

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Saad dahlab blida-1



Faculté des Science

Département de chimie

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master en chimie

Option : chimie appliquée

Thème

**Evaluation des activités biologiques des
huiles essentielles extraites d'une
plante locale de différentes régions**

Réalisé par :

BENTAMI Dhoha

BELLAG Selina

Mr. MEZRAG Abderrahmane	MCA	Université de Blida 1	Président
Mr. CHINI Zine Abidine	MCB	Université de Blida 1	Examineur
Mr. Abdallah el hadj Abdellah	Pr	Université de Blida 1	Promoteur

2024/2025

Remerciement	
Dédicace	
ملخص	
Résumé	
Abstrac	
Liste des abréviations	
Liste de nomenclatures	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	1
 Chapitre I : les huiles essentielles	
Partie I : les huiles essentielles	
Introduction	03
I.1.Définition Les huiles essentielles	03
I.2.Composition chimique	03
I.2.1.Les terpenes	03
I.2.1.1. Les monoterpènes	03
I.2.1.2. Les sesquiterpènes	03
I.2.1.3. Diterpènes C20	04
I.2.2. Le groupe des phénylpropanoïdes	04
I.3. Les caractéristiques	04
I.4. Propriétés thérapeutiques	04
I.5. Techniques d'extraction des huiles essentielles	05
I.5.1. Distillation	05
a. Hydrodistillation	05
b. Entraînement à la vapeur d'eau	05
I.5.2. L'extraction à froid	06
I.5.3. L'extraction par solvant organique	06
I.5.4. Extraction par infusion	07
I.5.5. Technique d'extraction au CO ₂ supercritique	07
I.5.6. L'Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes (ESSAM)	08
I.6. Comparaison entre huile essentielle et végétale	09
 Partie II : Description de plante <i>myrtus</i>	
II.1. Présentation générale de <i>myrtus communis l</i>	09
II.2. Description de la plante	10
II.3. Propriétés médicinales de <i>Myrtus communis L</i>	10
II.4. Application	11
II.5. Distribution Géographique	11
II.6. genre <i>Myrtus L</i>	12
 Chapitre II : les activités biologique	
II.1. Introduction	14
II.2. Activité anti oxydante:	14
II.2.1. Définition d'antioxydants	14

II.2.2. Définition des radicaux libres	14
II.2.2.1. Les espèces oxygénées activées et leurs propriétés	15
II.2.2.2. Les facteurs favorisant la production de radicaux libres	15
II.2.2.3. Effets des Radicaux Libres	15
II.2.3. Définition du stress:	16
II.2.4. Moyens de défense	16
II.2.4.1. Défenses endogènes:	16
II.2.4.2. Défenses exogènes:	16
II.2.5. Méthodes d'évaluations l'activités anti oxydante:	17
II.2.5.1. Test DPPH	17
II.2.5.2. Test FRAP (Ferric Reducing Antioxydant Power	17
II.2.5.3. Méthode de Blanchissement de la Béta-Carotène	18
II.3 Activité anti-inflammatoire	
II.3.1. Définition d'inflammation	18
II.3.2. Les types d'inflammation	19
II.3.2.2. Les Inflammation chronique:	19
II.3.3. Les anti-inflammatoires	20
II.3.3.1. Les anti-inflammatoires stéroïdiens	20
a-Le mécanisme d'action	20
b)- Les effets secondaires	21
II.3.3.2. anti-inflammatoire non stéroïdiens	21
a) Mécanisme d'action	22
b) Les effets secondaires	22
II.3.4. Évaluation de l'activité anti-inflammatoire:	23
II.3.4.1 Évaluation de l'activité anti-inflammatoire en vitro	23
a) Evaluation de l'activité anti-inflammatoire in vitro par inhibition de la dénaturation thermique des protéines (Albumine sérique bovine BSA)	23
b)- Evaluation de l'activité anti-inflammatoire in vitro par la méthode de stabilisation des membranes (Activité anti-hémolytique)	23
II.3.4.2. Évaluation de l'activité anti-inflammatoire en vivo	23
a)- Induction de l'œdème inflammatoire aigu de la patte de rat par le formol	23
b)- Traitement des animaux	23
II.4. Activité antifongique	23
Chapitre III: Partie pratique :	
III.1: Matérielles et méthodes	25
III.1.1. Préparation de la matière végétale	25
a. Nettoyage et séchage	25
b. Broyage	25
III.2. L'extraction de l'huile essentielle	25
III.2.1. Protocole	25
III.3. Rendement des extractions	27
III.4. Evaluation les activités biologiques	27
III.4.1. Evaluation l'activité antioxydante	27
III.4.1.1. Par test bita carotène	27
Protocole	27
1-Préparation solution réactif	27
2-Préparation solutions échantillons	27
III.4.1.2. Par test DPPH	28
Protocole	28
III.4.2. Evaluation l'activité anti inflammatoire in vitro par la méthode dénaturation	

des BSA	29
Protocole	29
1. Préparation des réactifs	29
2. Mélange réactionnel	29
III.5: Résultats et discussions	30
III.5.1 : Rendement d'extraction	30
III.5.2 : Résultat d'activité antioxydant	31
III.5.2.1 : Par test DPPH	31
1-pour l'huile essentielle de région Djelfa	31
2-pour huile essentielle de région Blida	33
3-Pour huile essentielle de région Tipaza	34
4-pour l'acide ascorbique	36
III.5.2.2 : Par test beta carotène	37
Comparaison entre test DPPH et bita carotène	38
III.5.3. Résultat d'activité anti-inflammatoire	39
Conclusion générale	40

Louange à ALLAH en premier et en dernier, en apparence et en profondeur...

Louange à Celui entre Ses mains réside le succès, dont la lumière m'éclaire, et par Son aide j'atteins mes objectifs.

À moi-même,

Ma compagne à travers toutes les étapes de fatigue et de veilles, À toi, qui as tenu bon malgré tous les défis, je dédie ce travail en signe de fierté et de reconnaissance pour ta patience précieuse.

À la source de tendresse, ma chère mère,

Tes prières ont été la lumière de mon chemin, et ta patience, une rose épanouie dans mon cœur... À toi, maman, toute ma gratitude et tout mon amour.

Et à mon cher père,

Mon pilier. Je t'adresse mes sincères remerciements pour ton soutien constant et ta foi en moi depuis le début.

À mon frère jumeau, Abdelwadoud,

Toi qui as toujours été mon ombre et ma voix, ma force dans la faiblesse, mon miroir dans la vérité.... Tu occupes une place unique dans mon cœur, ce succès est autant le tien que le mien.

À mon cher frère Abderrahmane,

Par ta douceur et ta sérénité, tu as toujours été un soutien silencieux et une joie sincère... Merci pour ta présence qui ressemble à la paix.

Et à la fleur de la maison, ma petite sœur Ikhlass,

Par ton innocence et ton sourire, tu étais la lumière quand tout semblait s'éteindre,
Tu as grandi, et mon cœur a grandi avec toi. Je t'offre cette dédicace avec tout mon amour.

À ma précieuse grand-mère "Mima",

Toi qui nous as entourés de ton grand cœur, et dont les prières sincères ont semé la bénédiction sur nos chemins...

Je te dédie cette réussite avec un amour indescriptible et une reconnaissance infinie.

À mes chères tantes, Et à leurs fils et filles

Vous occupez une place dans mon cœur que les mots ne peuvent résumer,

Vous avez été comme des mères par votre amour et vos prières...

Merci pour votre présence pleine de chaleur et de réconfort. enfants du cœur avant le sang,

Vous avez été ma joie dans les moments difficiles, et mon rire apaisant...

Je vous dédie une part de cette réussite, car vos cœurs m'ont accompagnée dans ce parcours.

Selina mon collègue, ami d'enfance et compagnon, je te souhaite du bonheur et de la joie

À mes camarades en chimie appliquée,

Vous avez été les meilleurs compagnons de route, partageant défis et réussites,

Vous avez laissé une empreinte indélébile dans ce parcours...

Dhoha.

À cet instant précieux, empreint de souvenirs, d'émotions et de gratitude, je couche sur le papier des mots simples, mais profonds... Aujourd'hui, je clos un chapitre de persévérance et d'apprentissage, et j'ouvre une nouvelle page, lumineuse et pleine d'espérance.

J'adresse ce succès à moi-même, en reconnaissance des efforts constants, des sacrifices silencieux, et de la foi que j'ai portée en mes rêves, malgré les obstacles.
Ce diplôme n'est pas qu'un aboutissement, il est le reflet d'un chemin parcouru avec courage et passion.

Je dédie également cette réussite à ma chère mère, femme au cœur immense, dont l'amour, les prières et la patience ont été mon refuge et ma force.

À mes frères et sœurs, qui ont cru en moi, m'ont encouragée, et m'ont offert leur affection sincère dans les moments les plus durs.

Et à Dhoha, compagne de route fidèle, avec qui j'ai partagé l'effort, le doute, mais aussi la joie.

Et tout particulièrement, à mon fiancé, mon partenaire de cœur et d'âme,
pour ta patience, ton encouragement, et ton amour qui m'a entourée comme une force invisible. Ta présence dans ma vie a été un repère, une source de motivation constante, et un refuge de sérénité.

Selina.

Au terme de ce mémoire, nous tenons à remercier tout naturellement en premier **Allah** Dieu le Tout-Puissant qui nous a donné la patience et le courage durant ces années d'études.

