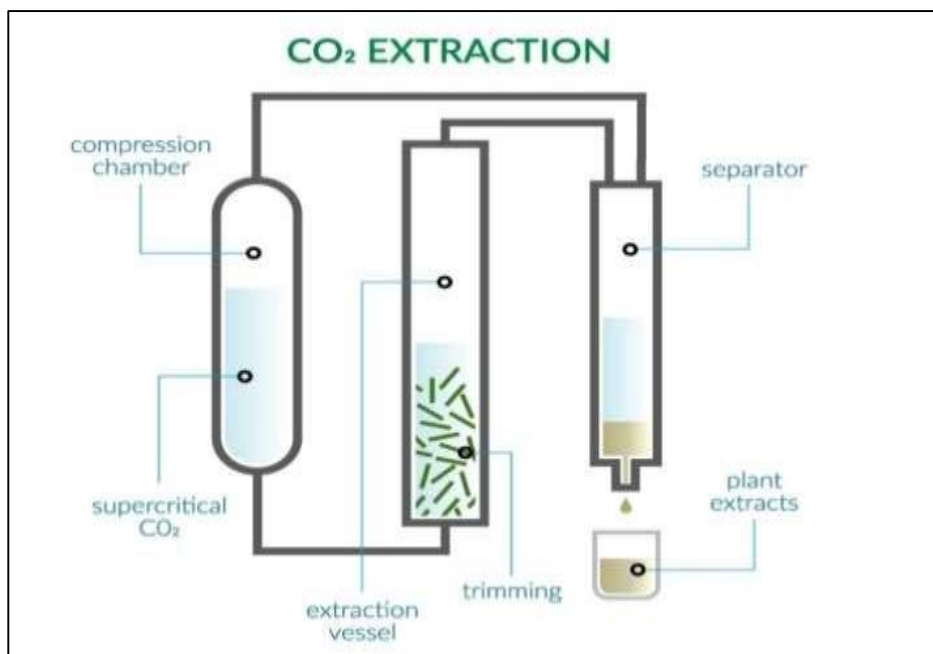


Figure 11 : Schéma de la technique d'extraction par le CO₂ supercritique (Vitality CBD, 2020)

4.2. Principe

L'extraction par CO₂ supercritique repose sur l'utilisation du dioxyde de carbone comme solvant d'extraction. Le CO₂ est comprimé à une pression et une température supérieures à son point critique ($P = 72,8$ bars et $T = 31,1$ °C), ce qui lui confère un pouvoir d'extraction élevé pouvant être modulé par la température de traitement. À l'état supercritique, il se comporte comme un bon solvant, tandis qu'à l'état gazeux il devient un mauvais solvant (Bouras, 2018).

2.4.2. Avantages et inconvénients

L'extraction par CO₂ supercritique permet d'obtenir des produits de haute qualité dans un temps d'extraction relativement court par rapport aux méthodes traditionnelles. Cette technologie combine les propriétés du gaz et du liquide lors de l'extraction, ce qui réduit les risques de dégradation potentielle tels que l'oxydation ou la séparation. Toutefois, sa mise en œuvre industrielle demeure coûteuse et l'équipement nécessaire reste imposant (Alloun Kahina, 2018).

5. Extraction par hydro distillation

5.1. Montages

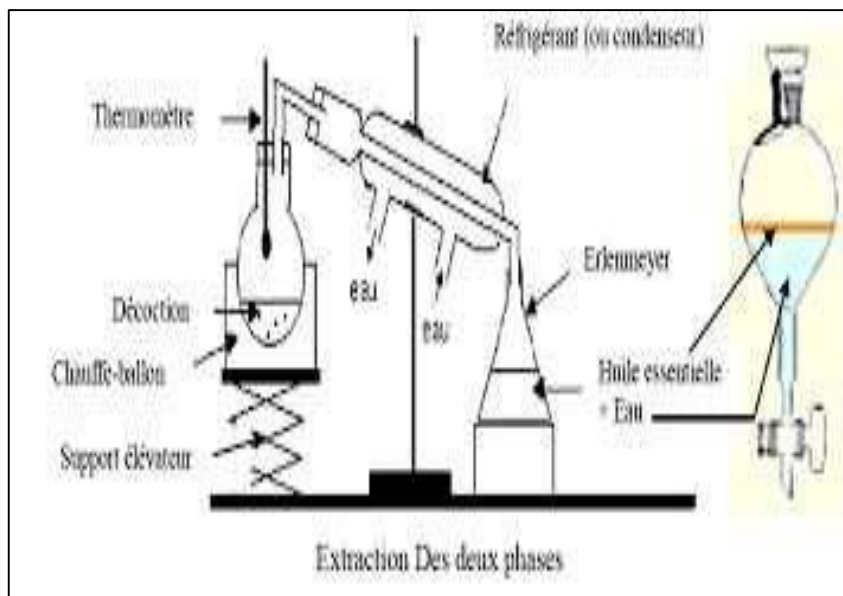


Figure 12 : Schéma de la technique d'extraction par hydro distillation (**Lagunez, 2006**).

5.2. Principe

L'hydrodistillation est l'une des méthodes les plus anciennes et les plus utilisées pour l'extraction des huiles essentielles. Son principe repose sur une distillation hétérogène faisant intervenir les lois de Dalton et de Raoult. La matière végétale est placée dans l'eau, dans un ballon au laboratoire ou dans un alambic à l'échelle industrielle, puis le mélange est porté à ébullition. Sous l'effet de la chaleur, les cellules végétales se rompent et libèrent les composés aromatiques qu'elles renferment. Ces derniers s'associent à la vapeur d'eau pour former un mélange azéotropique. Les vapeurs obtenues sont ensuite condensées dans un réfrigérant, permettant la séparation de l'huile essentielle et de l'eau grâce à leur différence de densité. En laboratoire, l'appareil de Clevenger muni d'un coélostat est le dispositif le plus utilisé pour cette extraction (**Kada, 2023**).

5.3. Avantage et inconvénients

L'hydrodistillation présente comme principale limite une durée d'extraction pouvant s'étendre sur plusieurs heures, selon le matériel utilisé et la nature de la matière végétale traitée. Cette durée de distillation peut avoir une influence à la fois sur le rendement obtenu et sur la composition de l'extrait

Chapitre 03

3

Les huiles essentielles

I. Generalite sur les huiles essentielles



Figure 13 : les huiles essentielles

Depuis l'Antiquité, l'homme utilise les plantes pour leurs propriétés alimentaires et thérapeutiques (ALI-DELILLE, 2013). On estime que près des deux tiers des médicaments actuels sont d'origine naturelle, obtenus soit par semi-synthèse à partir de substances naturelles, soit par modification de molécules existantes, ou encore grâce aux progrès de la biotechnologie permettant la production de vaccins et de composés d'origine végétale, microbienne ou animale. En revanche, seulement un tiers des médicaments sont entièrement synthétiques (**ALIDELILLE, 2013**).

La planète compterait entre 240 000 et 300 000 espèces de plantes à fleurs, mais moins de 10 % ont fait l'objet d'études scientifiques concernant leurs propriétés médicinales (**ANTHONY et al., 2005 ; DIALLO, 2000**).

Aujourd'hui, la recherche scientifique confirme les nombreux bienfaits des plantes aromatiques, de leurs huiles essentielles et de leurs extraits. Leurs utilisations sont très diversifiées, notamment dans l'industrie alimentaire comme additifs, dans les cosmétiques, la parfumerie, ainsi que dans la fabrication de savons et de détergents. Elles entrent également dans la composition de nombreux médicaments sous différentes formes, telles que crèmes, gélules et suppositoires (**YAHYAOU, 2005**).

2. Définition

Les huiles essentielles, souvent qualifiées d'essences végétales, représentent des mélanges complexes de composés aromatiques sécrétés par une grande variété de plantes. Ces substances se concentrent sous forme de micro-gouttelettes au sein de divers organes végétaux, tels que les feuilles, le péricarde des fruits, la résine, les rameaux ou le bois. Bien qu'elles ne constituent qu'une

fraction infime de la masse globale de la plante, elles se distinguent par leur nature hautement odorante et leur forte volatilité, provoquant leur évaporation rapide à l'air libre

(KADA MOSTEFA, 2023).

Extraits principalement par distillation à la vapeur d'eau, ces fluides représentent des métabolites secondaires synthétisés par une multitude d'espèces végétales. De par leur composition chimique particulièrement dense, ces essences possèdent des vertus et des applications distinctes qui ont propulsé le développement de disciplines médicales alternatives, à l'instar de l'aromathérapie et de la phytothérapie. De surcroît, depuis la nuit des temps, ces substances aromatiques accompagnent l'humanité au quotidien, servant tour à tour à la parfumerie, à l'enrichissement gustatif des denrées alimentaires, ainsi qu'aux pratiques de soins curatifs **(AFNOR, 1987).**

3. Utilisation historique et actuelle des huiles essentielles

L'usage des essences aromatiques s'enracine dans la Haute

Antiquité. Dès 4000 avant J.-C., les Égyptiens maîtrisaient déjà l'extraction de l'essence de cèdre via un procédé de distillation sèche. Ces derniers recouraient également aux propriétés antiseptiques de ces extraits pour parfaire leurs rituels méticuleux de momification. Par ailleurs, c'est au XIII^e siècle qu'apparaît la première référence textuelle d'une essence dans un ouvrage médical, en l'occurrence celle de romarin, dont les vertus thérapeutiques et la fragrance balsamique étaient célébrées depuis l'Antiquité (NOURACHANI, 2010). Plus tard, sur le plan de la validation scientifique, les travaux de De La Croix en 1881 ont marqué l'histoire en réalisant la toute première évaluation de l'activité antimicrobienne des vapeurs issues de ces huiles (Figure 14).



Figure 14 : Historique et utilisation actuelle des huiles essentielles.

De nos jours, les huiles essentielles occupent une place prépondérante dans divers secteurs industriels en raison de leurs multiples propriétés fonctionnelles. Elles sont couramment exploitées comme agents aromatisants dans l'industrie agroalimentaire, ainsi que comme composants de base dans la parfumerie et la formulation de produits pharmaceutiques. En outre, le marché moderne valorise grandement leur potentiel antibactérien, ce qui justifie leur intégration fréquente dans la composition d'antiseptiques ou comme additifs nutritionnels dans l'alimentation animale **(KADA MOSTEFA, 2023)**.

4. Propriétés organoleptiques

Les propriétés organoleptiques des huiles essentielles, qui englobent l'ensemble des critères perceptibles par les sens humains (principalement la couleur, la saveur ainsi que l'odeur), manifestent une variabilité considérable en fonction de la nature de la plante extraite **(FRANCHOMME, 2001)**. Trois aspects principaux peuvent être distingués :

4.1. La couleur

Chaque huile essentielle se distingue par une coloration propre, indispensable pour confirmer son identité et attester de sa qualité. Cette propriété visuelle est toutefois évolutive ; elle s'altère sous l'effet du vieillissement et des processus d'oxydation, ce qui se traduit fréquemment par un brunissement de l'essence.

4.2. L'odeur

Cette caractéristique demeure propre à chaque HE , bien que son appréciation précise et rigoureuse requière une solide expérience ainsi que des habitudes olfactives bien développées.

4.3. La saveur

D'une manière générale, les essences de qualité médiocre ou issues de contrefaçons ont tendance à développer, au fil du temps, un goût altéré et particulièrement désagréable **(Baudoux et al., 2006)**.

5. Propriétés physiques

Les huiles essentielles présentent plusieurs caractéristiques physiques communes. À température ambiante, elles sont généralement liquides et volatiles, ce qui les distingue des huiles fixes. Leur couleur peut varier selon leur composition, tandis que leur densité est habituellement inférieure à

celle de l'eau. Elles possèdent également un indice de réfraction élevé et, pour la plupart, exercent une action sur la lumière polarisée **(Bardeau, 1976)**.

Ces substances sont solubles dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, les huiles fixes, les agents émulsifiants ainsi que dans la majorité des solvants organiques, mais elles sont faiblement solubles dans l'eau. Leur point d'ébullition se situe généralement entre 160 °C et 240 °C, et leur densité varie de 0,75 à 0,99.

Les huiles essentielles peuvent être lévogyres ou dextrogyres. Elles ont la capacité de dissoudre les graisses, l'iode, le soufre et le phosphore, ainsi que de réduire certains sels. Bien qu'elles soient appréciées pour leurs propriétés odorantes, leur conservation demeure limitée en raison de leur forte sensibilité à l'altération et à l'oxydation. Elles se présentent sous forme de substances à texture huileuse, parfois fluides ou résineuses, caractérisées par des odeurs intenses et volatiles. Ce sont des produits stimulants, utilisés aussi bien par voie interne qu'externe, à l'état pur dans certains cas, mais le plus souvent dilués dans l'alcool ou dans un solvant adapté **(Deschepper, 2017)**.

6. Propriétés reconnues des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont reconnues pour la diversité de leurs activités biologiques et thérapeutiques. Elles présentent notamment des propriétés antioxydantes, antiseptiques, cicatrisantes, antiparasitaires, antirhumatismales, antinévralgiques, tonifiantes, antispasmodiques et hormonales. Grâce à leur richesse en composés bioactifs, elles contribuent à inhiber le développement de nombreux micro-organismes, notamment les bactéries pathogènes, y compris certaines souches résistantes aux antibiotiques, ainsi que les champignons et les levures responsables de diverses infections. À de faibles concentrations, elles peuvent exercer une action bactériostatique en limitant la croissance microbienne ou une action bactéricide conduisant à la destruction des germes **(Djendli & Bouali, 2022)**. Par ailleurs, plusieurs études récentes ont mis en évidence l'existence d'activités antivirales et antiparasitaires chez certaines huiles essentielles. En raison de ces propriétés, elles occupent une place importante en phytothérapie et en aromathérapie, où elles sont utilisées pour la prévention et le traitement de nombreuses affections infectieuses, ainsi que dans la formulation de divers produits pharmaceutiques **(Bammi et al., 1997)**.

7. Critères de qualité des huiles essentielles

Les critères de qualité des huiles essentielles sont d'une importance majeure, bien qu'ils soient parfois sous-estimés lorsque l'aromathérapie est considérée comme une simple tendance. Les huiles essentielles étant des concentrés de substances actives, elles peuvent présenter des différences significatives en termes d'efficacité thérapeutique, de toxicité et de coût. Il est donc essentiel que les pharmaciens possèdent des connaissances suffisantes afin d'orienter correctement les patients et de leur proposer des huiles essentielles de qualité optimale **(LAURAIN-MATTAR, D., 2018)**.

L'aromathérapie, fondée sur l'utilisation des huiles essentielles, représente une approche thérapeutique complémentaire de plus en plus adoptée par les patients, notamment en raison d'une méfiance croissante envers certains médicaments allopathiques. Les médias, la presse généraliste et Internet encouragent également le recours à des solutions dites « naturelles », souvent perçues comme plus sûres. Les huiles essentielles sont commercialisées aussi bien en pharmacie qu'en dehors du circuit pharmaceutique, notamment dans les grandes surfaces, les marchés, les magasins biologiques et sur Internet. Afin d'assurer la qualité d'une huile essentielle destinée à un usage thérapeutique, plusieurs paramètres doivent être pris en considération, tels que l'identification botanique de la plante ainsi que les conditions de culture, de récolte et d'extraction de l'huile essentielle **(LAURAIN-MATTAR, D., 2018)**.