Nous tenons tout d'abord à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur monsieur **A. Abdallah el hadj**, Professeur à l'université de Blida-1, qui a toujours été à notre écoute, pour sa disponibilité, ses conseils avisés et son soutien constant tout long de la réalisation de ce mémoire, ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à monsieur **MEZARG. A**, Maitre de conférences (A), à l'université de Blida-1, pour avoir accepté d'assurer la présidence de jury pour évaluer de ce présent mémoire

Nos vifs remerciements vont à monsieur **CHINI. Z.L**, Maitre de conférences (B), à l'université de Blida-1, d'avoir accepté d'examiner notre modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre gratitude aux membres du laboratoire pour leur accueil chaleureux et leur soutien logistique.

Enfin, nous adressons nos remerciements à tous nos enseignants qui, au fil des années, ont contribué à notre formation et à notre épanouissement.

الملخص

هدف هذه الدراسة هو تقييم النشاط المضاد للأكسدة والمضاد للالتهابات لزيت الأساس المستخرج من النبتة الطبية *Myrtus communis*، التي جُمعت من ثلاث مناطق مختلفة: الجلفة، البليدة و تيبازة.

تم استخراج الزيت بواسطة تقنية التقطير البخار باستخدام جهاز كليفنجر. تم الحصول على أعلى مردود في الجلفة (0.71%)، تليها البليدة (0.4%)، بينما سجلت تيبازة أقل نسبة استخلاص (0.31%).

و قد تم قياس النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طريقة DPPH، حيث أظهرت النتائج أن زيت الجلفة يمتلك نشاطاً أعلى ($IC_{50} = 1.43$ ملغ/مل) مقارنة بتيبازة ($IC_{50} = 2.40$ ملغ/مل) والبليدة ($IC_{50} = 3.00$ ملغ/مل). أما بالنسبة لطريقة بيتا-كاروتين، فقد أظهرت النتائج تفوق زيت الجلفة أيضاً من حيث القدرة المضادة للأكسدة ($IC_{50} = 2.49$ ملغ/مل)، يليه زيت تيبازة ($IC_{50} = 4.03$ ملغ/مل) ثم زيت البليدة ($IC_{50} = 7.08$ ملغ/مل). تمت مقارنة فعالية هذه الزيوت مع حمض الأسكوربيك (فيتامين C، $IC_{50} = 0.0015$ ملغ/مل)، مما أكد أن نشاطها المضاد للأكسدة أقل من نشاط فيتامين C.

من جهة أخرى، أظهر التقييم للنشاط المضاد للالتهابات لنفس الزيوت الأساسية المستخرجة من المناطق الثلاث أن زيت الجلفة يمتلك فعالية جيدة مقارنة بزيتي تيبازة والبليدة. في الختام، تكشف هذه الدراسة أن نبات *Myrtus communis* يتمتع بنشاط مضاد للأكسدة متوسط، أقل من فيتامين C، ويتغير حسب المنطقة الجغرافية، كما يمتلك نشاطاً مضاداً للالتهاب يمكن مقارنته بفعالية الديكلوفيناك.

الكلمات المفتاحية:

النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للالتهابات، التقطير البخار، *Myrtus communis*.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'activité antioxydant et anti inflammatoire de l'huile essentielle extraite de la plante médicinale *Myrtus communis*, récoltée dans deux régions distinctes : Djelfa, Blida et Tipaza.

L'extraction a été réalisée par hydrodistillation, en utilisant un appareil de Clevenger. Le rendement le plus important a été obtenu à Djelfa (0,71 %), suivi de Blida (0,4 %), alors que Tipaza a enregistré le plus faible taux d'extraction (0,31 %).

L'activité antioxydante a été mesurée par la méthode au DPPH, révélant que par le DPPH l'huile essentielle de Djelfa présente une activité plus élevée ($IC_{50} = 1,43$ mg/ml) que celle de Tipaza ($IC_{50} = 2,40$ mg/ml) et Blida ($IC_{50} = 3,00$ mg/ml)

Les résultats obtenues par la méthode de Beta carotène montre la supériorité de l'huile essentielle de Djelfa en termes de pouvoir antioxydant avec ($IC_{50} = 2,49$ mg/ml) suivie de celle de Tipaza ($IC_{50} = 4,03$ mg/ml) et de Blida ($IC_{50} = 7.08$ mg/ml).

L'efficacité antioxydante de ces huiles a été mise en comparaison avec celle de l'acide ascorbique (vitamine C, $IC_{50} = 0,0015$ mg/ml), confirmant qu'elles possèdent une activité inférieure à celle de la vitamine C.

De l'autre côté l'activité anti inflammatoire évaluée pour les mêmes HE extraites des trois zones a montré que l'huile essentielle de Djelfa représente une bonne activité anti-inflammatoire, comparativement à celle de Tipaza et Blida.

En conclusion, cette recherche révèle que *Myrtus communis* présente une activité antioxydante moyenne, moins puissante que celle de la vitamine C, mais qui varie en fonction de son lieu d'origine et présente une activité anti-inflammatoire comparable à celle du diclofénac.

Mots-clés :

Activité antioxydante, Activité anti inflammatoire, Hydrodistillation, *Myrtus communis*.

The objective of this study is to evaluate the antioxidant and anti-inflammatory activities of the essential oil extracted from the medicinal plant *Myrtus communis*, collected from three distinct regions: Djelfa, Blida, and Tipaza.

The extraction was performed by hydrodistillation using a Clevenger apparatus. The highest yield was obtained in Djelfa (0.71%), followed by Blida (0.4%), while Tipaza recorded the lowest extraction rate (0.31%).

The antioxidant activity was assessed using the DPPH method, revealing that the essential oil from Djelfa exhibited higher activity ($IC_{50} = 1.43$ mg/ml) compared to those from Tipaza ($IC_{50} = 2.40$ mg/ml) and Blida ($IC_{50} = 3.00$ mg/ml).

Results obtained using the beta-carotene bleaching method also demonstrated the superior antioxidant power of the Djelfa essential oil ($IC_{50} = 2.49$ mg/ml), followed by Tipaza ($IC_{50} = 4.03$ mg/ml) and Blida ($IC_{50} = 7.08$ mg/ml).

The antioxidant efficacy of these oils was compared with that of ascorbic acid (vitamin C, $IC_{50} = 0.0015$ mg/ml), confirming that they possess lower antioxidant activity than vitamin C.

On the other hand, the anti-inflammatory activity evaluated for the same essential oils extracted from the three regions showed that the essential oil from Djelfa demonstrated better anti-inflammatory activity compared to those from Tipaza and Blida.

In conclusion, this study reveals that *Myrtus communis* exhibits moderate antioxidant activity less potent than that of vitamin C but varies depending on its geographical origin. It also shows anti-inflammatory activity comparable to that of diclofenac.

Keywords:

Antioxidant activity, Anti-inflammatory activity, Hydrodistillation, *Myrtus communis*.

AIS	Anti-inflammatoire stéroïdien
AINS	Anti-inflammatoires non stéroïdiens
ADN	Acide désoxyribonucléique
ARN	Acide Ribo Nucléique
BSA	Albumine sérique bovine
COX-2	Cyclo-Oxygénase de type 2
CAT	Catalase
COX-1	Cyclo-Oxygénase de type 1
DPPH	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle
ESSAM	Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes
E	α -tocophérol
FRAP	Ferric Reducing Antioxydant Power
Fe ⁺³	Ion ferrique
Fe ⁺²	Ion ferreux
GPx	Glutathion peroxydase
GRE	Eléments de réponse aux glucocorticoïdes
HE	Huiles essentielles
<i>M. communis</i>	<i>Myrtus communis</i>
NF- κ B	Facteur nucléaire kappa B
PBCO	Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive
PBS	Tampon phosphate
SDRA	Syndrome de détresse respiratoire aiguë
TAEK	Capacité antioxydante équivalente au Trolox

A	Absorbance	
C	Acide ascorbique	
CO ₂	Dioxyde de carbone	
C ₁₀ H ₁₆	Monoterpène	
C ₂₀ H ₃₂	Diterpène	
I	Pourcentage inhibition	-
m	Masse	g ou mg
pH	Potentiel hydrogène	
Q10	Coenzyme	
R	Rendement	%
ROO•	Radicaux Peroxydes	
ROS	Reactive Oxygen Species	
T	Temperateute	Degré Celsius
V	Volume	µl ou ml
λ	Longueur d'onde	nm

Figure I.1 : Structure de Diterpènes C20	4
Figure I.2 : Procédé d'hydrodistillation	5
Figure I.3 : Schéma d'Entraînement à la vapeur d'eau	6
Figure I.4 : Extraction par solvant organique	7
Figure I.5 : Schéma d'extraction au CO ₂ supercritique	8
Figure I.6 : Schéma d' L'Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes	8
Figure II.1 : Description de plante myrtus	10
Figure II.2 : Carte de distribution des plantes de myrtus	12
Figure II.3 : Répartition de genre Myrtus	13
Figure II.1: Formation d'un radical libre est provoquée par la perte d'un électron	15
Figure II.2: Formation de stress oxydatif	16
Figure II.3: Réaction d'oxydation de DPPH	17
Figure II.4: Réaction de FRAP	18
Figure II.5: Mécanisme d'action AIS	21
Figure II.6: Mécanisme d'action AINS	22
Figure III.1 : Plante broyée	25
Figure III.2 : Montage cleverger	26
Figure III.3 : Les phases Eau et Huile	26
Figure III.4 : Huile essentielles récupéré	26
Figure III.5: Solutions filles	28
Figure III.6 : Solutions filles de région de Djelfa	29
Figure III.7 : Solutions filles de région de Blida	30
Figure III.8 : Solutions filles de région de Tipaza	30
Figure III.11 : Graphique à barres représentant le rendement pour trois régions	31
Figure III.12 : Variation du pourcentage d'activité antioxydant d'HE de région Djelfa en fonction de concentration.	32
Figure III.13 : Variation du pourcentage d'activité antioxydant d'HE de région Blida en fonction de concentration.	34
Figure III.14 : Variation du pourcentage d'activité antioxydant d'HE de région Tipaza en fonction de concentration.	35
FigureIII.15: Variation du pourcentage d'activité antioxydant d'acide ascorbique en fonction de concentration.	36

Tableau I.1 : Différence entre huile essentielle et végétale	09
Tableau II. 1: Défenses antioxydantes mitochondriales	16
Tableau II.2 : Comparaison entre inflammation Aigue et chronique	20
Tableau III.1 : Résultat des absorbances et pourcentages d'inhibition et concentrations de huile essentielle de région Djelfa	32
Tableau III.2 : Résultat des absorbances et pourcentages d'inhibition et concentrations de huile essentielle de région Blida	33
Tableau III.3 : Résultat des absorbances et pourcentages d'inhibition et concentrations de huile essentielle de région Tipaza	35
Tableau III.4 : résultat de pourcentages d'inhibition et concentrations d'acide ascorbique	36
Tableau III.5 : Résultats de l'IC ₅₀ pour les HE extraite par les trois régions	37
Tableau III.5 : différence entre test bita carotène et DPPH	38

À notre époque, le monde connaît un changement notable vers l'adoption de nouvelles tendances et centres d'intérêt, principalement axés sur le naturel et ses composants, notamment dans les domaines médical et industriel. Cet intérêt croissant découle des nombreux avantages offerts par les matières naturelles, tels que leurs bienfaits pour la santé, leurs effets secondaires limités, leur compatibilité avec l'environnement, ainsi que leur efficacité dans les traitements et les soins cosmétiques. Ces caractéristiques soulignent l'importance de cet aspect et expliquent pourquoi le monde s'y intéresse autant pour améliorer la qualité de vie.

Inversement, il existe des matières synthétiques, qui se distinguent par des propriétés telles que leur durabilité et leurs diverses utilisations. Cependant, elles sont souvent associées à des risques sanitaires et environnementaux en raison de leurs composants chimiques nocifs. C'est pourquoi, aujourd'hui, la tendance est à se détourner de ces substances chimiques, en privilégiant des alternatives naturelles, comme les plantes médicinales, qui offrent des bienfaits pour la santé et l'esthétique sans exposer aux dangers des effets secondaires. Cette transition reflète le désir des populations de revenir à la nature et d'adopter des solutions plus sûres et durables.

Les substances synthétiques et naturelles sont largement utilisées dans notre vie quotidienne, chacune présentant des avantages et des inconvénients qu'il convient d'évaluer en fonction des besoins et du contexte. Les substances synthétiques se caractérisent par leur faible coût, leur facilité de production à grande échelle, ainsi que par la constance et l'homogénéité de leurs propriétés. Elles peuvent également être modifiées pour améliorer leurs performances (augmentation de leur résistance ou de leur durabilité). Toutefois, elles peuvent contenir des composants chimiques nocifs, provoquer des allergies, et nuire à l'environnement si elles ne sont pas éliminées correctement. En revanche, les substances naturelles sont généralement plus sûres pour la santé humaine et plus respectueuses de l'environnement. Elles sont souvent privilégiées par ceux qui recherchent une approche plus simple et en harmonie avec la nature. Cependant, elles sont parfois plus coûteuses, leurs propriétés varient selon la source, et une surexploitation peut entraîner l'épuisement des ressources naturelles. Ainsi, le choix entre substances synthétiques et naturelles dépend de l'usage envisagé ainsi que des impacts sanitaires et environnementaux associés à chacune [1]. Les avancées en chromatographie et en spectrométrie ont révolutionné l'étude des substances naturelles, facilitant l'isolement et l'identification de molécules complexes. Ces techniques ont permis d'approfondir la connaissance des plantes médicinales, mais requièrent des équipements coûteux et une expertise spécialisée. De plus, les scientifiques doivent désormais

non seulement caractériser les composés actifs, mais aussi veiller à une production durable de ces plantes.

Les huiles essentielles, extraites par distillation ou pression, sont des concentrés aromatiques riches en molécules bioactives aux multiples propriétés : antimicrobiennes, anti-inflammatoires, antioxydantes, antalgiques, cicatrisantes, etc. Utilisées depuis longtemps en aromathérapie, elles agissent via des mécanismes cellulaires complexes. Cependant, leur emploi doit être prudent en raison des risques d'irritation ou d'interactions médicamenteuses.

La formulation en chimie est le processus de conception et de préparation d'une substance chimique afin d'obtenir un produit final possédant des propriétés précises en termes d'efficacité et de qualité. Pour réussir cette démarche, il est essentiel de respecter un ensemble de contraintes, appelées contraintes de formulation, qui incluent la pureté du produit, le rendement de la réaction, le choix des conditions expérimentales, la sécurité des utilisateurs, le coût des matières premières, l'impact environnemental, ainsi que la stabilité du produit final. Ces contraintes permettent d'assurer une production efficace, sûre, économique et respectueuse de l'environnement [2].

L'objectif principal de ce travail est l'évaluation des activités biologiques de la plante *Myrtus* de trois régions

Ce mémoire est organisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre traite des fondements théoriques des techniques d'extraction des huiles essentielles, qu'elles soient traditionnelles ou innovantes.
- Le deuxième chapitre est consacré à la description botanique de la plante *Myrtus*.
- Le troisième chapitre concerne l'étude de l'activité antioxydante et anti-inflammatoire des huiles essentielles.

Enfin, ce mémoire se conclut par une synthèse générale et des perspectives.

[1]Afterclasse. . La synthèse d'espèces chimiques – Cours ,consulté 13avril 2025 à partir :
<https://www.maxicours.com/se/cours/la-synthese-des-especes-chimiques/>

[2]Maxicours. "Les Contraintes d'un Produit."consulté 12 avril 2025 à partir :
<https://www.maxicours.com/se/cours/les-contraintes-d-un-produit/>

Introduction :

Les huiles essentielles sont des extraits végétaux concentrés, obtenus par distillation ou pression, riches en composés volatils comme les terpènes et les phénols. Elles sont reconnues pour leurs nombreuses propriétés thérapeutiques : antiseptiques, anti-inflammatoires et apaisantes, ce qui les rend précieuses en médecine naturelle et en aromathérapie.

I.1. Définition Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges de composés volatils et aromatiques obtenus par distillation à la vapeur d'eau, extraction à l'aide de solvants ou pression à froid à partir de matières végétales [1].

Les huiles essentielles, extraites des plantes aromatiques, sont utilisées depuis des millénaires pour diverses applications. Elles sont reconnues pour leurs vertus thérapeutiques [2].

I.2. Composition chimique

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes d'alcool, d'aldéhyde, de cétone, d'ester et l'Acton aliphatique ou aromatique et surtout terpénique.

I.2.1. Les terpènes

Ce sont des substances qu'on trouve partout dans environnements intérieurs. Leurs sources soit d'origine biogène, soit d'origine anthropique [3]. Ils se classent en 3 groupes :

I.2.1.1. Les monoterpènes

sont des composés chimiques à 10 atomes de carbone, constitués de deux unités d'isopentane (ou isoprène) reliées. Ils sont principalement présents dans l'oléorésine des conifères, constituant une part importante de sa composition volatile. Bien que la majorité des monoterpènes soient des hydrocarbures ($C_{10}H_{16}$), l'oléorésine contient aussi des monoterpènes oxygénés, des sesquiterpènes et des n-hydrocarbures [4].

I.2.1.2. Les sesquiterpènes :

Ce sont des composés à 15 atomes de carbone, formés de 3 unités isoprénoïdes. Ils sont principalement produits par les plantes supérieures, mais aussi par les champignons et les invertébrés. Bien qu'ils soient présents dans l'alimentation humaine, leur consommation se fait surtout par le biais de médicaments et de compléments alimentaires. Ces composés présentent un potentiel important pour la découverte de nouveaux médicaments, car plusieurs sesquiterpènes et leurs dérivés ont des activités biologiques intéressantes, telles que des propriétés anti-inflammatoires, antiparasitaires et anticancérigènes [5]

I.2.1.3. Diterpènes C₂₀

Ce sont des dérivés d'hydrocarbures ayant la formule C₂₀H₃₂ (avec n = 4). Parmi les exemples de diterpènes, on trouve le phytol, la vitamine A, les acides résiniques des conifères et les gibbérellines. La vitamine A est présente de manière rare chez les végétaux, bien que le persil en contienne une quantité notable. Les animaux, quant à eux, peuvent la synthétiser à partir du carotène [6].