Après la distillation de la plante, différentes opérations peuvent être réalisées sur l'huile essentielle obtenue. La rectification permet d'augmenter artificiellement la teneur d'un composé actif donné, tandis que la déterpénation consiste à éliminer une partie des terpènes présents afin de diminuer certains risques de toxicité, notamment les effets épiléptogènes ou photosensibilisants **(LAURAIN-MATTAR, D., 2018)**.

8. Composition chimique

La composition chimique des huiles essentielles dépend de plusieurs facteurs. Certains sont liés aux méthodes d'extraction utilisées, mais elle est principalement déterminée par la composition élaborée par la plante elle-même, sous l'influence de son patrimoine génétique et des conditions environnementales.

La présence ou l'absence d'un composé chimique au cours des différentes phases de croissance est exclusivement contrôlée par le patrimoine génétique de la plante. En revanche, sa teneur varie à la fois en fonction des facteurs génétiques et des conditions du milieu **(BENAYAD N., 2008)**.

Les huiles essentielles renferment une grande diversité de molécules, pouvant atteindre plusieurs milliers de composés différents. Une même huile essentielle peut contenir plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines de substances chimiques présentes à des proportions variables. À l'inverse, certaines huiles essentielles sont caractérisées par la prédominance d'un seul composé, les autres constituants étant présents en quantités très faibles. C'est notamment le cas de la gaulthérie couchée (*Gaultheria procumbens* L.), dont l'huile essentielle peut renfermer plus de 99 % de salicylate de méthyle (BENAYAD N., 2008).



Figure 15 : Différents composants chimique des huiles essentielles

Parmi les principaux groupes de composés présents dans les huiles essentielles, on distingue :

Terpènes : ce sont les constituants les plus fréquents des huiles essentielles. Ils regroupent notamment les monoterpènes et les sesquiterpènes, qui participent à leur parfum ainsi qu'à leurs propriétés biologiques. Le limonène, présent dans les agrumes, en constitue un exemple représentatif (BENAYAD N., 2008).

Phénols : ces composés possèdent des propriétés antiseptiques et antibactériennes. Le thymol, présent dans l'huile essentielle de thym, en est un exemple.

Esters : ils confèrent généralement des notes fruitées et participent aux effets relaxants de certaines huiles essentielles. Le linalol de l'huile essentielle de lavande en est un exemple. (BENAYAD N., 2008)

Aldéhydes : ils contribuent aux caractéristiques aromatiques agréables des huiles essentielles.

Le citral présent dans l'huile essentielle de citronnelle en constitue un exemple (**BENAYAD N., 2008**).

Cétones : selon leur structure chimique, elles peuvent présenter des effets sédatifs ou stimulants. Le carvone présent dans l'huile essentielle de menthe poivrée en est un exemple (**BENAYAD N., 2008**) .

8.1. Les Monoterpènes hydrocarbonés

Les monoterpènes hydrocarbonés constituent une famille importante de composés organiques volatils à dix atomes de carbone (C₁₀), largement présents dans les huiles essentielles de nombreuses plantes aromatiques. Parmi les principaux représentants de cette classe figurent l'α-pinène, le limonène et le myrcène, molécules responsables des arômes caractéristiques de diverses espèces végétales telles que les pins, les agrumes et la menthe. Ces composés jouent un rôle essentiel dans les mécanismes de défense des plantes contre les herbivores et les agents pathogènes, tout en contribuant à l'attraction des insectes pollinisateurs. Leur structure chimique, qu'elle soit cyclique ou acyclique, leur confère une forte réactivité, favorisant notamment leur oxydation dans l'atmosphère et leur implication dans la formation d'aérosols organiques secondaires (**Pasik et al., 2024**).



Figure 16 : Monoterpènes hydrocarbonés

Par ailleurs, les monoterpènes hydrocarbonés présentent diverses propriétés biologiques d'intérêt, notamment des activités anti-inflammatoires, antimicrobiennes et antioxydantes. Ces

caractéristiques expliquent leur large utilisation dans les domaines de la pharmacologie, de la phytothérapie et de l'aromathérapie (**Mikhaeil et al., 2003**).

8.2. Les monoterpènes oxygénés

Les monoterpènes oxygénés, ou monoterpénoïdes, sont des dérivés des monoterpènes hydrocarbonés obtenus par l'incorporation de fonctions oxygénées telles que les alcools, les cétones, les aldéhydes ou les oxydes. Cette catégorie regroupe plusieurs composés majeurs des huiles essentielles, notamment le linalol, le menthol, la carvone et le 1,8-cinéole, largement présents dans les plantes aromatiques et médicinales. Ces substances sont reconnues pour leurs nombreuses propriétés biologiques, parmi lesquelles figurent des activités antimicrobiennes, antivirales, expectorantes et sédatives, ce qui explique leur utilisation fréquente dans les préparations thérapeutiques et aromatiques (**Mikhaeil et al., 2003**). La présence de groupements oxygénés améliore généralement leur solubilité et leur biodisponibilité, favorisant ainsi leur efficacité biologique et leur intérêt dans les secteurs pharmaceutique et cosmétique.



Figure 17 : Monoterpènes oxygénés (linalol)

De plus, les monoterpènes oxygénés suscitent un intérêt croissant dans la recherche scientifique en raison de leur aptitude à influencer diverses voies métaboliques. Plusieurs études ont notamment mis en évidence leur potentiel dans la modulation de certaines activités enzymatiques ainsi que dans l'inhibition de la prolifération de cellules cancéreuses, ouvrant ainsi des perspectives prometteuses pour le développement de nouvelles approches thérapeutiques (**Yang et al., 2020**).

8.3. Diterpènes hydrocarbonés

Les sesquiterpènes hydrocarbonés constituent une classe de terpènes formés par l'assemblage de trois unités isoprène, ce qui leur confère une structure comportant quinze atomes de carbone (C15). Ces composés sont largement distribués dans le règne végétal et entrent dans la composition de nombreuses huiles essentielles ainsi que des arômes caractéristiques de diverses plantes, notamment le houblon et le poivre noir. Parmi les sesquiterpènes les plus connus figurent le β -caryophyllène et l'humulène, reconnus pour leur forte réactivité vis-à-vis de l'ozone atmosphérique (**Frazier et al., 2022**). Bien qu'ils soient généralement présents en quantités plus faibles que les monoterpènes dans les huiles essentielles, les sesquiterpènes jouent un rôle important aussi bien sur le plan écologique que biologique.

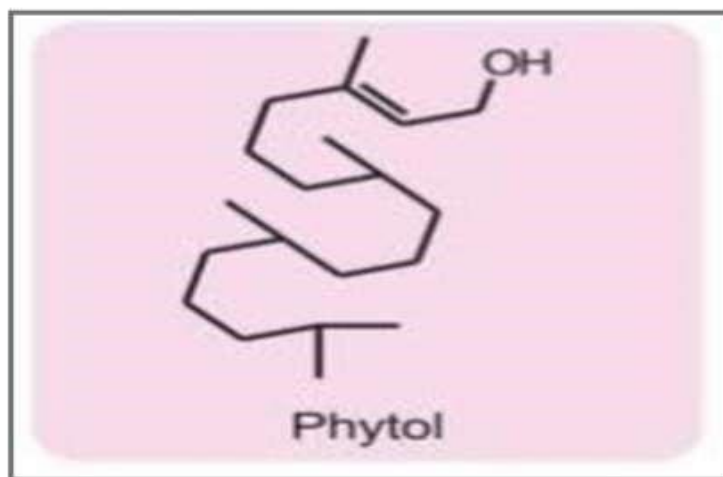


Figure 18 : Diterpènes hydrocarbonés (Phytol)

En effet, ils participent à plusieurs mécanismes de défense des plantes et contribuent à la formation d'aérosols organiques secondaires à la suite de réactions atmosphériques. Par ailleurs, de nombreuses études ont mis en évidence leurs propriétés biologiques, notamment leurs activités anti-inflammatoires et antimicrobiennes, ce qui suscite un intérêt croissant pour leurs applications potentielles dans les domaines pharmaceutique et thérapeutique (**Mikhaeil et al., 2003**).

8.4. Diterpènes oxygénés

Les diterpènes oxygénés, ou diterpénoïdes, proviennent de l'oxydation des diterpènes hydrocarbonés et possèdent des groupes fonctionnels tels que des alcools, cétones, acides ou lactones.

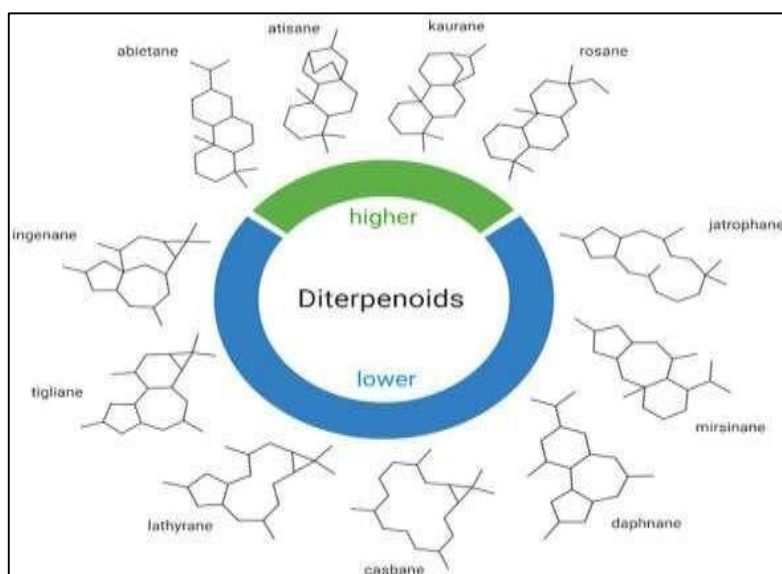


Figure 19 : Différents diterpènes oxygénés

Cette modification chimique leur confère une large diversité d'activités biologiques, notamment anti-inflammatoires, antitumorales et antimicrobiennes (**Mikhaeil et al., 2003**).

Par exemple, des diterpènes fortement oxygénés isolés de *Orthosiphon stamineus* ont montré des effets antiprolifératifs sur des lignées cellulaires cancéreuses. Les diterpénoïdes interviennent également dans la biosynthèse de composés d'intérêt pharmaceutique, comme le Taxol, utilisé en chimiothérapie. Leur complexité structurale fait l'objet de nombreuses études en chimie des substances naturelles (**Yang et al., 2020**).

8.5. Les Sesquiterpènes hydrocarbonés

Les sesquiterpènes hydrocarbonés, dérivés de l'union de trois unités isoprène, sont des terpènes où les 15 atomes de carbone sont reliés entre eux comme les résidus iso-préniques. Les huiles essentielles et l'arôme de la plupart des plantes, comme le houblon et le poivre noir, contiennent largement des sesquiterpènes. On peut citer par exemple comme sesquiterpènes révélés les plus connus le β -caryophyllène et l'humulène qui présentent une réactivité avec l'ozone atmosphérique élevée (**Frazier et al., 2022**).

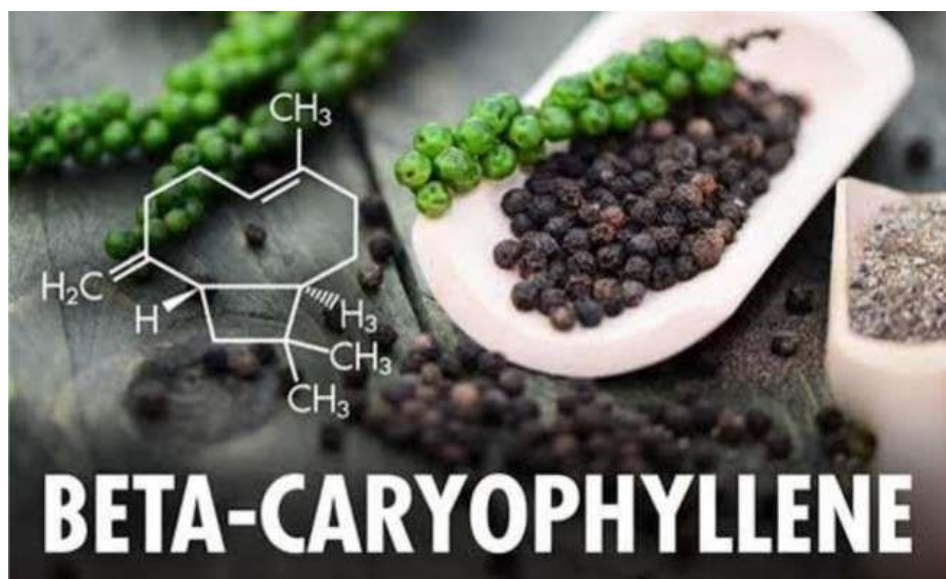
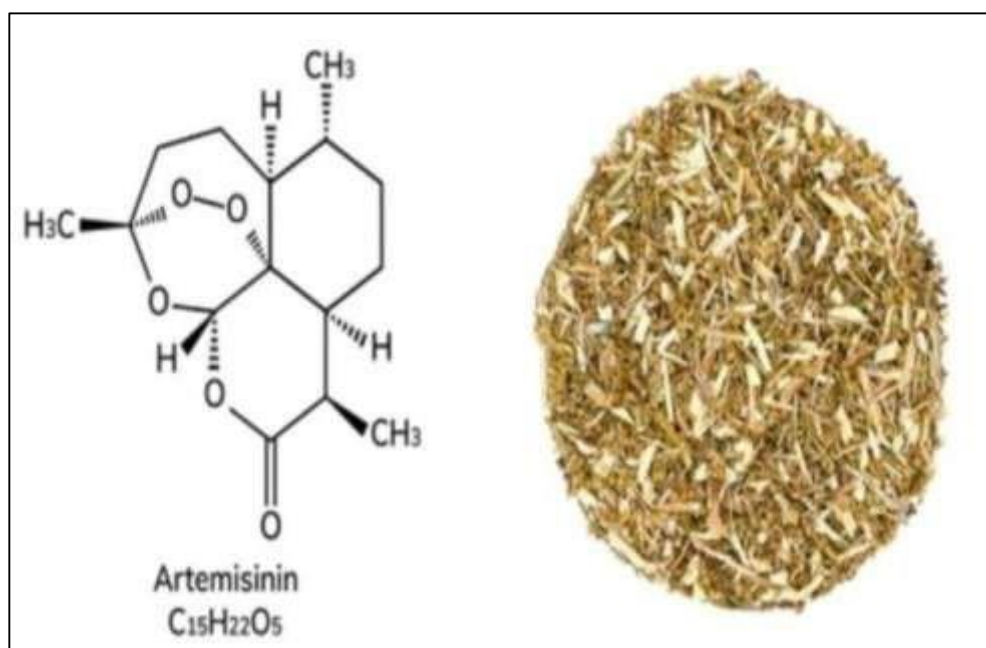


Figure 20 : Sesquiterpène hydrocarboné (beta-Caryophyllene).

Les sesquiterpènes sont généralement moins nombreux que les monoterpènes, en présentant moins de fonctions bénéfiques et devenant moins présents dans les types de bioproduits ou de matières organiques. Ils intéressent pourtant la chimie de l'atmosphère : ils participent à la formation d'aérosols organiques secondaires et présentent des propriétés biologiques, notamment des propriétés anti-inflammatoires et antimicrobiennes (**Mikhaeil et al., 2003**).

8.6. Les sesquiterpènes oxygénés

Les sesquiterpènes oxygénés, également appelés sesquiterpénoïdes, dérivent des sesquiterpènes hydrocarbonés de formule générale $C_{15}H_{24}$ par l'introduction de différentes fonctions oxygénées telles que les alcools, les cétones, les aldéhydes ou les lactones. Cette modification structurale accroît leur diversité chimique et influence fortement leurs propriétés biologiques ainsi que leur réactivité.