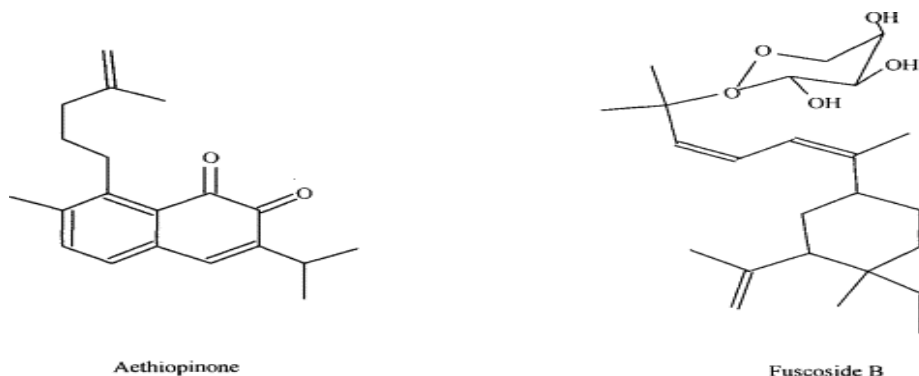


Figure I.1 : Structure de Diterpènes C₂₀ [7]

I.2.2. Le groupe des phénylpropanoïdes

Les composés aromatiques sont moins fréquents que les composés terpéniques. Ils comprennent diverses fonctions chimiques, telles que les alcools, les phénols. Certains d'entre eux peuvent également provenir de processus de dégradation qui impliquent des constituants non volatils [8].

I.3. Les caractéristiques des huiles essentielles

À température ambiante, les huiles essentielles se présentent généralement sous forme de liquides incolores ou jaune pâle. Elles sont toutes volatiles, odorantes, et inflammables, et leur densité est généralement inférieure à 1. Seules trois huiles essentielles officinales — celles de cannelle, de girofle et de saffran — ont une densité supérieure à celle de l'eau. Le terme "huile" provient de leur capacité à se dissoudre dans les graisses et de leur caractère hydrophobe.

Ces huiles sont insolubles dans l'eau, mais se dissolvent dans les alcools, les huiles et la vaseline. Très sensibles aux altérations, elles s'oxydent au contact de l'air et de la lumière [9]

I.4. Propriétés thérapeutiques

Les huiles essentielles et leurs composants volatils sont largement employés dans la prévention et le traitement des affections humaines. Leur rôle et leur mode d'action dans la prévention et le traitement du cancer, des maladies cardiovasculaires, telles que

l'athérosclérose et la thrombose, ainsi que leur activité biologique en tant qu'agents antibactériens, antiviraux, antioxydants et antidiabétiques, seront explorés. De plus, leur utilisation comme activateurs naturels pour améliorer la pénétration cutanée dans l'administration transdermique de médicaments et leurs propriétés thérapeutiques en aromathérapie et massothérapie seront également abordées [10]

I.5. Techniques d'extraction des huiles essentielles :

I.5.1 .Distillation

a. Hydrodistillation

Le procédé d'hydrodistillation consiste à plonger la matière végétale dans un bain d'eau, puis à chauffer le mélange jusqu'à ébullition. La chaleur provoque l'éclatement des cellules végétales, libérant ainsi les molécules odorantes. La vapeur d'eau, chargée de ces molécules, est ensuite condensée dans un serpentin, où elle se transforme en liquide. Ce liquide est récupéré dans un essencier, et les substances insolubles se séparent. L'huile essentielle, ayant une densité plus faible, flotte au-dessus de la phase aqueuse [11]

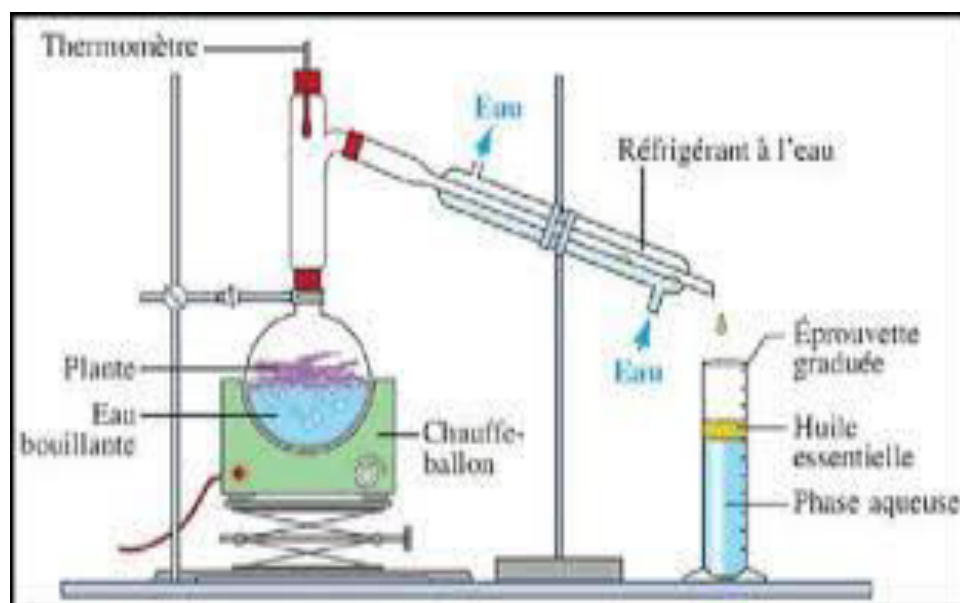


Figure I.2 : Procédé d'hydrodistillation [12]

b. Entraînement à la vapeur d'eau

Dans ce système d'extraction, le végétal est placé dans un alambic au-dessus de l'eau. La vapeur d'eau saturée, sans toucher l'eau bouillante, fragmente les glandes du végétal, libérant ses composés aromatiques. Ces derniers se diffusent dans la vapeur, qui est ensuite condensée et décantée. En raison de la différence de densité entre l'huile essentielle et l'eau, les deux phases se séparent, permettant la récupération des huiles essentielles [13]

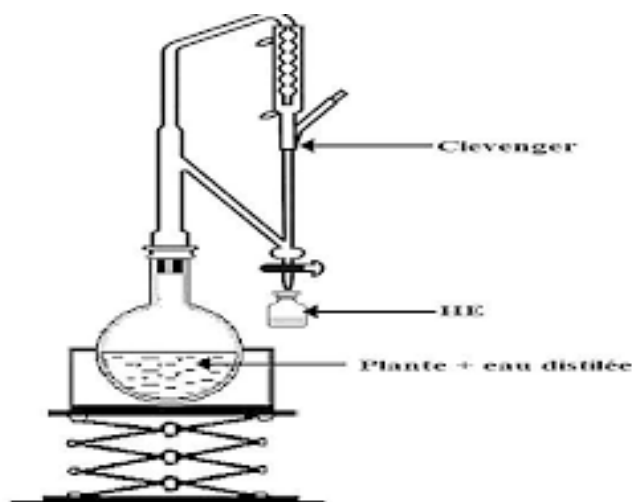


Figure I.3 : Schéma de Entraînement à la vapeur d'eau [14]

I.5.2. L'extraction à froid

C'est un procédé simple utilisé principalement pour les agrumes, dont l'écorce contient des poches sécrétrices d'essences. Ce procédé consiste à broyer les zestes frais à l'aide de presses pour détruire les poches et libérer l'essence. Le produit obtenu, appelé "essence", n'a pas subi de modification chimique [15]

I.5.3. L'extraction par solvant organique

Cette dénomination s'applique lorsqu'un solvant autre que l'eau est utilisé. Le solvant choisi doit répondre à plusieurs critères :

- Être non miscible dans l'eau pour faciliter la séparation de l'eau, du solvant et de l'huile essentielle.
- Avoir une température d'ébullition basse pour être facilement éliminé par évaporation sans altérer la qualité du produit final.
- Être suffisamment puissant pour dissoudre les molécules responsables du parfum, sans extraire des éléments indésirables comme les pigments.
- Être liquide à la température et pression de l'extraction, ininflammable et non réactif avec le produit final.
- Être peu coûteux.