Figur 2I : Sesquiterpènes oxygéné (Artémisinine)

Ces composés sont reconnus pour leurs nombreuses activités biologiques, notamment leurs effets antimicrobiens, antifongiques, anti-inflammatoires et cytotoxiques. Plusieurs études ont démontré leur capacité à inhiber le développement de divers micro-organismes et à intervenir dans différents mécanismes cellulaires, ce qui explique l'intérêt croissant qu'ils suscitent dans les domaines pharmaceutique et biomédical (**Yang et al., 2020**). Parmi les sesquiterpénoïdes les plus étudiés figurent le farnésol et l'artémisinine, deux molécules réputées pour leurs applications thérapeutiques potentielles.

Au-delà de leur intérêt médical, les sesquiterpènes oxygénés jouent également un rôle écologique important. Ils participent aux mécanismes de défense des plantes contre les herbivores et les agents pathogènes, tout en intervenant dans les processus de communication chimique entre les organismes végétaux. Certains d'entre eux réagissent également avec les oxydants atmosphériques, contribuant ainsi à divers processus environnementaux et influençant la dynamique chimique de l'atmosphère (**Frazier et al., 2022**).

9. Activités biologiques

Les huiles essentielles présentent une grande variété d'activités biologiques, bien que leur fonction physiologique exacte chez les végétaux ne soit pas encore totalement élucidée. Cette diversité d'effets est liée à la richesse et à la complexité de leur composition chimique.

Plusieurs travaux ont mis en évidence les propriétés anti-inflammatoires de certaines huiles essentielles, notamment celles de *Protium strumosum*, *Protium lewellyni* et *Protium grandifolium* **(Siani et al., 1999)**. D'autres études ont montré que les huiles essentielles de *Chromolaena odorata* et de *Mikania cordata* inhibaient la lipoxigénase L-I du soja, utilisée comme modèle de la lipoxigénase humaine (5-LO), enzyme impliquée dans les mécanismes inflammatoires **(Bedi et al., 2004)**. Par ailleurs, les huiles essentielles de *Chromolaena odorata* ont démontré une action favorable sur l'activité de la cyclooxygénase de la prostaglandine H-synthétase **(Bedi et al., 2010)**. Les mêmes auteurs ont également signalé une activité inhibitrice de la cyclooxygénase pour les huiles essentielles de *Cymbopogon giganteus*, *Ocimum gratissimum* et *Eucalyptus citriodora* **(Bedi et al., 2003)**.

De nombreuses huiles essentielles, telles que celles de thym, de citronnelle, de cannelle et de *Melaleuca alternifolia*, possèdent également des propriétés antifongiques **(Burt, 2004)**. De plus, plusieurs études ont confirmé l'efficacité des huiles essentielles d'achillées contre la levure pathogène *Candida albicans* **(Barel et al., 1991 ; Unlu et al., 2002 ; Candan et al., 2003)**.

Certaines huiles essentielles sont également reconnues pour leurs activités antitumorales et font l'objet de recherches dans le cadre de la prévention de certains cancers. À titre d'exemple, l'huile essentielle extraite des graines de *Nigella sativa* a montré une activité cytotoxique in vitro sur différentes lignées tumorales et a permis de limiter la prolifération des métastases hépatiques in vivo **(Mbarek et al., 2007)**. De même, l'huile essentielle de *Melissa officinalis* s'est révélée efficace contre plusieurs lignées de cellules cancéreuses humaines **(De Sousa et al., 2004)**.

9.1. Activités antioxydante

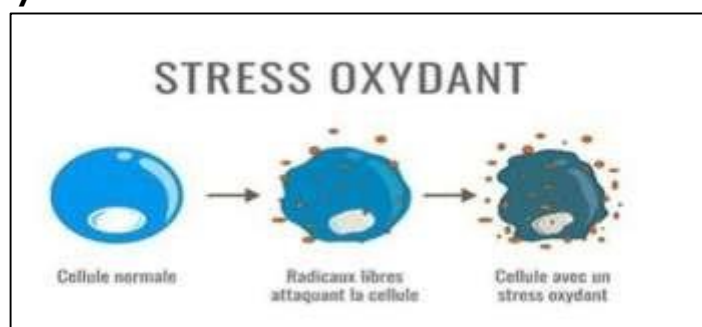


Figure 22 : Mécanisme du stress oxydatif

L'activité antioxydante est la capacité d'un composé à neutraliser les radicaux libres pour protéger les cellules du stress oxydatif et de l'oxydation des différentes molécules. Les plantes contiennent plusieurs antioxydants naturels comme les polyphénols, la vitamine C, la vitamine E, et les

caroténoïdes, qui agissent en capturant les radicaux libres ou en empêchant les réactions d'oxydation (**Bourrel, 2024 ; Médecine/Sciences, 2004**).

9.2. Activités antibactérienne

L'activité antibactérienne des extraits naturels est largement étudiée en raison de leur capacité à inhiber la croissance des bactéries pathogènes. Par exemple, les extraits du basidiocarpe et du sclérote de *Pleurotus tuber-regium* ont montré une inhibition notable de différentes souches bactériennes telles que *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*, avec des concentrations minimales inhibitrices comprises entre 6,25 et 12,5 mg/ml (**Defat, 2022**). Ces résultats sont comparables à ceux obtenus avec certains antibiotiques de référence, bien que leur efficacité reste généralement inférieure à celle des composés synthétiques (**Chelela et al., 2014**). L'efficacité antibactérienne dépend de la nature du composé, de sa concentration et de la souche ciblée. L'étude des extraits naturels constitue ainsi une voie prometteuse pour le développement de nouveaux

9.3. Activité anti-inflammatoire

Le rôle de l'activité anti-inflammatoire est essentiel dans la régulation de la réponse immunitaire au cours des agressions ou infectiosités. Certaines études ont montré que des extraits de plantes comme le *Inula viscosa* présentent des effets anti-inflammatoires notables chez le rat, en diminuant l'œdème induit au formol (**Bougherra, 2024**). Ce sont des composés bioactifs capables d'inhiber la production de médiateurs de l'inflammation tels que le TNF- α , l'IL-6 et l'IL17 qui en sont probablement responsables (**Serhan et al., 2007 ; Leitch et al., 2008**). Les modèles animaux tels que l'induction de l'inflammation par le formol sont couramment utilisés dans l'évaluation de l'efficacité de certains extraits de plantes (**Bougherra, 2024**). Ces résultats confirment l'intérêt des plantes médicinales dans la recherche de nouveaux anti-inflammatoires de sources naturelles.

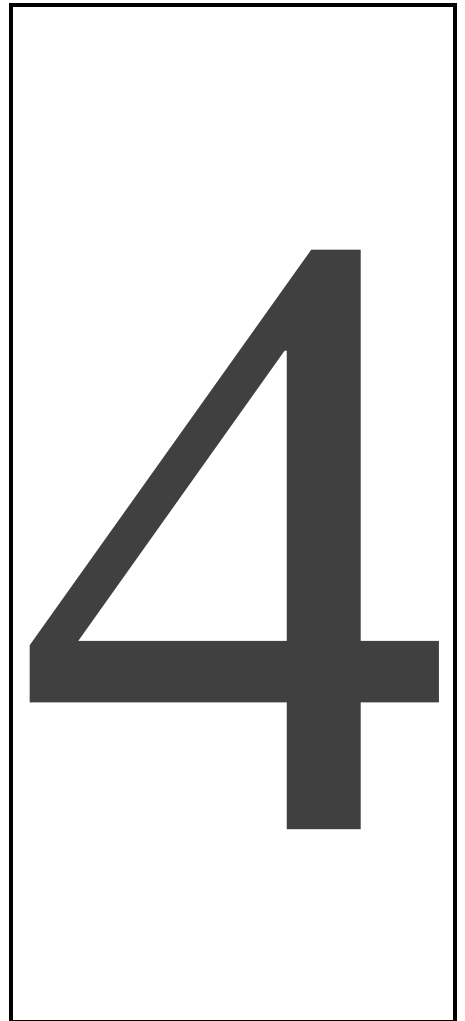
9.4. Activité insecticide

Diverses études montrent l'activité insecticide des extraits naturels, notamment des huiles essentielles, de plus en plus proposées pour la protection des cultures et la lutte antiparasitaire. L'huile essentielle de *Lippia alba* a montré une efficacité insecticide par contact et fumigation contre *Sitophilus zeamais*, insecte ravageur des grains, alors que les argiles seules ou en formulation n'ont montré aucun effet significatif (**Defat, 2022**). Cet effet toxique

9.5. Activité anticancéreuse

Les propriétés anticancéreuses des extraits naturels et des molécules étudiées en recherche clinique, notamment pour leur potentiel thérapeutique dans le cadre d'un traitement de l'oncologie, ont fait l'objet de plusieurs publications. Dans l'étude sur le lymphome mise en avant par exemple **(New England Journal of Medicine, GCO, 2016)**, l'ajout d'une immunothérapie après chimiothérapie permettait d'améliorer la survie des patients. En effet, plusieurs composés naturels ont montré un effet cytotoxique, in vitro et in vivo, sur les cellules tumorales par inhibition de leur prolifération et en entraînant leur apoptose (Bourrel, 2024). Les recherches en cours portent sur l'identification de nouveaux candidats antitumoraux au sein de molécules d'origine végétale ou fongique candidats dans le cas où elles viendraient à s'avérer complémentaires ou capables d'améliorer les thérapeutiques existantes **(GCO, 2016)**. L'incorporation de ces molécules dans des essais cliniques permet d'évaluer leur efficacité ainsi que leur innocuité chez l'être humain.

Chapitre 04



MATERIELS ET METHODE

Matériel et méthodes

I. Matériel végétal

- ✓ **La plante étudiée** : la partie aérienne de trois plantes médicinales

Plante 01 : *Rosmarinus officinalis L*

Plante 02 : *Salvia officinalis*

Plante 03 : *Laurus nobilis*

- ✓ **Huile essentielle** : extraite par Hydrodistillation

2. Extraction d'huile essentielle (HE)

2.1. Principe

L'hydrodistillation est la méthode la plus simple la plus anciennement utilisée. Le principe consiste à faire bouillir le mélange d'eau et de plantes pour lequel l'huile essentielle est souhaité extraire, les cellules végétales s'éclatent et libèrent des molécules odorantes, qui sont ensuite emportées par la vapeur d'eau générée ils passent dans un refroidisseur d'eau, où ils se condensent, qui sont ensuite collectés dans un récipient.

2.2. Mode opératoire

L'extraction d'HEs est réalisée par hydro-distillation pendant 4h et 30 min, l'hydrodistillation a été accomplie à l'aide d'un dispositif suinant : (**Figure 16**).



Figure_23: Dispositif utilise pour l'extraction des HEs.

Une quantité du matériel végétal est mise en contact direct avec l'eau distillée. Le mélange est porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par différence de densité. L'huile essentielle est séparée de l'eau par décantation comme le montre la figure suivante :



Figure_24 : Séparation des HEs par décantation

Après extraction et la récupération, le volume de l'huile essentielle obtenu a été conservé dans un flacon en verre stérile. Le flacon a été couvert d'un papier aluminium à l'abri de la lumière puis conserve dans un réfrigérateur à 4°C jusqu'à son usage pour l'activité antioxydant.

3. Activité antioxydant de l'huile essentielle

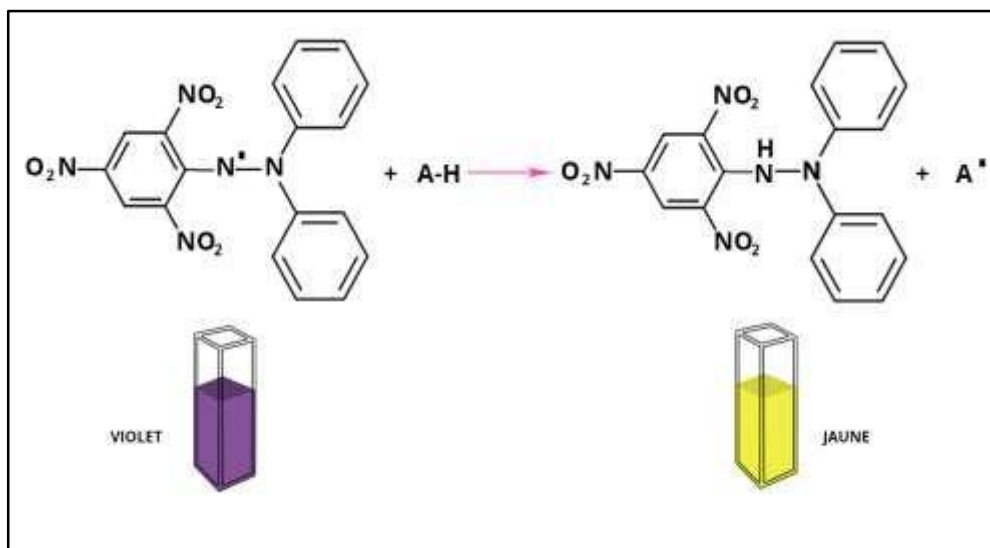
Plusieurs huiles essentielles possèdent de bonnes propriétés antioxydantes, qui peuvent être exploitées pour protéger d'autres matériaux, tels que les aliments et leur rancissement (**Schwartz et al., 1992**). D'autre part, les huiles essentielles ne sont pas seulement utilisées en monothérapie, mais en combinaison depuis de nombreuses années [13]. Elles sont utilisées pour agir en synergie afin d'améliorer leurs effets. L'effet synergique possible produit par la combinaison des huiles essentielles de plantes a été qualifié de stratégie efficace pour inhiber ou réduire le processus naturel d'oxydation des aliments (**BENYOUCEF, 2020**).

Il s'agit dans ce travail d'étudier les propriétés antioxydantes des huiles essentielles individuelles et croisées de *Rosmarinus officinalis* L, *Salvia officinalis* et *Laurus nobilis* à l'aide de deux méthodes différentes : l'activité de piégeage radicalaire (DPPH) et le pouvoir réducteur (FRAP).

3.1. Méthode de réduction du radical libre DPPH

L'activité antioxydante des huiles essentielles des plantes étudiées, leurs mélanges et des antioxydants standards vis-à-vis du radical DPPH a été réalisé à l'aide d'un spectrophotomètre en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette (DPPH•)

à la couleur jaune (DPPH-H) mesurable à 517 nm. Ce pouvoir réducteur est dû aux substances anti radicalaires et qui entraîne une diminution de l'absorbance. **(BENYOUCEF, 2020)**



Figure_25: Mécanisme de réduction du radical libre DPPH **(BENYOUCEF, 2020)**

3.2.1. Mode opératoire

A. Préparation d'une solution de DPPH

La solution de DPPH a été préparée par la solubilisation de 15,8 mg de DPPH dans 100 ml de méthanol.

B. Préparation d'une solution mère d'HE

Pour préparer 10 ml d'une solution mère d'HE de concentration connue, en prendre la quantité correspondante d'HE et en ajoute de Méthanol jusqu'à atteint le volume total (10ml).

C. Préparation des dilutions

Pour chaque HE, des dilutions de concentrations décroissantes ont été préparées selon le tableau suivant :

Tableau_05 : Préparation des dilutions

N° de tube	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Concentration (mg/ml)	20	15	10	5	2.5	1.5	1	0.5	0.25	0.1
Dans chaque tube en ajout 2 ml de DPPH										

Les mélanges ont été incubés dans l'obscurité pendant 30 minutes et la décoloration comparée au contrôle négatif contenant seulement la solution de DPPH



Figure _26 : Coloration des tubes : **A)** Avant incubation ; **B)** Après incubation

D. Lecture des résultats d'activité antioxydant

A 517 nanomètres en fait la lecture par l'utilisation du spectrophotomètre UV visible.