Cependant, cette technique présente des inconvénients majeurs : les solvants utilisés sont souvent dangereux pour l'être humaine et l'environnement. Les produits extraits par cette méthode ne peuvent donc pas être utilisés dans des applications alimentaires ou pharmaceutiques. Par exemple, le benzène, autrefois couramment utilisé, est désormais interdit à cause de ses effets nocifs pour la santé, et remplacé par l'hexane, qui présente encore des risques importants[16]

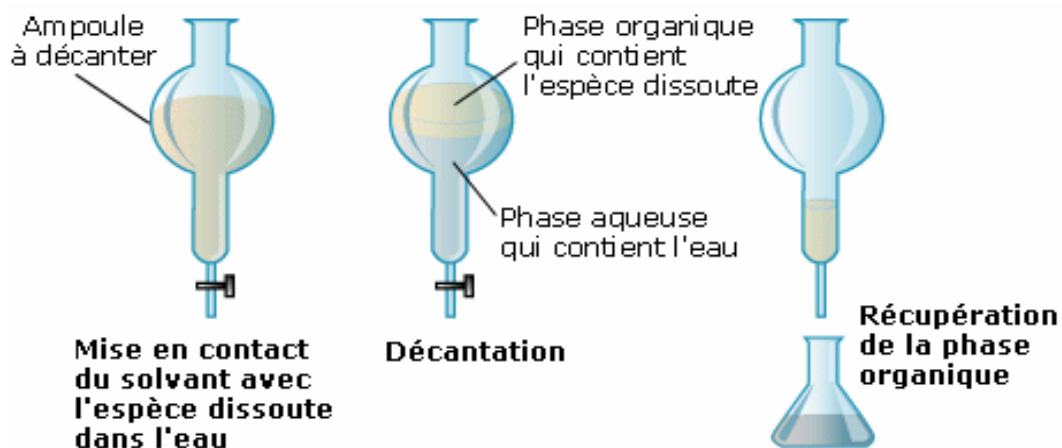


Figure I.4 : Extraction par solvant organique [17]

I.5.4. Extraction par infusion

Cette méthode est similaire à la méthode de trempage, mais utilise de l'eau chaude au lieu d'un solvant. Les plantes sont immergées dans l'eau chaude pendant un certain temps pour en extraire les composés actifs. Cette méthode est populaire pour extraire des ingrédients tels que le thé vert, le thé blanc et la lavande.[18]

I.5.5. Technique d'extraction au CO₂ supercritique

Cette méthode consiste à faire circuler du dioxyde de carbone supercritique (CO₂) à travers un matériau sous pression et température élevées. Ensuite, un processus de décompression permet de récupérer l'extract ou le matériau contaminé. Lors de la réduction de la pression, le CO₂ se transforme en gaz réutilisable, tandis que le composé recherché se libère sous forme liquide ou solide. La polarité du CO₂ supercritique peut être modifiée par l'ajout d'un co-solvant, ce qui élargit le spectre des molécules extraites. De plus, les technologies à haute pression (>400 bar) permettent d'extraire des molécules plus polaires sans recourir à un co-solvant [17]. Cette méthode est utilisée à l'échelle industrielle depuis de nombreuses années. Dans l'industrie de la parfumerie, elle est particulièrement prisée pour l'extraction de produits naturels, car elle permet d'obtenir des extraits qui conservent l'odeur originale de la matière première et sont exempts de solvants organiques [19]

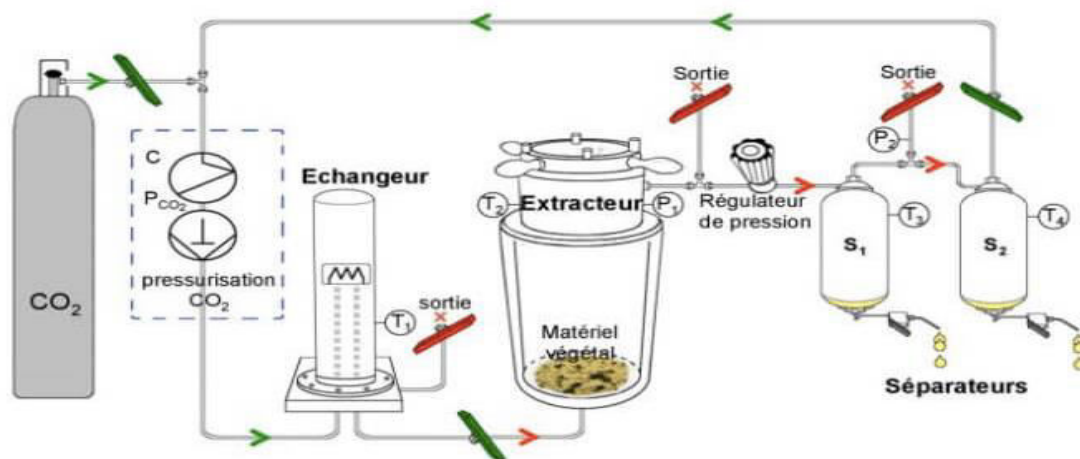


Figure I.5 : Schéma d'extraction au CO₂ supercritique [20]

I.5.6. L'Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes (ESSAM)

C'est une technique moderne visant à extraire des substances naturelles comme les huiles essentielles. Elle repose sur l'application de rayonnements micro-ondes dans une enceinte à pression réduite, permettant de vaporiser l'eau contenue dans les glandes oléifères des plantes. Cette vaporisation génère une pression interne qui brise les parois cellulaires et libère les huiles essentielles sans l'utilisation de solvants [21]

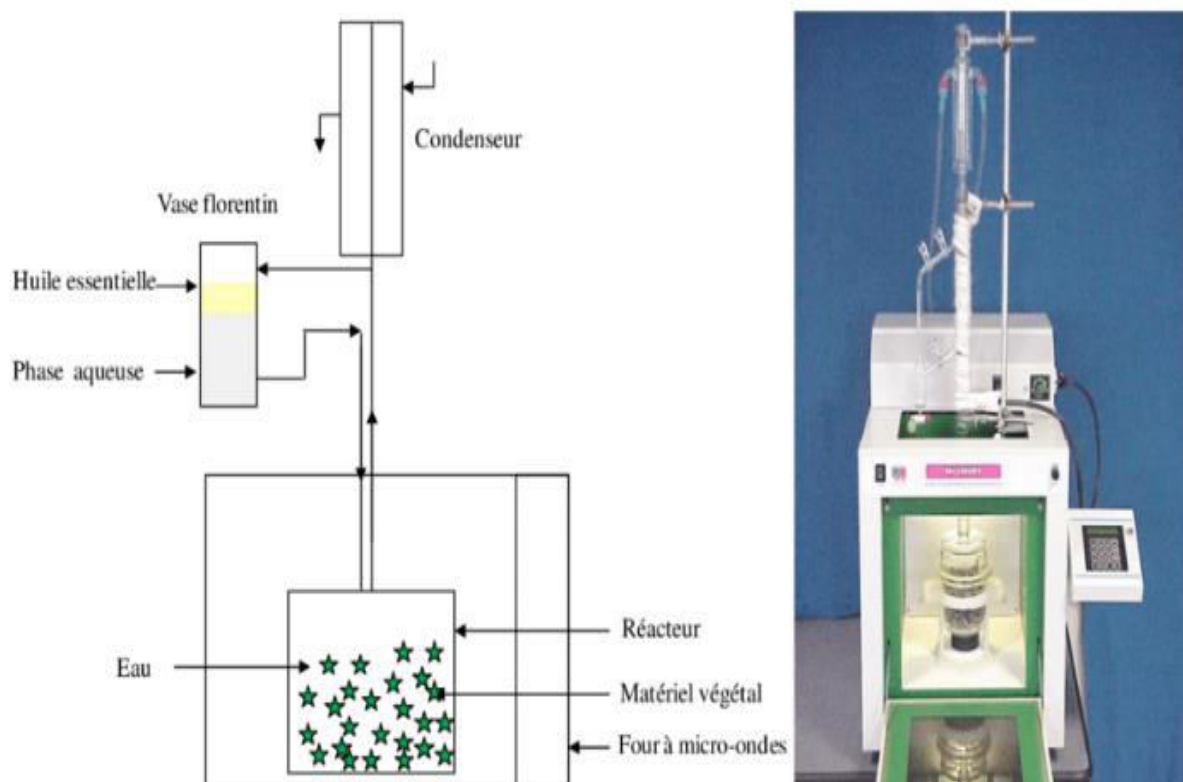


Figure I.6 : Schéma d' L'Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes (ESSAM) [22]

I.6. Comparaison entre huile essentielle et végétale**Tableau I.1 : Différence entre huile essentielle et végétale**

Critère	Huile Essentielle	Huile Végétale
Définition	Extrait concentré de la plante, généralement obtenu par distillation ou pression à froid.	Huile extraite des graines, des fruits ou des parties grasses des plantes par pression ou solvants.
Méthode d'extraction	Distillation à la vapeur, expression à froid, ou extraction par solvant.	Pression à froid, extraction par solvant, ou extraction mécanique.
Composants principaux	Composants volatils (terpènes, esters, phénols, etc.).	Acides gras, vitamines, antioxydants (vitamine E, etc.).
Concentration	Très concentrée, peut être irritante ou toxique en grande quantité.	Moins concentrée, généralement plus douce et nourrissante.
Propriétés	Propriétés thérapeutiques spécifiques (antibactériennes, antivirales, relaxantes, etc.).	Propriétés nourrissantes, hydratantes, réparatrices pour la peau et les cheveux.
Utilisation principale	Aromathérapie, massages, soins de la peau, diffusion, traitements médicaux.	Soins de la peau et des cheveux, cuisine, produits cosmétiques.