3.2.2. Le pourcentage de l'inhibition

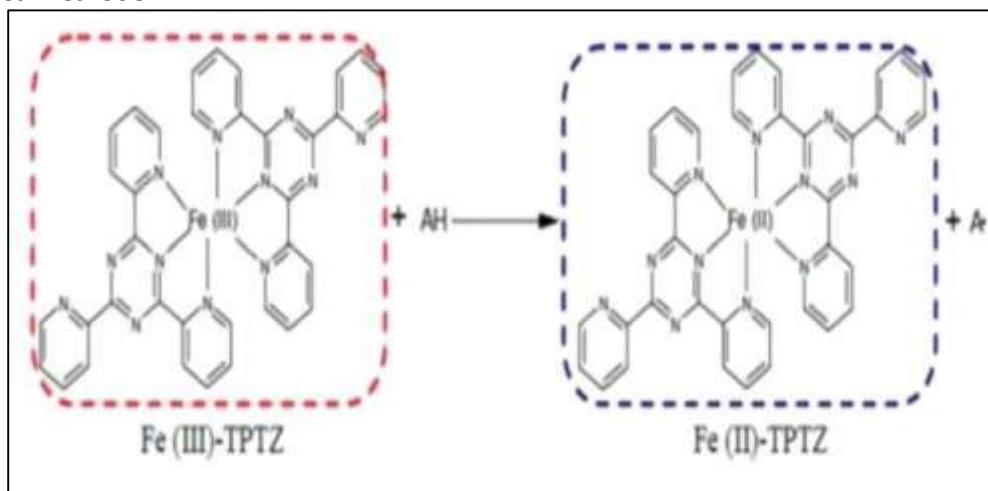
Le pourcentage de l'inhibition est calculé suivant la formule ci-dessous :

$$\text{Pourcentage d'inhibition(\%)} = \frac{D_{\text{contrôle}} - D_{\text{échantillon}}}{D_{\text{contrôle}}} \times 100$$

L'inhibition radicalaire de DPPH est généralement présentée par la valeur IC_{50} , celle-ci est la concentration de l'échantillon nécessaire pour inhiber 50% du radical libre DPPH• présent dans le milieu réactionnel. Une faible valeur de la IC_{50} indique une activité antioxydante forte. Cette valeur a été calculée par régression linéaire des pourcentages d'inhibition en fonction des différentes concentrations des échantillons préparés

3.2. Méthode de réduction des ions ferreux (FRAP)

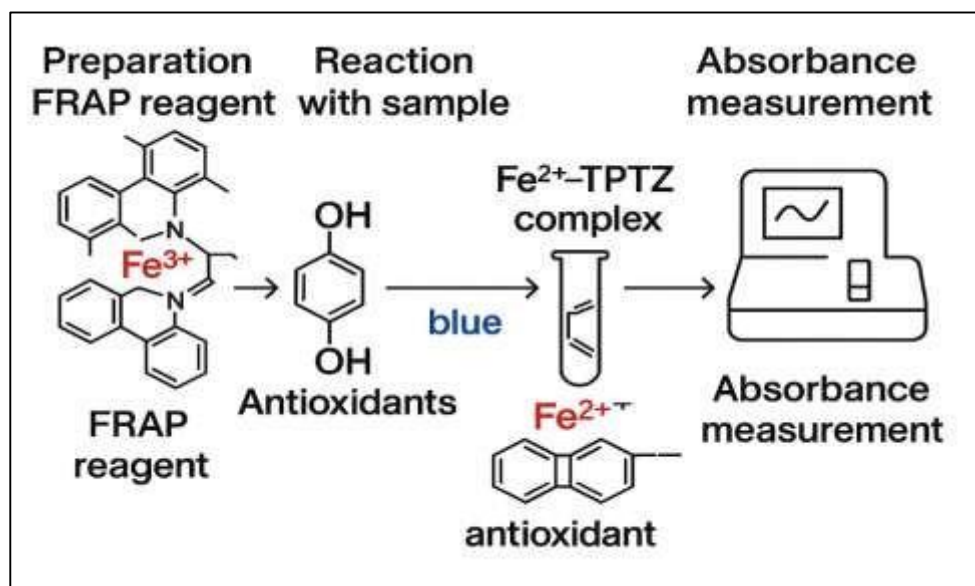
Cette méthode colorimétrique est couramment utilisée pour étudier le pouvoir anti radicalaire, elle consiste à mesurer la capacité des extraits testés à réduire le fer ferrique Fe^{3+} présent dans le complexe ferricyanure de potassium $K_3[Fe(CN)_6]$ en fer ferreux Fe^{2+} en donnant un électron. Par la suite la teneur en ions Fe^{2+} peut être contrôlée et mesurée par la formation du bleu de Perl à 700 nm. Une augmentation de l'absorbance (DO) indique une augmentation de la capacité réductrice (BENYOUCEF, 2020)



Figure_27 : Mécanisme réactionnelle de la méthode FRAP

3.2.1. Mode opératoire

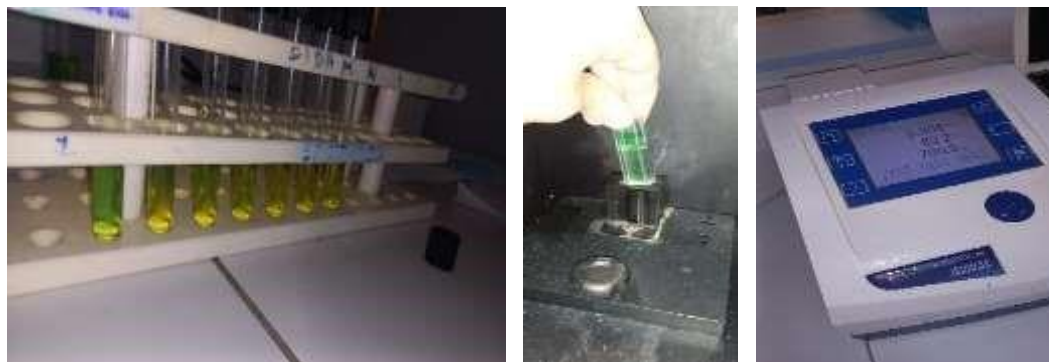
Cette méthode est déterminée en utilisant la technique d'Oyaizu (1986). Les différentes concentrations des huiles dans l'éthanol (1 ml) sont mélangées avec 2,5 ml de la solution tampon phosphate (0,2 M, pH 6,6) et 2,5 ml de ferricyanure de potassium $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (1%). Les mélanges sont incubés à 50°C pendant 20 min. Après, 2,5 ml d'acide trichloracétique (10%) est additionné. Le tout est centrifugé à 3000 tours pendant 10 min. A la fin 2,5 ml du surnageant de chaque concentration est mélangé avec 2,5 ml de l'eau distillée et 0,5 ml de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0.1%).



Figure_28 : Mode opératoire d'activité antioxydant par FRAP

Après 30 min d'incubation, l'absorbance est mesurée à 700 nm en utilisant un spectrophotomètre à double faisceau visible. L'augmentation de l'absorbance dans le milieu réactionnel indique l'augmentation de la réduction de fer. L'acide ascorbique est utilisé comme contrôle positif. Les

analyses ont été réalisées en triple. Une absorbance accrue de la réaction signifie une puissance réductrice accrue et comparée à celle de l'acide ascorbique comme référence. Activité chélatant des ions ferreux est testée pour évaluer l'interaction composé-fer, nous avons réalisé le test de Ferrozine qui évalue la capacité d'interaction avec le fer, empêchent la formation du complexe entre la forme métallique réduite et le ferrozine.



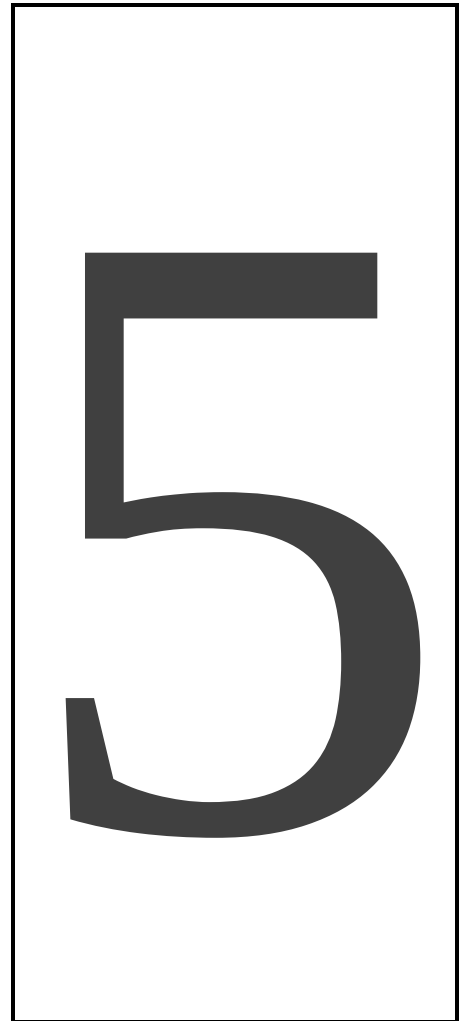
Figure_ 29 : Coloration des tubes et lecture

3.2.2. Le pourcentage de l'inhibition

Le pourcentage de l'inhibition est calculé suivant la formule ci-dessous :

$$\text{Pourcentage d'inhibition(\%)} = \frac{D \alpha(E \text{chantillon}) - D \alpha(Blanche)}{D \alpha(E \text{chantillon})} \times 100$$

Chapitre 05



I. Résultats

I.1. Résultat d'extraction d'huile essentielle (HE)

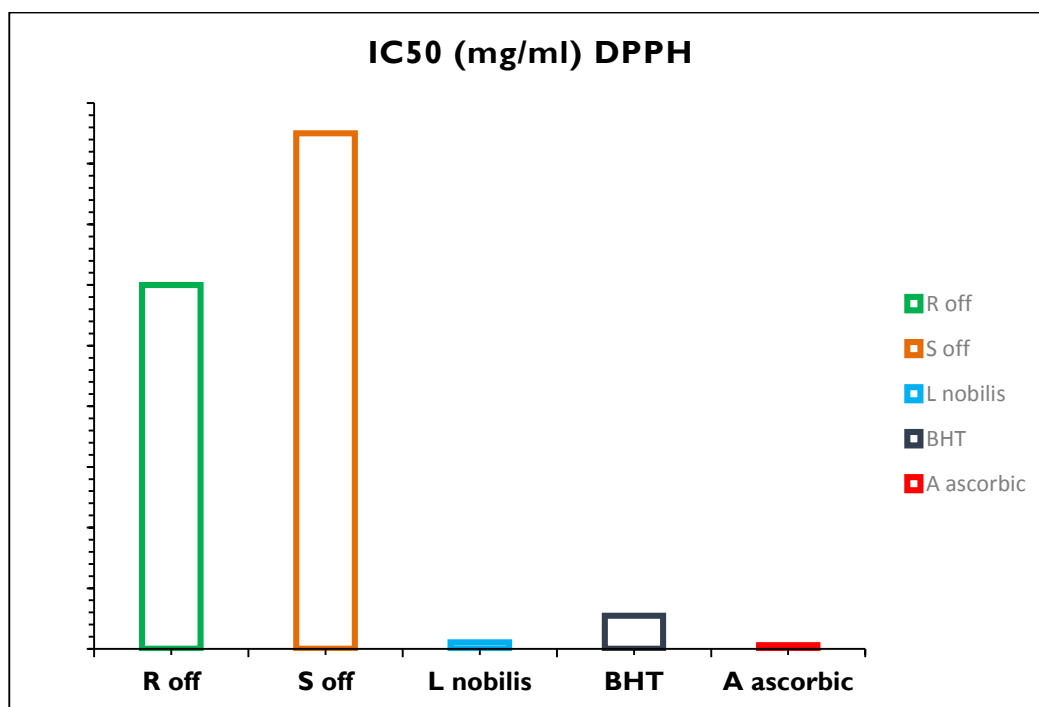
Tableau_6 : Résultat d'extraction.

Plante	Partie utilisé	Rendement
<i>Rosmarinus officinalis</i> L	Tiges + Feuilles + Fleures	0.97 %
<i>Salvia officinalis</i>	Tiges + Feuilles + Fleures	0.64 %
<i>Laurus nobilis</i>	Tiges + Feuilles + Fleures	0.51 %

I.2. Résultats d'activité antioxydant par DPPH

I.2.1. Matrice individuelle des huiles essentielles par la méthode de DPPH

L'inhibition radicalaire de DPPH est généralement présentée par la valeur IC_{50} , celle-ci est la concentration de l'échantillon nécessaire pour inhiber 50% du radical libre DPPH• présent dans le milieu réactionnel. Une faible valeur d' IC_{50} indique une activité antioxydante forte (Figure_30). Cette valeur a été calculée par régression linéaire des pourcentages d'inhibition en fonction des différentes concentrations des échantillons préparés.

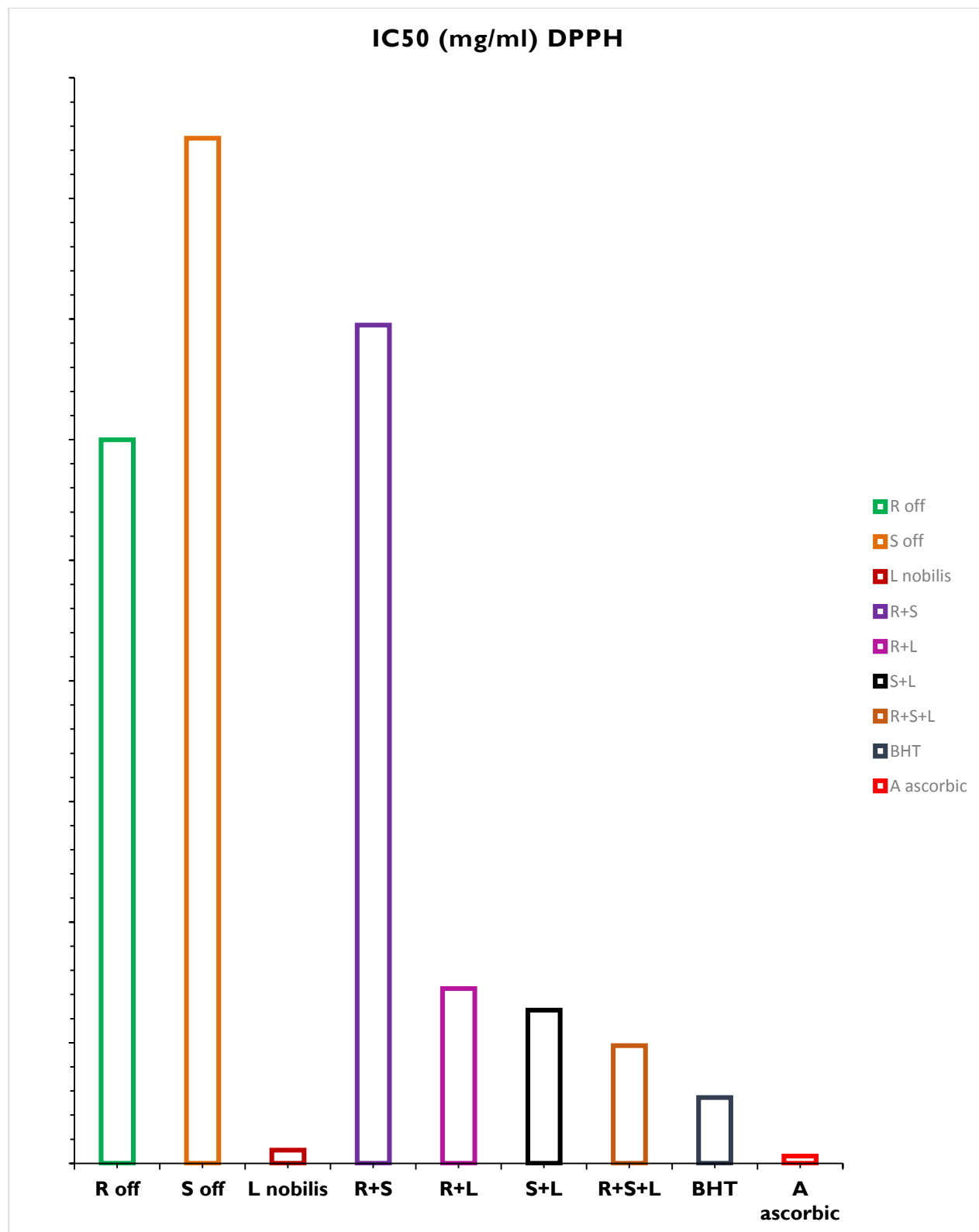


Figure_30 : IC_{50} des matrice individuelle d'HEs déterminées par DPPH

Nous remarquons que l'huile essentielle de *L nobilis* a à montrer une excellente activité antioxydante, alors que l'HE de *R officinalis* a montré un pouvoir antioxydant notable. L'activité antioxydante la plus faible a été observée pour l'huile essentielle de *S. officinalis*, qui été largement supérieure à celle du témoin Acide ascorbique et BHT.

I.2.2. Matrice croisée des huiles essentielles par la méthode DPPH

L'étude du pouvoir antioxydant des mélanges des huiles essentielles de *R. officinalis*, *S. officinalis* et *L. nobilis* vis-à-vis du BHT et acide ascorbique par la méthode de DPPH a montré que les mélanges des huiles ont présenté de très bonnes activités antioxydantes (Figure 31).



Figure_31 : IC₅₀ des matrice croisée d'HEs déterminées par DPPH

D'après les résultats, nous remarquons que l'effet synergique le plus important a été observé avec le mélange des trois huiles essentielles de *R. officinalis*, *S. officinalis* et *L. nobilis*, , très proche de celle du témoin BHT (Figure 31).

Les mélanges des huiles essentielles de *R. officinalis* / *L. nobilis* et *S. officinalis* / *L. nobilis*, a exprimé un effet antioxydant synergique remarquable mais qui reste importante que celui de l'antioxydant synthétique BHT. Enfin, l'activité antioxydante la plus faible a été observée pour le mélange d'huile essentielle de *R. officinalis* / *S. officinalis* qui largement supérieures au témoin (BHT) (Figure 31).

Il apparait que l'effet synergique des mélanges des trois huiles essentielles est approximativement 9 fois plus actif que l'huile de *S. officinalis*, 6 fois plus active que l'huile de *R. officinalis* mai elle reste 9 fois moins active que l'huile de *L. nobilis*.

En comparant nos résultats avec les huiles essentielles individuelles, les mélanges entre les huiles essentielles de *R. officinalis* / *L. nobilis* et *S. officinalis* / *L. nobilis*, qui a été 6 et 7 fois plus forte que l'huile essentielle de *S. officinalis* et (4 et 5) fois plus forte que l'huile de *R. officinalis*. En revanche, le mélange entre les huiles essentielles de *R. officinalis* et *S. officinalis* présenté un effet antagoniste par rapport à l'huile de *R. officinalis* qui a perdu un petit pourcentage d'inhibition et un effet synergique par rapport à l'huile de *S. officinalis* qui est devenu environ 1.5 fois plus fort. Les mélanges entre les huiles essentielles de *R. officinalis* / *L. nobilis* et *S. officinalis* / *L. nobilis* présenté un effet antagoniste par rapport à l'huile de *L. nobilis* qui a perdu un grand pourcentage d'inhibition et un effet synergique par rapport à l'huiles de *R. officinalis* et *S. officinalis* (Figure 31).

I.3. Résultats d'activité antioxydant par FRAP



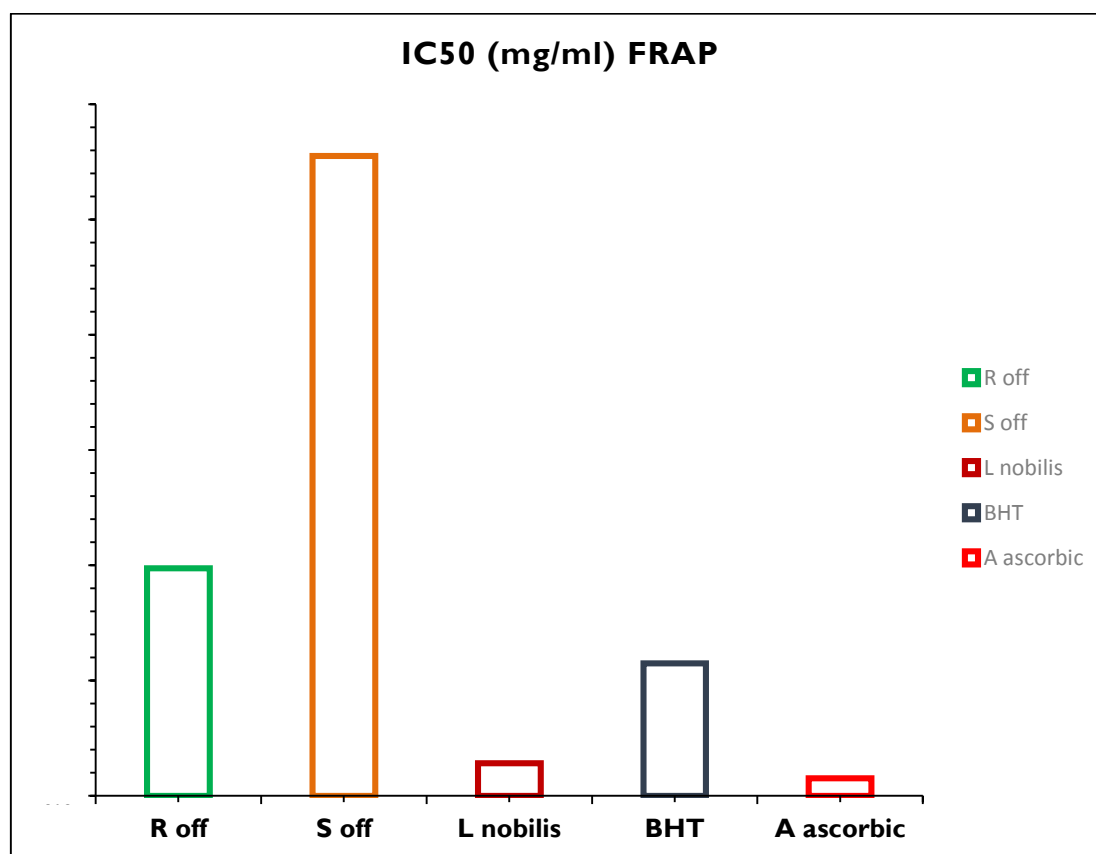
Figure_32 : Résultats d'activité antioxydant déterminées par FRAP

L'activité antioxydante des huiles essentielles des plantes étudiées a été évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre en observant la réduction du Fe^{3+} en fer ferreux Fe^{2+} , Ce qui entraîne un

changement de couleur : la solution initialement jaune (due à la présence d'ions ferriques Fe^{3+}) vire progressivement au bleu-vert, mesurable à 700 nm. Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance provoquée par des substances anti-radicalaires. Le pourcentage d'inhibition (%) pour chaque résultat a été calculé. L'activité inhibitrice est généralement évaluée par sa valeur IC_{50} , qui représente la concentration de l'échantillon nécessaire pour inhiber 50% du Fe^{3+} présent dans le milieu réactionnel en Fe^{2+} . Une valeur faible de l' IC_{50} témoigne d'une forte activité antioxydante. Cette concentration minimale d'inhibition (IC_{50}) est déterminée graphiquement à partir des courbes de tendance linéaire, puis utilisée pour comparer l'activité antioxydante de l'acide ascorbique et du BHT.

I.3.1. Matrice individuelle des huiles essentielles par la méthode de FRAP

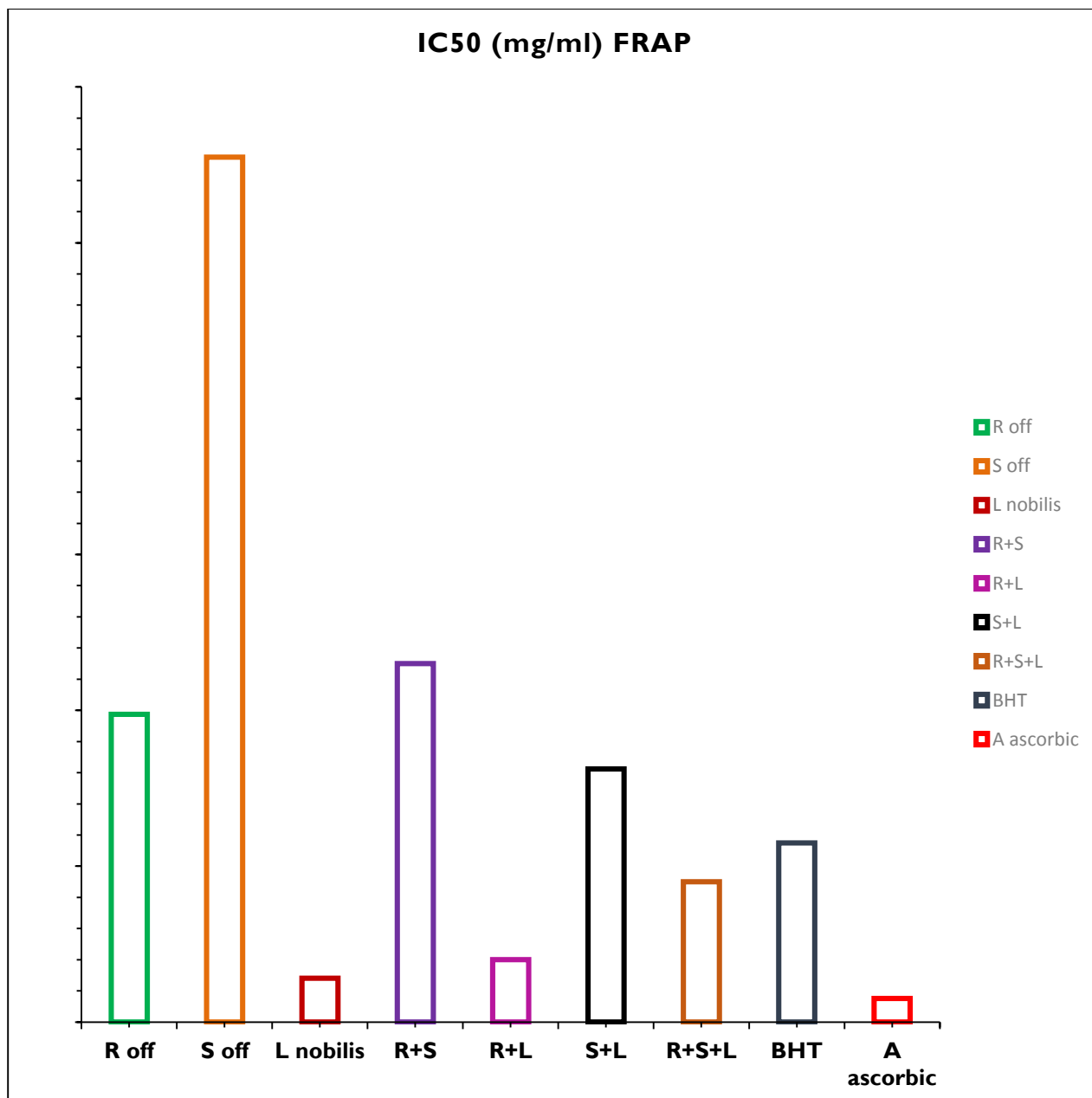
Nous remarquons que l'huile essentielle de *L. nobilis* à montrer une activité antioxydante très forte qui été largement supérieure à celle du témoin BHT et très proche d'Acide ascorbique. Alors que l'HE de *R. officinalis* à montrer une activité antioxydante notable, mais qui reste inférieur au témoin (BHT et Acide ascorbique). L'activité antioxydante la plus faible a été observée pour l'huile essentielle de *S. officinalis*, qui été largement inférieure à celle du témoin Acide ascorbique et BHT (Figure 33).



Figure_ 33 : IC_{50} des matrices individuelles d'HEs déterminées par la méthode FRAP

I.3.2. Matrice croisée des huiles essentielles par la méthode FRAP

L'effet synergique a été observé pour les différents mélanges étudiés. Il apparaît que le mélange *R. officinalis* / *L. nobilis* présente la capacité réductrice la plus élevée et qui a été meilleur que celui du témoin de BHT.



Figure_ 34 : IC₅₀ des matrices croisées d'HEs déterminées par la méthode FRAP

D'autre part, le mélange des trois huiles essentielles à montrer une activité antioxydante très forte, qui été très proche à celle du témoin BHT mais il reste inférieur au témoin Acide ascorbique. Alors que le mélange de *S. officinalis* / *L. nobilis* a montré un pouvoir antioxydant notable, le mélange le moins important été celui des huiles essentielles de *R. officinalis*/ *S. officinalis* (Figure 34).

En comparant nos résultats avec les huiles essentielles individuelles, l'effet synergique de mélange des huiles essentielles de *R. officinalis* / *L. nobilis* est approximativement 14 fois plus actif que l'huile de *S. officinalis*, 5 fois plus active que l'huile de *R. officinalis*, cependant, Il en est de même pour le mélange des trois huiles essentielles avec une activité relativement moins élevée (6 fois plus actif que l'huile de *S. officinalis*, 2 fois plus active que l'huile de *R. officinalis*). En revanche, le mélange entre le mélange des huiles essentielles de *S. officinalis* / *L. nobilis* présenté un effet antagoniste par rapport à l'huile de *L. nobilis* qui a perdu un grand pourcentage d'inhibition et un effet synergique par rapport à l'huile de *S. officinalis* qui est devenu environ 4 fois plus fort. Tandis que le mélange entre les huiles essentielles de *R. officinalis* / *S. officinalis* présenté un effet antagoniste par rapport à l'huile de *R. officinalis* qui a perdu un petit pourcentage d'inhibition et un effet synergique par rapport à l'huile de *S. officinalis* qui est devenu 2 fois plus fort.

En fin, si nous classons nos huiles essentielles individuellement et des mélanges selon la puissance de réduction de fer par rapport au BHT et acide ascorbique, nous obtiendrons l'ordre suivant : Acide ascorbique > *L. nobilis* > *R. officinalis* / *L. nobilis* > *R. officinalis* / *S. officinalis* / *L. nobilis* > BHT > *S. officinalis* / *L. nobilis* > *R. officinalis* > *R. officinalis* / *S. officinalis* > *S. officinalis* .

2. Discussions

Dans la présente étude, toutes les huiles essentielles étudiées ont montré une activité antioxydante en piégeant le radical DPPH• et la capacité de réduire les ions ferriques Fe³⁺.