Partie II**II.1. Présentation générale d'espèce *myrtus communis* l**

Myrtus communis L., communément appelé myrte, est un arbuste méditerranéen aux applications variées dans les industries alimentaire, cosmétique et pharmaceutique [23].

ses feuilles, ses graines et ses huiles essentielles sont riches en composés bioactifs qui offrent divers bienfaits pour la santé, tels que des effets antioxydants, antihyperglycémiques et anti-inflammatoires [24]. Traditionnellement, le myrte a été utilisé pour traiter des affections telles que les troubles gastro-intestinaux et les rhumatismes [25]. La demande croissante de produits à base de myrte, en particulier dans l'industrie des liqueurs, a suscité des efforts dans le développement de cultivars et de pratiques de culture pour protéger les populations sauvages

II.2. Description de la plante

Espèce de *myrtus communis* l sont des arbustes à feuilles entières et opposées. Les fleurs blanches, axillaires, solitaires, longuement pédonculées apparaissent à partir de la mi-juin. Les baies d'un noir bleuâtre sont ovoïdes (environ 5 mm de diamètre), charnues, à graines peu nombreuses et couronnées par le calice. La pleine maturité de ces fruits est atteinte au mois de novembre [26]

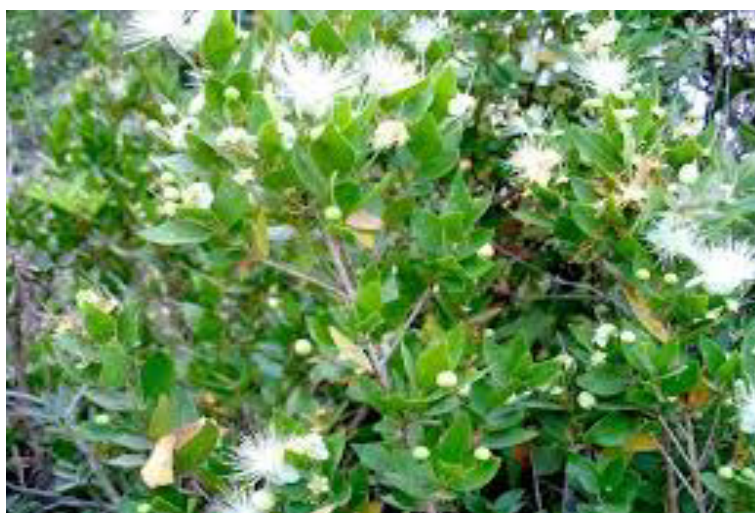
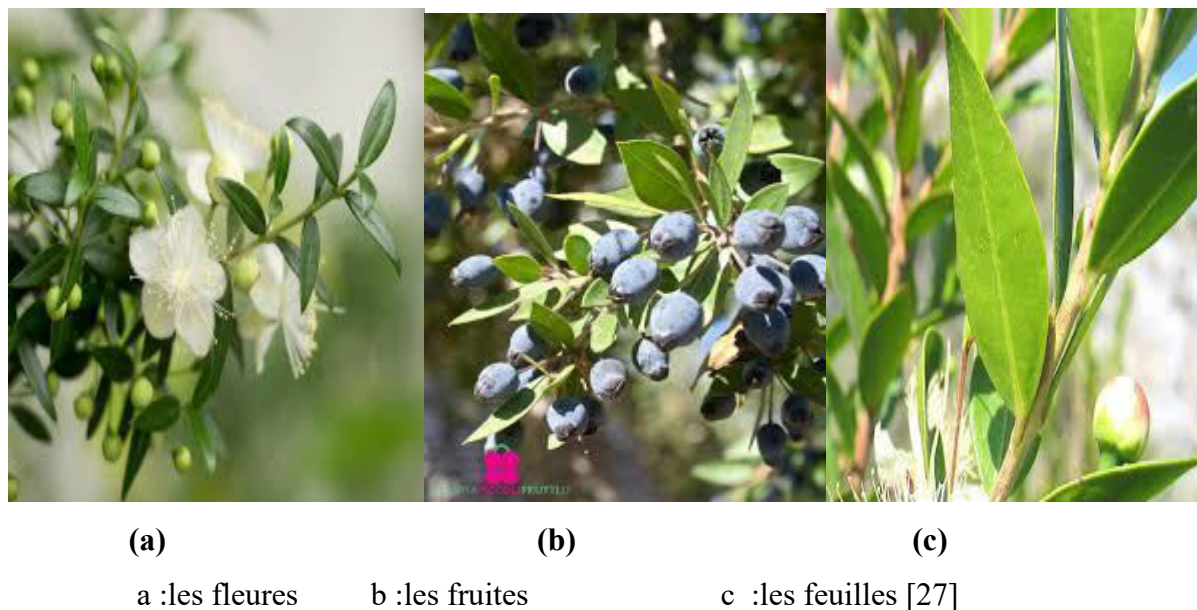


Figure II.1 : Description de plante *myrtus communis* l

II.3. Propriétés médicinal de *Myrtus communis* L.

Myrtus communis L. est une plante médicinale prometteuse qui suscite l'intérêt des chercheurs pour son introduction dans la culture industrielle en tant que source de matières premières pour le développement de nouvelles formulations phytosanitaires. Sa composition chimique

est riche en substances bioactives, lui confère un large éventail de propriétés médicinales, telles que des effets astringents, anti-inflammatoires, antiviraux, antibactériens, antifongiques, antioxydants, antidiabétiques, antiulcéreux, antimutagènes, ainsi que des vertus gastro- et hépatoprotectrices [28]. Cette herbe est employée pour traiter divers troubles, tels que la diarrhée, les ulcères gastroduodénaux, les hémorroïdes, l'inflammation, ainsi que les maladies pulmonaires et cutanées. Cependant, des études cliniques et expérimentales ont montré qu'elle possédait un éventail plus large d'effets pharmacologiques et thérapeutiques, incluant des activités antioxydantes, anticancéreuses, antidiabétiques, antivirales, antibactériennes, antifongiques, hépatoprotectrices et neuroprotectrices.[29].

II.4.Application

Les extraits et l'huile essentielle de *Myrtus communis* l jouent un rôle clé dans le développement de médicaments et présentent diverses activités pharmacologiques au Moyen-Orient. Utilisé depuis longtemps dans les médecines traditionnelles, *M. communis* est réputé pour traiter les troubles pulmonaires et comme remède antiseptique, anti-inflammatoire, mucolytique, carminatif et astringent. Récemment, il a également montré des propriétés antioxydantes, analgésiques, antibactériennes et antifongiques, ainsi que des effets larvicides, insecticides et répulsifs [30].

II.5 Distribution Géographique de genre de Myrtus

Originaire de l'Europe du Sud, de l'Afrique du Nord et de l'Asie occidentale, cette plante est également présente en Amérique du Sud, dans l'Himalaya nord-ouest, en Australie et largement répandue dans la région méditerranéenne. Elle est cultivée dans les jardins, notamment dans le nord-ouest de l'Inde, pour ses fleurs parfumées [31].



Figure II.2 : Carte de distribution de genre myrtus [32]

II.6. Genre *Myrtus* L.

Le genre *Myrtus* L. (famille des Myrtacées) comprend deux espèces principales : *Myrtus communis* L. (le myrte commun), qui croît à l'état sauvage autour du bassin méditerranéen, et *Myrtus nivellei* Batt. et Trab. (le myrte saharien), présent dans le Sahara central. L'Algérie est le seul pays où les deux espèces coexistent, *M. communis* se trouvant au Nord et *M. nivellei* au Sud[40].

Myrtus nivellei Batt. & Trab. est une espèce endémique des montagnes du centre du Sahara, où elle pousse dans des oueds et des gorges rocheux et sablonneux à haute altitude, au-dessus de 1400 m. Les deux espèces du genre *Myrtus* sont des arbustes à écorce rugueuse, aux feuilles opposées, aux fleurs blanches en forme d'étoile (composées de 5 à 9 pétales) et aux baies pouvant être blanches, violettes, bleues ou même noires. Toutefois, elles se distinguent par plusieurs caractéristiques morphologiques : les feuilles de *M. nivellei* sont linéaires-lancéolées (4-5 cm de long) et plus étroites (6-8 mm), tandis que celles de *M. communis* sont ovales-lancéolées (2-5 cm) et plus larges (10-20 mm). En ce qui concerne les fruits, ceux de *M. communis* sont ellipsoïdes à subglobuleux, piriformes, allongés ou plats (7-9 mm de long), alors que ceux de *M. nivellei* sont globuleux et plus petits (4-5 mm). En termes de taille, *M. communis* peut atteindre de 0,5 à 3 m de hauteur, tandis que *M. nivellei* mesure généralement entre 1 et 2 m.[33].

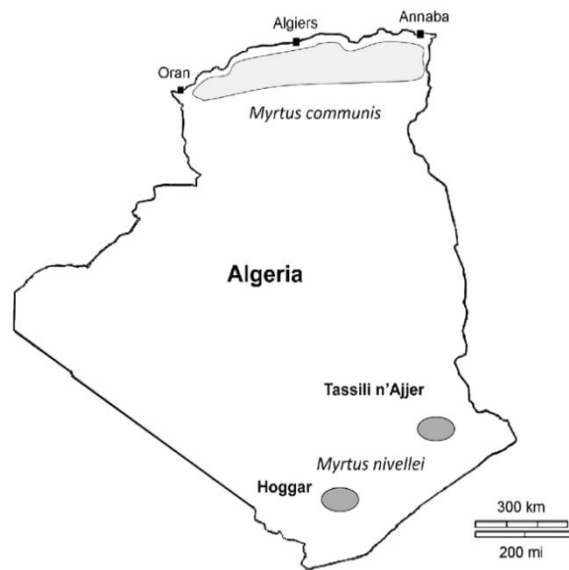


Figure II.3 : Répartition de genre *Myrtus* [34]