L'huile essentielle de *L. nobilis* on présentée le pouvoir antioxydant par DPPH le plus élevé, Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par **Fernández et al 2019** (0.25 mg/ml). Nos résultats est nettement plus forte que celle obtenue par **Guenane et al 2019** (0.49 mg/ml) et **El-Sawi et al 2024** (0.52 mg/ml). Néanmoins elle reste moins importante à celle trouver par **Taroq et al 2019** (0.04 mg/ml), **Goudjil et al 2015** (0.072 mg/ml) et **Tahiri et al 2023** (0.00038 mg/ml). L'examen de l'activité antioxydant d'HE de *L. nobilis* ont exprimé également une capacité antioxydante nettement supérieur que celle de témoin BHT, en revanche la valeur de IC₅₀ proche que celle de témoin **acides ascorbique**.

L'huile essentielle de *R. officinalis* on présentée d'effets antioxydant notable, il est à noter que l'huile essentielle à exercer une forte activité inhibitrice du radical DPPH, c'est une valeur proche de celle qu'il a trouvée par **El Kharraf et al., 2021** (6.88 mg/ml). En revanche notre valeur est nettement plus forte que celle obtenue par **Makhloufi 2012** (84.5 mg/ml) et **Ouibrahim 2015** (30.9 mg/ml). Néanmoins elle reste moins importante à celle trouver par **Erkan et al., 2008** (0.054 mg/ml), **Kadri et al., 2011** (0.11 mg/ml), et **Jordán et al., 2013** (0.59 mg/ml).

L'examen de l'activité antioxydant d'HE de **R. officinalis** ont exprimé également une forte capacité antioxydant mais qui reste inférieure celui des témoins **BHT** et **acides ascorbique**.

L'huile essentielle de **S. officinalis** ont présentée d'effets antioxydant faible, probablement lié à leur profil chimique. Il est à noter que l'huile essentielle à exercer une faible activité inhibitrice du radical DPPH. Ce qui en accord avec ceux trouvés par **Atanassova et al., 2011** (12.64 mg/ml). En revanche notre valeur est nettement plus forte que celle obtenue par **Maache et al 2023** (40.72 mg/ml). Néanmoins elle reste inférieure à celle trouver par **Bozin et al 2007** (0.00178 mg/ml), **Mekhaldi et al 2014** (0.13 mg/ml), **Farhat et al 2014** (0.32 à 0.55 mg/ml), et **Bendaas et al 2025** (0.00059 mg/ml).

L'examen de l'activité antioxydant d'HE de **S. officinalis** ont exprimé également une très faible capacité antioxydante que celles des témoins **acide ascorbique** et le **BHT**.

L'huile essentielle de **L. nobilis** on présentée le pouvoir antioxydant par FRAP le très élevé, c'est une valeur proche de celle qu'il a trouvée par **Tahiri et al., 2023** (0,67 mg/ml). Néanmoins elle reste moins importante à celle trouver par **Dhifi et al., 2018** (0,2 mg/ml), **Falade et al., 2022** (0,149 mg/ml), **Goudjil et al., 2015** (0,014 mg/ml), **Taroq et al., 2019** (0,0027 mg/ml) et **Tahiri et al., 2024** (0,000197 mg/ml).

L'huile essentielle de **R. officinalis** on présentée d'effets antioxydant élevé. Nos résultats est nettement plus forte que celle obtenue par **Bilto & Alabdallat, 2015** (70.36 mg/ml), **Amar et al., 2016** (86.16 mg/ml), **Kabubii et al., 2023** (51.77 mg/ml) et **Lucas Malvezzi et al., 2022** (100.75 mg/ml). En revanche notre valeur reste moins importante à celle trouver par **Jordán et al., 2013** (0.93 mg/ml), **Bouyahya et al., 2017** (0.86 mg/ml) et **Falade et al., 2022** (0.167 mg/ml).

L'huile essentielle de **S. officinalis** a présentée d'effets antioxydant moyennement faible, probablement lié à leur profil chimique. Il est à noter que l'huile essentielle à exercer une faible activité inhibitrice des ion de Fe^{3+} . En revanche notre valeur reste moins importante à celle trouver par **Hamrouni-Sellami et al., 2012** (0,263 mg/mL), **Farhat et al., 2014** (0,85–1,49 mg/mL selon le stade phénologique) et **Maache et al., 2023** (~1 mg/mL).

Les résultats obtenus par la méthode du **DPPH** révèlent une hiérarchie marquée des activités antioxydantes des huiles essentielles étudiées, avec une performance exceptionnelle de *Laurus nobilis* qui rivalise avec celle de l'acide ascorbique, tandis que *Rosmarinus officinalis* et *Salvia officinalis* affichent des activités nettement inférieures, cette dernière étant significativement moins

efficace que les témoins de référence acide ascorbique et BHT. L'analyse des matrices croisées met en évidence des interactions complexes entre les huiles essentielles, où le mélange ternaire *R. officinalis* / *S. officinalis* / *L. nobilis* présente l'effet synergique le plus prononcé valeur très proche de celle du BHT, suggérant une complémentarité des mécanismes antioxydants impliquant probablement une régénération mutuelle des composés actifs. Les mélanges binaires impliquant *L. nobilis*, notamment *S. officinalis* / *L. nobilis* et *R. officinalis* / *L. nobilis*, confirment le rôle central de cette huile comme activateur puissant de l'activité antioxydante, puisqu'ils se révèlent respectivement 6 à 7 fois et 4 à 5 fois plus actifs que les huiles individuelles de romarin et de sauge, ce qui corrobore l'observation selon laquelle l'ajout de l'huile de laurier aux autres huiles potentialise considérablement leur pouvoir antiradicalaire. À l'inverse, le mélange *R. officinalis* / *S. officinalis* illustre un cas d'antagonisme partiel par rapport au romarin seul, avec une légère perte d'activité et un effet synergique limité par rapport à la sauge, probablement dû à une compétition entre molécules pour le site radicalaire ou à la formation de complexes réduisant la biodisponibilité des antioxydants. Il apparaît ainsi que le mélange ternaire est approximativement 9 fois plus actif que l'huile de *S. officinalis* et 6 fois plus actif que celle de *R. officinalis*, bien qu'il reste 9 fois moins efficace que *L. nobilis* prise isolément, soulignant que la dilution des composés actifs du laurier dans une formulation synergique ne permet pas d'atteindre l'excellence de l'huile pure mais offre néanmoins une alternative prometteuse aux antioxydants synthétiques. Ces résultats ouvrent des perspectives intéressantes pour le développement de formulations antioxydantes naturelles, sous réserve d'une optimisation rigoureuse des ratios de mélange et d'une validation par des études complémentaires évaluant la stabilité, la toxicité et la biodisponibilité de ces associations complexes *in vivo*.

Les résultats obtenus par la méthode **FRAP** (Ferric Reducing Antioxidant Power) confirment et enrichissent les données du test DPPH, révélant une hiérarchie comparable des activités antioxydantes des huiles essentielles individuelles, avec *Laurus nobilis* affichant une capacité réductrice très élevée largement supérieure à celle du BHT et très proche de l'acide ascorbique, ce qui corrobore son statut d'huile antioxydante d'excellence probablement due à sa richesse en composés phénoliques hautement réducteurs capables de convertir le fer ferrique en fer ferreux de manière efficace ; l'huile de *Rosmarinus officinalis* présente quant à elle une activité notable mais inférieure aux deux témoins de référence, tandis que *Salvia officinalis* se distingue par l'activité la plus faible, significativement inférieure à l'acide ascorbique et au BHT, ce qui suggère que ses composés volatils possèdent une faible capacité à transférer des électrons au complexe ferrique. L'étude des matrices croisées par FRAP met en évidence des effets synergiques pour l'ensemble

des mélanges testés, avec une performance remarquable du mélange binaire *R. officinalis* / *L. nobilis* qui présente la capacité réductrice la plus élevée, dépassant même celle du témoin BHT, ce qui confirme le rôle activateur majeur de *L. nobilis* lorsqu'elle est associée au romarin ; le mélange ternaire affiche également une activité antioxydante très forte, très proche du BHT mais restant inférieur à l'acide ascorbique, tandis que le mélange *S. officinalis* / *L. nobilis* montre un pouvoir réducteur notable et le mélange *R. officinalis* / *S. officinalis* se révèle le moins performant, illustrant une fois encore l'absence de complémentarité entre ces deux huiles en l'absence de *L. nobilis*. L'analyse comparative des facteurs de synergie révèle que le mélange *R. officinalis* / *L. nobilis* est approximativement 14 fois plus actif que *S. officinalis* seule et 5 fois plus actif que *R. officinalis* seule, tandis que le mélange ternaire est 6 fois plus actif que *S. officinalis* et 2 fois plus actif que *R. officinalis*, confirmant que l'ajout de *L. nobilis* potentialise considérablement l'activité des autres huiles ; à l'inverse, le mélange *S. officinalis* / *L. nobilis* présente un effet antagoniste par rapport à *L. nobilis* pure qui perd un grand pourcentage de sa capacité réductrice, bien qu'il exprime un effet synergique par rapport à *S. officinalis* devenant environ 4 fois plus forte, et le mélange *R. officinalis* / *S. officinalis* montre également un antagonisme partiel vis-à-vis du romarin avec une légère perte d'activité tout en doublant l'efficacité de la sauge. Le classement global établi selon la puissance de réduction de fer — acide ascorbique > *L. nobilis* > *R. officinalis* / *L. nobilis* > *R. officinalis* / *S. officinalis* / *L. nobilis* > BHT > *S. officinalis* / *L. nobilis* > *R. officinalis* > *R. officinalis* / *S. officinalis* > *S. officinalis* — illustre clairement que les mélanges impliquant *L. nobilis* surpassent systématiquement le BHT et se positionnent comme des alternatives antioxydantes naturelles prometteuses, sous réserve d'études complémentaires sur leur stabilité, leur toxicité et leur efficacité dans des matrices alimentaires ou cosmétiques réelles.

Conclusion

générale

Conclusion générale

Conclusion Générale

C
onclusion Générale



Conclusion et perspectives

Cette étude a évalué les activités antioxydantes des huiles essentielles de *Laurus nobilis*, *Rosmarinus officinalis* et *Salvia officinalis* par les tests DPPH et FRAP. *L. nobilis* se distingue par l'activité antioxydante la plus élevée, attribuable à sa richesse en composés phénoliques tels que le 1,8-cinéol, l'eugénol et le linalool. *R. officinalis* présente une activité notable mais intermédiaire, tandis que *S. officinalis* affiche la capacité la plus faible, probablement liée à son profil chimique moins riche en antioxydants majeurs. L'étude des mélanges révèle des effets synergiques prononcés lorsque *L. nobilis* est associée aux autres huiles, particulièrement dans le mélange ternaire qui présente l'efficacité la plus élevée. Les mélanges binaires impliquant *L. nobilis* confirment son rôle d'activateur central de l'activité antioxydante. À l'inverse, le mélange *R. officinalis* / *S. officinalis* sans *L. nobilis* montre un antagonisme partiel, suggérant une compétition entre molécules pour les sites radicalaires. La cohérence des classements établis par les deux méthodes valide la robustesse des résultats et souligne l'intérêt des formulations synergiques comme alternatives antioxydantes naturelles.

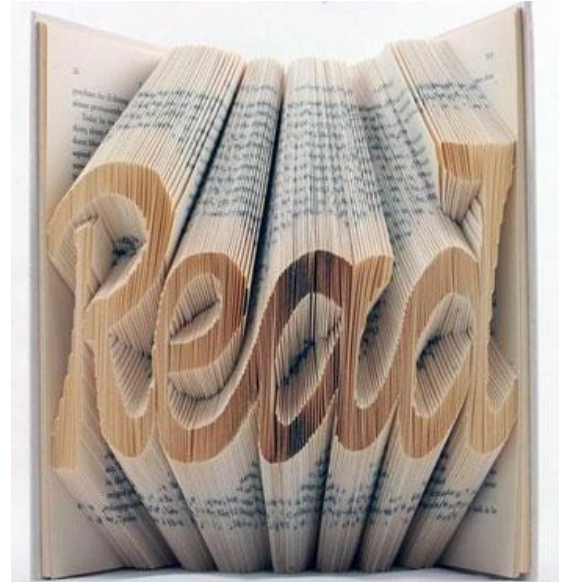
Ces résultats ouvrent des perspectives intéressantes pour le développement de formulations antioxydantes naturelles dans les industries alimentaire, cosmétique et pharmaceutique, sous réserve d'une optimisation rigoureuse des ratios de mélange, d'une étude de la stabilité au cours du temps, d'une validation par des études in vivo évaluant la biodisponibilité, la toxicité et l'efficacité dans des matrices réelles, ainsi que d'une caractérisation approfondie des mécanismes moléculaires sous-jacents aux effets synergiques observés.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques



Références bibliographiques

- Abu-Dahab, R., Kasabri, V., & Afifi, F. U. (2014).** Evaluation of the volatile oil composition and antiproliferative activity of *Laurus nobilis* L. (Lauraceae) on breast cancer cell line models. *Records of Natural Products*, 8(2), 136–147.
- Adams, M., Gmünder, F., & Hamburger, M. (2007).** Plants traditionally used in age related brain disorders – A survey of ethnobotanical literature. *Journal of Ethnopharmacology*, 113, pp. 363–381. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.07.016>
- AFNOR. (1987).** Huiles essentielles de Romarin (*Romarinus officinalis*). Norme française NFT 75-214.
- AFNOR. (1992).** Association Française de Normalisation, recueil des normes françaises : Huiles essentielles (3ème éd.). AFNOR, Paris.
- Aftab, T., & Hakeem, K. R. (Eds.). (2021).** Medicinal and aromatic plants: Healthcare and industrial applications. Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-03058975-2> agronomiques, Option : Ecologie, INA, El-Harrach.
- Akhondzadeh, S., Noroozian, M., Mohammadi, M., Ohadinia, S., Jamshidi, A. H., & Khani, M. (2003).** *Salvia officinalis* extract in the treatment of patients with mild to moderate Alzheimer's disease : A double blind, randomized and placebo-controlled trial. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, 28, 53– <https://doi.org/10.1046/j.13652710.2003.00463.x>
- Algabri, S. O., Doro, B. M., Abadi, A. M., Shiba, M. A., & Salem, A. H. (2018).** Bay leaves have antimicrobial and antioxidant activities. *Journal of Pathogen Research*, 1(1).
- Amar, Y., Meddah, B., Bonaccorsi, I., Costa, G., Pezzino, G., Saija, A., Boussahel, S., Ferlazzo, G., & Tirtouil Meddah, A. (2017).** Phytochemicals, antioxidant and antiproliferative properties of *Rosmarinus officinalis* L. extracts on U937 and CaCo-2 cells. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 16(1), 315–327.
- Amorati, R., Foti, M. C. & Valgimigli, L. (2013)** 'Antioxidant activity of essential oils', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, pp. 10835–10847.
- Andrade, M. A. (2018).** Systematic position of *Rosmarinus officinalis* L. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 6(3), 12–16.

Références bibliographiques

Anthony, J.P.; Fyfe, L.; Smith, H. (2005). Trends in Parasitology, 21:462-468.

Arranz E, Jaime L, García-Risco MR, Fornari T, Reglero G, Santoyo S.(2015) Antiinflammatory activity of rosemary extracts Obtained by supercritical carbon dioxide enriched in carnosic Acid and carnosol. Int. J. Food Sci. Technol ; 50 :674–681.

Atanassova, M., Georgieva, S., & Ivancheva, K. (2011). Total phenolic and total flavonoid contents, antioxidant capacity and biological contaminants in medicinal herbs. Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, 46(1), 81-88.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—A review. Food and Chemical Toxicology, 46, 446–475.