- [1] Marouane, M. Classification, étiquetage et emballage des huiles essentielles (Système SGH / CLP), 2014.
- [2] Soualeh, N. et Soulimani, R., Huiles essentielles et composés organiques volatils, rôles et intérêts, *Phytothérapie*, vol. 14, pp. 44-57, 2016.
- [3] Squillace, A., Analyses of Monoterpenes of Conifers by Gas-Liquid Chromatography, 1976.
- [4] Davis, E. M., Advances in the Enzymology of Monoterpene Cyclization Reactions, *Comprehensive Natural Products II*, 2010.
- [5] Bártíková, H., Hanušová, V. et al., Antioxidant, pro-oxidant and other biological activities of sesquiterpenes, *Current Topics in Medicinal Chemistry*, vol. 14, no. 22, pp. 2478–2494, 2014.
- [6] P. M., R., Chapitre 3 : Les terpènes et leurs dérivés, in : Valorisation des substances végétales.
- [7] Toyomasu, T et Sassa, T, Diterpenes, in : *Comprehensive Natural Products II*, dirigé par H.-W. Liu et L. Mander, Elsevier, pp. 643–672, 2010.
- [8] Bayala, B., Étude des propriétés anti-oxydantes, anti-inflammatoires, anti-prolifératives et anti-migratoires des huiles essentielles de quelques plantes médicinales du Burkina Faso, Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II ; Université Joseph Ki-Zerbo, 2014.
- [9] Edris, A. Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oil and their individual volatile constituents : *Phytotherapy Research*, vol. 21, 2007.
- [10] Procédés d'extraction d'une huile essentielle.
- [11] Lycée Vaucanson de Tours, Schéma de l'hydrodistillation .[Figure], 2014. Disponible sur : <http://lyc-vaucanson-tours.tice.ac-orleans-tours.fr>
- [12] Brahim, M. Valorisation des effets thérapeutiques des huiles essentielles de quelques espèces de menthe cultivées en Algérie*, *Faculté de Génie Mécanique et de Génie des Procédés*, 2018.
- [13] Dallel, M. Montage d'entraînement à la vapeur d'eau [Image], in : Hellal, Z., Contribution à l'étude des propriétés physico-chimiques et biologiques des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques d'Algérie, Thèse de doctorat, Université de Tlemcen, 2011.
- [14] Besombes, C. Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydro-thermo-mécanique d'herbes aromatiques : applications généralisées, Université de La Rochelle, 2008.
- [15] Moufida, B. Étude de la composition chimique et de l'activité biologique des huiles essentielles de deux Apiaceae *Elaeoselinum asclepium* (L.) Bertol. et *Margotia gummifera* (Desf.) Lange, p. 183, 15 janvier 2018.

- [16] Mebarka, L, Activités biologiques et composition chimique des huiles essentielles d'*Ammiopsis aristidis* Coss. (Syn. *Daucus aristidis* Coss.) et d'*Achillea santolinoides* Lag, p. 146, 08 février 2018.
- [17] Extraction par CO₂ supercritique, Innovation Fluides Supercritiques.
- [18] Pellerin, P.Extraction par le CO₂ à l'état supercritique, 2001.
- [19] Franchomme, P.Extraits CO₂ : des huiles essentielles plus riches, Pierre Franchomme Lab. \[Article de blog], 25 avril 2024.
- [20] Marwa, B.Extraction d'huile essentielle de l'espèce végétale *Salvia officinalis* L. par hydrodistillation : caractérisation physicochimique et modélisation paramétrique, Université Badji Mokhtar – Annaba, 2016/2017.
- [21] Farhat, A.Extraction sans solvant assistée par micro-ondes (SFME)[Figure], in : Farhat, A.et al.Extraction des huiles essentielles : procédés et application, 2015.
- [22] Ouédraogo, SYoda, J.Production de matières premières et fabrication des médicaments à base de plantes médicinales, International Journal of Biological and Chemical Sciences, 2021.
- [23] Christaki, E.Bonos, E.Aromatic Plants as a Source of Bioactive Compounds, Agriculture, vol. 2, pp. 228–243, 2012.
- [24] Safa, G. F. K.Valorisation de deux plantes médicinales algériennes, Université Kasdi Merbah – Ouargla, 2019.
- [25] Giampieri, F.Cienciosi, D.Myrtle (*Myrtus communis* L.) berries, seeds, leaves, and essential oils: New undiscovered sources of natural compounds with promising health benefits, 2020.
- [26] Zilkah, S.Goldschmidt, E. E.Myrtle (*Myrtus communis* L.) – A Native Mediterranean and Cultured Crop Species, 2014.
- [27] Sumbul, S.Ahmad, M. A.*Myrtus communis* Linn, 2011.
- [28] Dellaoui, H.Contribution à l'étude des effets de la plante médicinale *Myrtus communis* contre la toxicité du Cadmium chez le rat Wistar, Université Dr Moulay Tahar de Saïda (Algérie), 2021.
- [29] Wikimedia Commons.*Myrtus communis* , 2008. Consulté en 2025, à partir de : [\https://commons.wikimedia.org/wiki/File
- [30] Ye, O.Matsehorova, B. V. M. A.The anatomical and micromorphological structure of *Myrtus communis* L. leaves*, Current Issues in Pharmacy and Medicine: Science and Practice, 2024.
- [31] Alipour, G. H.Dashti, S. Review of Pharmacological Effects of *Myrtus communis* L. and its Active Constituents, Phytotherapy Research, vol. 28, pp. 1125–1136, 2014.

[32] Rashed, K. N. Z., Phytochemical and Bioactivities of *Myrtus communis* L, 2021.

[33] Sumbul, S.Ahmad, M. A.*Myrtus communis* Linn., 2011.

[34] Semantic Scholar. 14 from: Phytochemical and Pharmacological Potential of *Myrtus communis* L., Consulté le 09 mars 2025, à partir de :

<https://www.semanticscholar.org>

[35] Bouzabata, A.Casanova, J.The Genus *Myrtus* L. in Algeria: Composition and Biological Aspects of Essential Oils from *M. communis* and *M. nivellei*, *Chemistry & Biodiversity*, vol. 13, 2016.

II.1. Introduction:

Les progrès en chromatographie et en spectrométrie ont révolutionné l'analyse des substances naturelles. L'isolement et l'identification de molécules complexes sont devenus plus accessibles, permettant une meilleure compréhension des plantes médicinales. Cependant, cette spécialisation croissante nécessite des équipements coûteux et des compétences techniques pointues. Parallèlement, les chercheurs doivent non seulement identifier les molécules actives mais aussi s'assurer d'une production durable des plantes médicinales.

Les huiles essentielles, concentrés aromatiques extraits de ces plantes, renferment une multitude de molécules actives aux propriétés biologiques remarquables. Obtenues par distillation ou pression, ces substances volatiles sont utilisées depuis des siècles en aromathérapie et phytothérapie pour leurs vertus thérapeutiques. Leurs activités sont multiples : antimicrobiennes, anti-inflammatoires, antioxydants, antalgiques, sédatives ou stimulantes, cicatrisantes et répulsives [1].

Ces effets sont liés à des mécanismes d'action complexes impliquant des interactions avec les cellules. Cependant, leur utilisation nécessite prudence, car certaines peuvent être irritantes ou interagir avec des médicaments.

II.2. Activité anti oxydante:

II.2.1. Définition d'antioxydants :

Les antioxydants, ces molécules capables de ralentir le vieillissement cellulaire, sont présents dans notre alimentation (fruits, légumes, céréales entières) sous forme de vitamines (C, E), de minéraux (zinc, sélénium) et de composés végétaux (polyphénols). Ces derniers, particulièrement étudiés, offrent une alternative plus naturelle et moins risquée aux antioxydants de synthèse, souvent associés à des effets secondaires. En effet, les antioxydants naturels sont mieux assimilés par l'organisme et présentent une synergie d'action plus efficace [2].

II.2.2. Définition des radicaux libres:

Les radicaux libres, comme des atomes ou des molécules avec un seul électron. Cet électron célibataire les rend très réactifs, ils cherchent constamment à se lier à d'autres molécules, ils l'abiment et la transforment elle-même en un nouveau radical libre. C'est comme une réaction en chaîne. Un des dégâts que peuvent causer ces radicaux libres, c'est d'oxyder les graisses qui forment nos membranes cellulaires [3].

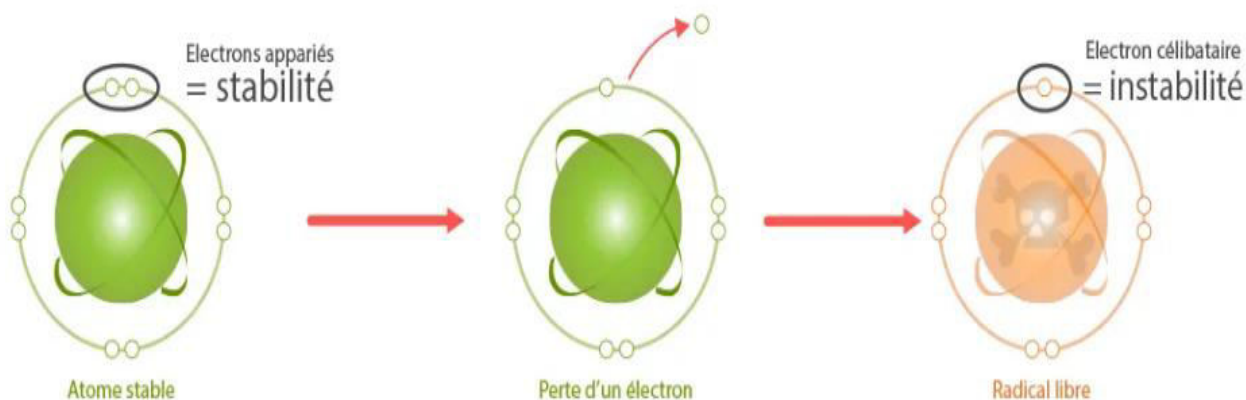


Figure II.1: Formation d'un radical libre est provoquée par la perte d'un électron [4].