Ballabio, R., & Goetz, P. (2010). Huile de graine/fruit de laurier Laurus nobilis L., Laurus azorica (Seub.) Franco, Laurus novocanariensis Rivas Mart., Lousã, Fern. Prieto, E. Dias, J. C. Costa et C. Aguiar. Phytothérapie, 8(2), 141–144. <https://doi.org/10.1007/s10298-010-0547-8>

Bammi, J., Khelifa, R., & Remmal, A. (1997). Études de l'activité antivirale de quelques huiles essentielles. Dans B. Benjilali, M. Ettalibi, M. Ismaili-Alaoui, & A. Zrira (Éds.), Proceedings of the International Congress on Aromatic and Medicinal Plants and Essential Oils (p. 502). Actes Éditions.

Bandaranayake, W. M. (2006). Quality control, screening, toxicity, and regulation of herbal drugs. In I. Ahmad, F. Aqil, & M. Owais (Eds.), Modern phytomedicine :Turning medicinal plants into drugs (pp. 25–57). John Wiley & Sons.

Baratta, M. T., Dorman, H. J. D., Deans, S. G., Biondi, D. M., & Ruberto, G. (1998). Chemical composition, antimicrobial and antioxidative activity of laurel, sage, rosemary, oregano and coriander essential oils. Journal of Essential Oil Research, 10, 618–627.

Bardeau, F. (1976). La médecine par les fleurs. Robert Laffont.

Barreca, Batanouny D. (2021). Mechanisms of plant antioxidants action. Plants, 10(1), 35. <https://doi.org/10.3390/plants10010035>

Batanouny KH, Aboutabl E, Shabana MC, Soliman F. Wild (1999) Medicinal Plants in Egypt :An Inventory to Support Conservation and Sustainable Use. Academy of Scientific

Références bibliographiques

Research & Technology ; Cairo, Egypt : [Google Scholar]

Baudoux, D. (2001). Aromathérapie : se soigner par les huiles essentielles (2ème éd.). Atlantica.

Bedi, G., Tonzibo, Z. F., Chalchat, J. C., & N'Guessan, Y. T. (2001). Composition chimique des huiles essentielles de *Chromolaena odorata* L. King & Robinson (Asteraceae), Abidjan, Côte d'Ivoire. Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie, 11, 29–37.

Beloued, A. (2005). Plantes médicinales d'Algérie (p. 124). Office des Publications Universitaires.

Ben Khedher, M. R., Ben Khedher, S., Chaieb, I., Tounsi, S., & Hammami, M. (2017). Chemical composition and biological activities of *Salvia officinalis* essential oil from Tunisia. EXCLI Journal, 16, 160–173.

Benayad, N. (2008). Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : Moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées

Bendaas, R., Messaadia, L., Bekkar, Y., Bourougaa, L., & Messaoudi, A. (2025). Comprehensive in vitro and molecular docking analysis of antioxidant and antimicrobial properties of *Salvia officinalis* L. extracts and essential oils. Journal of Molecular Structure, 1320, 141621.

Bicchi, C., Binello, A., & Rubiolo, P. (2000). Determination of phenolic diterpene antioxidants in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) with different methods of extraction and analysis. Phytochemical Analysis, 11, 236–242.

Bilto, Y. Y., & Alabdallat, N. G. (2015). In vitro and in vivo antioxidant related effects of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extracts in humans. American Journal of Clinical and Experimental Medicine, 3(5), 213-221.

Bougherra, N. (2024). Étude de l'activité anti-inflammatoire et antidépresseur de l'extrait aqueux d'*Inula viscosa* chez les rats Wistar albinos [Mémoire de Master, Université Constantine 1].

Références bibliographiques

- Bouras, M. (2018).** Évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de certaines plantes de l'Est algérien sur des souches résistantes aux antibiotiques (Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar d'Annaba, Algérie).
- Bourrel, C. (2024).** Analyse chimique, activités biostatiques et antioxydantes d'extraits de Plantes aromatiques sélectionnées [Thèse de doctorat, INPT Toulouse]. <https://www.grafiati.c>
- Bousbia, N. (2011).** Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires (Thèse de doctorat).
- Bouyahya, A., Et-Touys, A., Bakri, Y., Ahmed, T., Fellah, H., Abrini, J., & Dakka, N. (2017).** Chemical composition of *Mentha pulegium* and *Rosmarinus officinalis* essential oils and their antileishmanial, antibacterial and antioxidant activities. *Microbial Pathogenesis*, 111, 41-49.
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., & Jovin, E. (2007).** Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis* L., Lamiaceae) essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(19), 7879–7885.
- Bruneton, J. (1999).** Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plants (2nd ed., pp. 539– 540). Intercept Ltd.
- Buchbauer, G., & Jirovetz, L. (1994).** Aromatherapy-use of fragrances and essential oils as medicaments. *Flavour and Fragrance Journal*, 9, 217–222.
- Burt S., (2004.)** – Essential oils : their antibacterial properties and potential applications in Foods – a review. *International Journal of Food and Microbiology*, p223-253
- Candan, F., Unlu, M., Tepe, B., Daferera, D., Polissiou, M., Sokmen, A., & Akpulat, H. A. (2003).** Antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil and methanol extracts of *Achillea millefolium* subsp. *millefolium* Afan. (Asteraceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 87(2–3), 215–220.
- Capasso, F., Gaginella, T.S., Grandolini, G. and Izzo, A.A. (2003)** 'Active Principles', in *Phytotherapy*. Berlin, Heidelberg : Springer, pp. 31–44. https://doi.org/10.1007/978-3-64255528-2_8
Bruneton
- Castro de, M., Martín-Vide, J. and Alonso, S. (2005).** El clima en España : pasado, presente y escenario del clima para el siglo XXI. Madrid : Ministerio de Medio Ambiente.

Références bibliographiques

Chaaben, H., Motri, S., & Ben Selma, M. (2015). Étude des propriétés physico-chimiques de l'huile de fruit de *Laurus nobilis* et effet de la macération par les fruits et les feuilles de *Laurus nobilis* sur les propriétés physico-chimiques et la stabilité oxydative de l'huile d'olive. *Journal of New Sciences*, 8, 873–880.

Chahal, K., Kaur, M., Bhardwaj, U., Singla, N., & Kaur, A. (2017). A review on chemistry and biological activities of *Laurus nobilis* L. essential oil. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 1153–1161.

Chalchat, J., Özcan, M., & Figueredo, G. (2011). The composition of essential oils of different parts of laurel, mountain tea, sage and ajowan. *Journal of Food Biochemistry*, 35(2), 484–499. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2010.00397.x>

Cheli, F. & Baldi, A. (2011) 'Nutrition-based health: Cell-based bioassays for food antioxidant activity evaluation', *Journal of Food Science*, 76, pp. 197–205.

Christenhusz, M.J.M., Fay, M.F. and Chase, M.W. (2017). *Plants of the World :An Illustrated Encyclopedia of Vascular Plants*. Kew : Royal Botanic Gardens Kew.

Cragg GM, Newman DJ.(2002) Drugs from nature : past achievements, future prospects. In : Iwu M, Wootton J, editors. *Ethnomedicine and Drug Discovery*. Elsevier ; New York, USA : Pp. 23–37. [Google Scholar]

Daferera, D. J., Ziogas, B. N., & Polissiou, M. G. (2000). GC-MS analysis of essential oils from some Greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2576–2581.

De Sousa A.C, Alviano D.S, Blank AF, Alves P.B, Aliano C.S, Gattass C.R., (2004).-

Defat, L. (2022). Étude d'une formulation insecticide composée d'huile essentielle de *Lippia Alba* et d'argiles locales [Mémoire de fin d'études, Université de Liège].

<https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/17868/4/TFE-DefatLaura.pdf>

Demir, V., Guhan, T., Yagcioglu, A. K., & Ddegirmencioglu, A. (2004). Mathematical modeling and determination of some quality parameters of air-dried bay leaves. *Biosystems Engineering*, 88(3), 325–335.

Références bibliographiques

Deschepper, R. (2017). Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion De chémotype en aromathérapie (Doctoral dissertation).

Di Ferdinando, M., Brunetti, C., Agati, G. and Tattini, M. (2014). Multiple functions of polyphenols in plants inhabiting unfavorable Mediterranean areas. *Environmental and Experimental Botany*, 103, 107–116.

Djendli, S., & Bouali, L. (2022). Étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de la plante médicinale *Eucalyptus globulus* (Mémoire de master).

Eidi, M., Eidi, A., & Zamanizadeh, H. (2005). Effect of *Salvia officinalis* L. leaves on serum glucose and insulin in healthy and streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 100, 310–313. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.03.008>

El Kharraf, S., El-Guendouz, S., Farah, A., Bennani, B., Mateus, M. C., El Hadrami, E. M., & Miguel, M. G. (2021). Hydrodistillation and simultaneous hydrodistillation-steam distillation of *Rosmarinus officinalis* and *Origanum compactum*: Antioxidant, anti-inflammatory, and antibacterial effect of the essential oils. *Industrial Crops and Products*, 168, 113591.

Elzebroek, T., & Wind, K. (2008). Guide to cultivated plants. CABI.

Erkan, N., Ayranci, G., & Ayranci, E. (2008). Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus Officinalis* L.) extract, blackseed (*Nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol. *Food Chemistry*, 110(1), 76–82.

Fabre, M.-C., Genin, A., Merigoux, J., & Moget, E. (1992). *Herboristerie familiale: Des recettes simples pour résoudre les problèmes simples* (p. 93).

Falade, A. O., et al. (2022). Aqueous extract of bay leaf (*Laurus nobilis*) ameliorates testicular toxicity induced by aluminum chloride in rats. *Veterinary World*, 15(11), 2525-2534. **FAO/WHO (2013).** Comisión del Codex Alimentarius. Roma. Available online : http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CAC/cac36/cac36_10_add2s.pdf (accessed on 23 August 2020).

Farhat, A. (2010). Vapo-diffusion assistée par micro-ondes : conception, optimisation et Application. Thèse de Doctorat, Université d'Avignon, Avignon. France. Résumé

Références bibliographiques

- Farhat, M., Chaouch-Hamada, R., Sotomayor, J. A., Landoulsi, A., & Jordán, M. J. (2014).** Antioxidant potential of *Salvia officinalis* L. residues as affected by the harvesting time. *Industrial Crops and Products*, 54, 78–85.
- Frankel, E. N. & Meyer, A. S. (2000)** 'The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, pp. 1925–1941.
- Frazier, G., He, Y., & Goldstein, A. H. (2022).** Composition, concentration, and oxidant Reactivity of sesquiterpenes in the southeastern U.S. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 22(13), 8663–8680. <https://doi.org/10.5194/acp-22-8663-2022>
- Garcia, C. S. C., Menti, C., & Lambert, A. P. F. (2016).** Pharmacological perspectives from Brazilian *Salvia officinalis* (Lamiaceae) :Antioxidant and antitumor effects in mammalian cells. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88, 281–292. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520150344>
- Geerts, P., Rammeloo, J., & Van Cauteren, G. (2002).** *Laurus nobilis* : Le livre du laurier [Laurus nobilis :The book of the laurel]. Ludion.
- Ghasemzadeh Rahbardar, M., & Hosseinzadeh, H. (2025).** Toxicity and safety of rosemary (*Rosmarinus officinalis*): a comprehensive review. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 398(1), pp. 9–23.
- Ghourri, M., Zidane, L., & Douira, A. (2013).** Usage des plantes médicinales dans le traitement du diabète au Sahara marocain (Tan-Tan). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 17(1), 2388–2411.
- Global Biodiversity Information Facility— (GBIF.2020)** Available online : <https://www.gbif.org/> (accessed on 23 August 2020).
- Goudjil, M. B., Ladjel, S., Bencheikh, S. E., Zighmi, S., & Hamada, D. (2015).** Study of the chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of the essential oil extracted from the leaves of Algerian *Laurus nobilis* Lauraceae. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(1), 379-385.
- Guenane, H., Gherib, A., Carbonell-Barrachina, Á., Cano-Lamadrid, M., Krika, F., Berrabah, M., Maatallah, M., & Bakchiche, B. (2016).** Minerals analysis, antioxidant and

Références bibliographiques

chemical composition of extracts of *Laurus nobilis* from southern Algeria. *Journal of Materials and Environmental Science*, 7(11), 4253-4261.

Habtemariam, S. (2016). The therapeutic potential of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) diterpenes for Alzheimer's disease. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016, Article ID 2680409. <https://doi.org/10.1155/2016/2680409>

Halicioglu, O., Astarcioglu, G., Yaprak, I., & Aydinlioglu, H. (2011). Toxicity of *Salvia officinalis* in a newborn and a child: An alarming report. *Pediatric Neurology*, 45, 259–260. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2011.05.012>

Hamrouni-Sellami, I., Rahali, F. Z., Rebey, I. B., Bourgou, S., Limam, F., & Marzouk, B. (2013). Total phenolics, flavonoids, and antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) plants as affected by different drying methods. *Food and Bioprocess Technology*, 6(3), 806-814

Hanif, M., Nawaz, H., Khan, M., & Byrne, H. (2020). *Medicinal plants of South Asia : Novel sources for drug discovery* : Bay leaf. Elsevier.

Jordán, M. J., Lax, V., Rota, M. C., Lorán, S., & Sotomayor, J. A. (2013). Effect of the phenological stage on the chemical composition, and antimicrobial and antioxidant properties of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil and its polyphenolic extract. *Industrial Crops and Products*, 48, 144–152.

Kabubii, Z. N., Mbaria, J. M., Mathiu, M. P., Wanjohi, J. M., & Nyaboga, E. N. (2023). Evaluation of seasonal variation, effect of extraction solvent on phytochemicals and antioxidant activity on *Rosmarinus officinalis* grown in different agro-ecological zones of Kiambu County, Kenya. *CABI Agriculture and Bioscience*, 4(1), 1.

Kada Mostefa, M. A. (2023). *Activité anti-oxydante et anti-microbienne de l'huile essentielle d'une plante médicinale Ammoides verticillata de la région d'Aïn Témouchent (Mémoire de master, Université Belhadj Bouchaib d'Aïn Témouchent, Algérie)*. 43 p.

Kadri, A., Zarai, Z., Chobba, B., Bekir, A., Gharsallah, N., Damak, M., & Gadoura, R. (2011). Chemical constituents and antioxidant properties of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil cultivated from south-western of Tunisia. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(25), 5999-6004.

Kemp, P. R. (1983). Phenological patterns of Chihuahuan Desert plants in relation to the timing of water availability. *Journal of Ecology*, 71, 427–436. <https://doi.org/10.2307/2259725>

Références bibliographiques

- Khan, H. (2014).** Medicinal plants in light of history : Recognized therapeutic modality. *Journal of Evidence-Based Integrative Medicine*, 19, 216–219.
<https://doi.org/10.1177/2156587214533346>
- Khiredine, H. (2013).** Comprimés de poudre de dattes comme support universel des principes actifs de quelques plantes médicinales d'Algérie (Mémoire de Magister en Technologie Alimentaire). Université Bougara-Boumerdès.
- Kianbakht, S., Abasi, B., Perham, M., & Hashem Dabaghian, F. (2011).** Antihyperlipidemic effects of *Salvia officinalis* L. leaf extract in patients with hyperlipidemia : A randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *Phytotherapy Research*, 25, 1849–1853. <https://doi.org/10.1002/ptr.3506>
- Kompelly, A., Kompelly, S., Bakshi, v., & Boggula, N. (2019).** *Rosmarinus officinalis* L. : an update review of its phytochemistry and biological activity. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 9(1), 323–330.
- Kosar, M., Dorman, H. J. D., & Hiltunen, R. (2005).** Effect of an acid treatment on the phytochemical and antioxidant characteristics of extracts from selected Lamiaceae species. *Food Chemistry*, 91, 525–533.
- Kültür, S. (2007).** Medicinal plants used in Kırklareli Province (Turkey). *Journal of Ethnopharmacology*, 111(3), 341–364.
- Laurain-Mattar, D. (2018).** Critères de qualité des huiles essentielles. Actualités Leila Riahi, Myriam Elferchichi, Hanene Ghazghazi, Jed Jebali, Sana Ziadi, Chedia Aouadhi, Hnia Chograni, Yosr Zaouali, Nejia Zoghلامي, Ahmed Mliki
- Lee, S. E., Lee, H. S., & Ahn, Y. J. (1999).** Scavenging effect of plant-derived materials on free radicals and active oxygen species. *Agricultural Chemistry and Biotechnology*, 42(1), 40–44.
- Li, S. Y., Ru, Y. J., Liu, M., Xu, B., Péron, A. & Shi, X. G. (2021)** 'The effect of essential oils on performance, immunity and gut microbial population in weaner pigs', *Livestock Science*, 145, pp. 119–123.
- Liu, R. H. & Finley, J. (2005)** 'Potential cell culture models for antioxidant research', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, pp. 4311–4314.
- Lo Presti M, Ragusa S, Trozzi A, Dugo P, Visinoni F, Fazio A, Dugo G, Mondello L.** A comparison between different Techniques for the isolation of Rosemary essential oil. *J. Sep. Sci* 2005 ; 28 :273–280.

Références bibliographiques

- Lucas Malvezzi, M. d., dos Santos, E. M., Ataide, J. A., de Souza e Silva, G., Guarnieri, J. P. O., Lancellotti, M., Jozala, A. F., Rosa, P. C. P., & Mazzola, P. G. (2022).** Development and evaluation of an antimicrobial formulation containing *Rosmarinus officinalis*. *Molecules*, 27(16), 5049.
- Lucchesi, M. E. (2005).** Extraction sans solvant assistée par micro-ondes : Conception et application à l'extraction des huiles essentielles (Thèse de doctorat, Université de La Réunion, Faculté des Sciences et Technologies, France).
- Maache, S., Zbadi, L., ElGhouizi, A., Soulo, N., Saghrouchni, H., Siddique, F., Sitotaw, B., Salamatullah, A. M., Nafidi, H. A., Bourhia, M., Lyoussi, B., & Elarabi, I. (2023).** Antioxidant and antimicrobial effects of essential oils from two *salvia* species with in vitro and in silico analysis targeting IAJ6 and IR4U proteins. *Scientific Reports*, 13(1), 14038.
- Madsen, H. L., & Bertelsen, G. (1995).** Spices as antioxidants. *Trends in Food Science & Technology*, 6, 271–277.
- Makhloufi, A. (2012).** Etude des activités antimicrobienne et antioxydante de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de Bechar *Matricaria pubescens* (Desf.) et *Rosmarinus officinalis* (L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru (Thèse de doctorat, Université Abou Bekr Belkaïd - Tlemcen). 136 p.
- Médecine/Sciences. (2004).** Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les Aliments. *Médecine/Sciences*, 20(4), 458–463.
- Mekhaldi, A., Bouznad, A., Djibaoui, R., & Hamoum, H. (2014).** Phytochemical study and biological activity of sage (*Salvia officinalis* L.). *International Journal of Bioengineering and Life Sciences*, 8(11), 1253–1257.
- Mendonça-Filho, R.R. (2006).** Bioactive phytocompounds: new approaches in the phytosciences. In I. Ahmad, F. Aqil, & M. Owais (Eds.), *Modern phytomedicine: turning medicinal plants into drugs* (pp. 1–24). John Wiley & Sons.
- Messaili, B. (1995).** Botanique, systématique des spermaphytes. Alger : OPU.
- Meyer, S., Reeb, C., & Bosdeveix, R. (2004).** Botanique : biologie et physiologie végétales. Paris : Éditions Maloine.

Références bibliographiques

Miguel, M. G. (2010) 'Antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils: A short review', *Molecules*, 15, pp. 9252–9287.

Mikhaeil, B. R., Maatooq, G.T., Badria, F.A., & Amer, M. M. (2003). Chemistry and Immunomodulatory activity of frankincense oil. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 58(3-4), 230–238. <https://doi.org/10.1515/znc-2003-3-423>

Mills, S., & Bone, K. (2005). The essential guide to herbal safety (pp. 558–559). St. Louis, MO: Elsevier.

Missouri Botanical Garden, (2014) The Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru. St. Louis, MO, USA : Missouri Bisset Garden, 2014.

Moghtader, M., & Salari, H. (2012). Comparative survey on the essential oil composition from the leaves and flowers of *Laurus nobilis* L. from Kerman province. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 4(6), 150–153.

Mohamed I, Shuid A, Borhanuddin B, Fozi N.(2012) The application of phytomedicine in modern drug development. *Internet J. Herb. Plant Med.* ;1(2) :14278. [Google Scholar]

Morales, R. (2010). *Flora Ibérica* (Vol. 12, pp. 321–327). CSIC.

Mukherjee, P.K., N, S.K., & Heinrich, M. (2008). Plant Made Pharmaceuticals (PMPs) – development of natural health products from bio-diversity. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 42(2), 113–121.

Nadkarni, K. M. (2009). *Indian materia medica* (Vol. 1, 3rd ed., p. 729). Popular Prakashan Limited.

Ordoudi, S. A., Papapostolou, M., Nenadis, N., Mantzouridou, F. T., & Tsimidou, M. Z. (2022). Bay laurel (*Laurus nobilis* L.) essential oil as a food preservative source : Chemistry, quality control, activity assessment, and applications to olive industry products. *Foods*, 11(5), 752. <https://doi.org/10.3390/foods11050752>

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2002). Guidelines for the testing of chemicals : Revised draft guideline 423 ;Acute oral toxicity – Acute toxic class method (revised document). OECD.

Ouibrahim, A. (2015). Evaluation de l'effet antimicrobien et antioxydant de trois plantes aromatiques (*Laurus nobilis* L., *Ocimum basilicum* L. et *Rosmarinus officinalis* L.) de l'Est Algérien (Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar – Annaba). 107 p.

Références bibliographiques

Ozcan, B., Esen, M., Sangun, M. K., Coleri, A., & Caliskan, M. (2010). Effective antibacterial and antioxidant properties of methanolic extract of *Laurus nobilis* seed oil. *Journal of Environmental Biology*, 31(5), 637–641.

Özogul, I., Polat, A., Özogul, Y., Boga, E. K., & Ayas, D. (2013). Effects of laurel and myrtle extracts on the sensory, chemical and microbiological properties of vacuum-packed and refrigerated European eel (*Anguilla anguilla*) fillets. *International Journal of Food Science and Technology*.

Paraguay Checklist. St. Louis, MO, USA :

Parthasarathy, V., Zachariah, T. J., & Chempakam, B. (2008). Chemistry of spices : Bay leaf. CABI.

Pasik, M. F., et al. (2024). Monoterpene oxidation pathways initiated by acyl peroxy radical Addition. *Environmental Science & Technology*, 58(1), 123–135.

Patrakar, R., Mansuriya, M., & Patil, P. (2012). Phytochemical and pharmacological review on *Laurus nobilis*. *International Journal of Pharmaceutical Chemistry*, 1(2), 595–602.

Patwardhan, B., Vaidya, A., Chorghade, M., & Joshi, S. (2008). Reverse pharmacology and systems approaches for drug discovery and development. *Current Bioactive Compounds*, 4, 201–212. <https://doi.org/10.2174/157340708786847870>

Perry, E. K., Pickering, A. T., Wang, W. W., Houghton, P. J., & Perry, N. S. (1999). Medicinal plants and Alzheimer's disease: From ethnobotany to phytotherapy. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 51, 527–534.

Pharmacopée européenne. (2019). Monographie 1433 : Drogues végétales (10^e éd.).

Pharmacopée française. (2012). Monographie « Plantes médicinales » (11^e éd.).

Pistelli, L. (2006, February 22–25). Photochemicals from Lamiaceae : From nutraceuticals to hallucinogens. In *International Symposium The Labiatae : Advances in Production, Biotechnology and Utilization*.

Plants For A Future. (2014). Plants for a Future.

Références bibliographiques

Quézel, P., & Santa, S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique.

Quezel, P., & Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (No. 581.965 Q8).

Rafiq, R., Hayek, S. A., Anyanwu, U., Hardy, B. I., Giddings, V. L., Ibrahim, S. A., Tahergorabi, R., & Won Kang, H. (2016). Antibacterial and antioxidant activities of essential oils from *Artemisia herba-alba*, *Pelargonium capitatum* × *radens* and *Laurus nobilis* L. *Foods*, 5(2), 28.

Rameau, J.-C., Mansion, D. and Dumé, G., 2008. Flore forestière française. Paris : Institut pour le Développement Forestier.

Rates SMK. Plants as source of drugs. Toxicon. 2001 ;39(5) :603–613. Doi : 10.1016/s0041-0101(00)00154-9. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]

Rohde, E. S. (1930). Rosemary of pleasant savour. *The Spectator*, 934–935.

Ross, I. A. (2001). Medicinal plants of the world : Chemical constituents, traditional and modern uses (Vol. 2, pp. 261–270). Humana Press.

Royal Botanic Garden Edinburgh. (2014). Flora Europaea. Royal Botanic Garden Edinburgh.

Royal Horticultural Society. (2014). RHS Find a Plant website. Royal Horticultural Society.

Ruberto, G., & Baratta, M. T. (2000). Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems. *Food Chemistry*, 68, 167–174.

Rukhkyan, M., Tiratsuyan, S., Zilfyan, A., & Vardapetyan, H. (2013). Wound healing activity of *Laurus nobilis* leaves extracts. *Issues in Theoretical and Clinical Medicine*, 16, 20–24.

Sá, C. M., Ramos, A. A., Azevedo, M. F., Lima, C. F., Fernandes-Ferreira, M., & Pereira-Wilson, C. (2009). Sage tea drinking improves lipid profile and antioxidant defences in humans. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(9), 3937–3950.
<https://doi.org/10.3390/ijms10093937>

Salim, A. A., Chin, Y. W., & Kinghorn, A. D. (2008). Drug discovery from plants. In K. G. Ramawat & J. M. Merillon (Eds.), *Bioactive molecules and medicinal plants* (pp. 1–24). Springer

Samuelsson, G., & Bohlin, L. (2001). Drugs of natural origin : A treatise of pharmacognosy (6th ed.). Stockholm, Sweden : Swedish Pharmaceutical Press.

Références bibliographiques

- Sayyah, M., Valizadeh, J., & Kamalinejad, M. (2002).** Anticonvulsant activity of the leaf essential oil of *Laurus nobilis* against pentylenetetrazole. *Phytomedicine*, 9, 212–216.
- Siani, A. C., Ramos, M. F., Menezes-de-Lima, O. J. R., Ribeiro-dos-Santos, R., Fernandez-Ferreira, E., Soares, R. O., Rosas, E. C., Susunaga, G. S., Guimarães, A. C., Zoghbi, M. G., & Henriques, M. G. C. (1999).** Evaluation of anti-inflammatory-related activity of essential oils from leaves and resin of *Protium*. *Journal of Ethnopharmacology*, 66(1), 57–69.
- Stearn, W. T. (1992).** Stearn's dictionary of plant names for gardeners: A handbook on the origin and meaning of the botanical names of some cultivated plants. Cassell.
- Swain, T. (1972).** Plants in the development of modern medicine. Harvard University Press
- Tahiri, N. E. H., El Ghouizi, A., Aboulghazi, A., Soulo, N., Lyoussi, B., & Lrhorfi, L. A. (2023).** Antioxidant and diuretic effects of flower extract of *Laurus nobilis*. *International Journal of Secondary Metabolite*, 10(4), 459–468.
- Tahiri, N. E. H., Soulo, N., El Ghouizi, A., Saghrouchni, H., El Khomsi, M., Ousaaid, D., Lyoussi, B., & Lrhorfi, L. A. (2024).** Volatile profile, in silico toxicity prediction, and antioxidant and antimicrobial activities of *Laurus nobilis* L. essential oil from distinct geographical locations. *Chemical Review and Letters*, 7(4), 884-894.
- Taroq, A., Bakour, M., El Atki, Y., El Kamari, F., Aouam, I., & Abdellaoui, A. (2019).** Phytochemical screening, polyphenols content and a novel source of antibacterial and antioxidant activities of essential oil of *laurus nobilis* from Morocco. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 10, 3770-3776.
- Tawfik, A. A., Read, P. E. and Cuppett, S. L. (1998).** *Rosmarinus officinalis* L. (Rosemary) : In Vitro Culture, Regeneration of Plants, and the Level of Essential Oil and Monoterpenoid Constituents. In : *Medicinal and Aromatic Plants*. Berlin/Heidelberg : Springer-Verlag, pp. 349– 365.
- Thomson, J. D. (2005).** *Plant Evolution in the Mediterranean*. New York : Oxford University Press, pp. 114, 144, 147.
- Touati, A. (2020).** Éco-extraction d'huile essentielle de l'écorce d'orange et de citron par micro-ondes sans solvant (Mémoire de master, Université Aboubakr Belkaïd de Tlemcen). 88 p.
- Triboium 74 confusm (Duv.) (Coleoptera, Tenebrionidae).** Thèse de Magister en sciences
- Unlu, M., Daferera, D., Donmez, E., Polissiou, M., Tepe, B., & Sokmen, A. (2002).**

Références bibliographiques

Compositions and the in vitro antimicrobial activities of the essential oils of *Achillea setacea* and *Achillea teretifolia* (Compositae). *Journal of Ethnopharmacology*, 83(1–2), 117–121.

Vitality CBD. (2020). Supercritical CO₂ Extraction Vitality CBD. <https://vitalitycbd.com>

Walker, J. B., Kenneth, J., Treutlein, J., & Wink, M. (2004). *Salvia* (Lamiaceae) is not monophyletic : Implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of *Salvia* and tribe *Mentheae*. *American Journal of Botany*, 91(7), 111–118.

Yahyaoui, N. (2005). Extraction, analyse et évaluation de l'effet insecticide des huiles

Yang, Y., Zhang, M., Alharthy, R. D., Almoallim, H. S., Wang, H., & Jiang, Z. (2020). Monoterpenes and their derivatives: Recent development in biological, medical and chemical research. *Molecules*, 25(23), 5624. <https://doi.org/10.3390/molecules25235624>

Yanishlieva, N. V., Marinova, E., & Pokorny, J. (2006). Natural antioxidants from herbs and spices. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108, 776–793.

Yilmaz, E.Y., Timur, M., & Aslim, B. (2013). Antimicrobial, antioxidant activity of the essential oil of bay laurel from Hatay, Turkey. *TEOP*, 16(1), 108–116.

Zargari, A. (1990). *Medicinal plants* (4th ed., pp. 59–64). Tehran :Tehran University Press.

Zarnowski, R., & Suzuki, Y. (2004). Expedient Soxhlet extraction of resorcinolic lipids from wheat grains. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17(5), 649–663.

Zolfaghari, B., Samsam-Shariat, S. H., & Ghannadi, A. (2013). Chemical composition of volatile oils from the endocarp and hulls of Persian bay laurel fruit : A fragrant herb used in traditional Iranian medicine. *Journal of Reports in Pharmaceutical Sciences*, 2, 1–4.

Références bibliographiques