II.2.2.1. Les espèces oxygénées activées et leurs propriétés:

- Radicaux Hydroxyles ($\bullet\text{OH}$) : Très réactifs, ces radicaux peuvent causer des dommages importants aux cellules [5].
- Anions Superoxydes ($\text{O}_2\bullet^-$) : Ces radicaux sont formés à partir de l'oxygène et jouent un rôle important dans la signalisation cellulaire [6].
- Radicaux Peroxydes ($\text{ROO}\bullet$) : Formés par l'oxydation des lipides, ils sont impliqués dans le stress oxydatif [7].

II.2.2.2. Les facteurs favorisant la production de radicaux libres?

Les aliments ultra-transformés, les cuissons à hautes températures (grillades, fritures), l'alcool, le tabac, la pollution, les pesticides, les métaux lourds, certains traitements, certains produits ménagers et leur utilisation abusive, certains matériaux modernes de nos habitats qui polluent l'air ambiant, le stress quotidien, le sport trop intensif, les rayons ultra-violets [8].

II.2.2.3. Effets des Radicaux Libres:

Les radicaux libres peuvent entraîner des dommages aux cellules et aux tissus par :

- Oxydation des Lipides : Ils peuvent endommager les membranes cellulaires, entraînant la perte de leur intégrité [9].
- Dommages à l'ADN : Les radicaux libres peuvent causer des mutations et des dommages à l'ADN, ce qui peut contribuer au développement du cancer [10].
- Dysfonctionnement des protéines : Ils peuvent modifier la structure et la fonction des protéines, entraînant une altération de leur activité [11].

II.2.3. Définition du stress:

Le stress oxydatif survient lorsqu'il y a un déséquilibre au sein de l'organisme, caractérisé par une production excessive d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) qui dépasse les capacités de défense antioxydants [12].



Figure II.2: Formation de stress oxydatif [13].

II.2.4. Moyens de défense:

II.2.4.1. Défenses endogènes:

La cellule est pourvue d'enzymes antioxydantes qui sont des systèmes de défense très efficaces pour l'élimination des radicaux libres primaires de façon permanente [14].

II.2.4.2. Défenses exogènes:

Cette deuxième ligne de défense complémentaire, consiste en un ensemble de composés susceptibles de ralentir considérablement les effets des radicaux libres qui n'ont pas été piégés par les systèmes de défense précédents. Ce sont des molécules exogènes, c'est à dire qu'on ne les trouve pas spontanément dans l'organisme, mais qu'elles sont apportées par l'alimentation. [15]

Les antioxydants que l'on trouve couramment dans les aliments naturels sont donnés dans le tableau II.1 :

Tableau II. 1: Défenses antioxydantes mitochondriales [16].

Source exogènes	Source endogène	
	Non enzymatique	enzymatique
Vitamine C (acide ascorbique)		
Vitamine E (α -tocophérol)	Glutathion (GSH)	Super oxyde dismutase
Pro-vitamine A (β -carotène)	Coenzyme Q10	Catalase CAT
Carotenoides	Acide α -lipoïque	Glutathion peroxydase GPx
polyphénols	Acide urique	Thiorédoxine réductase

II.2.5. Méthodes d'évaluations de l'activité antioxydante:

II.2.5.1. Test DPPH

La méthode DPPH est une technique couramment utilisée pour évaluer la capacité antioxydante de composés. Elle repose sur la réaction entre un radical DPPH coloré et un antioxydant, ce qui entraîne une décoloration. La concentration d'antioxydant nécessaire pour réduire de moitié la concentration initiale de DPPH (IC_{50}) sert d'indicateur de l'activité antioxydante. Bien que cette méthode soit rapide, simple et peu coûteuse, elle présente certaines limites. En effet, le DPPH ne représente pas tous les types de radicaux libres présents dans les systèmes biologiques, et les résultats peuvent être influencés par différents facteurs tels que la température, le pH ou la présence de pigments. De plus, l'expression des résultats en pourcentage d'inhibition du DPPH peut rendre les comparaisons entre études difficiles. Malgré ces limitations, la méthode DPPH reste largement utilisée dans l'évaluation de la capacité antioxydante des aliments, en particulier des fruits [17].

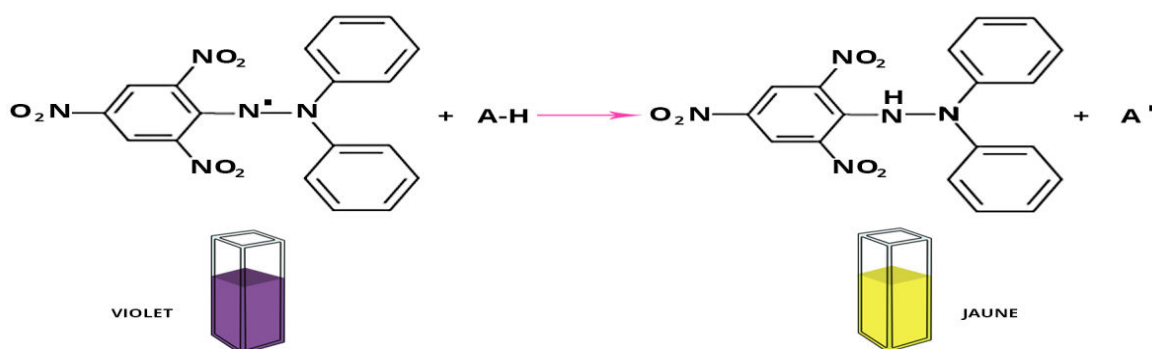


Figure II.3: Réaction d'oxydation de DPPH [18]

II.2.5.2. Test FRAP (Ferric Reducing Antioxydant Power)

La méthode FRAP évalue l'activité antioxydante globale d'un composé en mesurant son effet sur le complexe ferrique tripyridyltriazine, qu'il réduit en un complexe ferreux, produit une couleur bleue. Cette réaction se déroule à pH acide, et l'absorbance est mesurée par spectrophotométrie à 595 nm, permettant de comparer l'absorbance du complexe ferreux avec celle des antioxydants présents. La méthode FRAP est principalement utilisée pour des échantillons hydrophiles. Elle est appréciée pour sa rapidité, sa simplicité, sa capacité à être réalisée à diverses concentrations et son faible coût en réactifs. Cependant, comme c'est le cas pour d'autres méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante, les conditions du test FRAP ne correspondent pas aux conditions physiologiques, ce qui limite sa pertinence biologique. Cette réaction est accompagnée d'un changement de couleur dans la solution, qui peut être mesuré par spectrophotométrie [19].



Figure II.4: Réaction de FRAP [20].

II.2.5.3. Méthode de Blanchissement de la Béta-Carotène

Le test de blanchiment du β -carotène est une méthode simple et rapide pour évaluer le pouvoir antioxydant de différentes substances. Le principe est le suivant :

Préparation du milieu réactionnel : Le β -carotène, un pigment orange, est mélangé à de l'acide linoléique, une graisse qui s'oxyde facilement, créant ainsi un environnement propice à l'oxydation. Induction de l'oxydation : L'ajout de l'échantillon à tester permet d'évaluer si ses composés peuvent inhiber l'oxydation. Mesure de la décoloration : La diminution de la couleur orange du β -carotène, mesurée par spectrophotométrie, est proportionnelle à l'activité oxydante du milieu. Plus la couleur persiste, plus l'échantillon est riche en antioxydants [21].

II.3 Activité anti-inflammatoire:

II.3.1. Définition d'inflammation

L'inflammation est un processus biologique complexe se manifestant par cinq signes cardinaux : rougeur, gonflement, chaleur, douleur et perte de fonction. Bien que les anti-inflammatoires stéroïdiens et non stéroïdiens soient couramment utilisés pour soulager les symptômes des inflammations aiguës, d'autres approches thérapeutiques sont explorées, notamment pour les inflammations chroniques [22].

L'inflammation, réponse de l'organisme à des agressions diverses (physiques, chimiques, biologiques ou infectieuses), est généralement traitée par des anti-inflammatoires. Cependant, les traitements actuels, bien que efficaces, présentent des limites et ne s'attaquent pas toujours aux causes sous-jacentes de l'inflammation [23].

On distingue deux types d'inflammation : l'aiguë, réaction immédiate et non spécifique, et la chronique, réponse plus tardive et spécifique, souvent associée à des pathologies chroniques.

II.3.2. Les type d'inflammation:

II.3.2.1.Inflammation aiguë:

À l'échelle macroscopique, l'inflammation se manifeste par des signes évidents tels que la rougeur, le gonflement, la chaleur, la douleur et une altération de la fonction. Sur le plan microscopique, elle est caractérisée par une vasodilatation, une augmentation de la perméabilité des vaisseaux sanguins et une infiltration de cellules impliquées dans le processus inflammatoire. Les réactions inflammatoires ont pour objectif de détruire et éliminer les agents pathogènes, tout en les isolant et en les confinant dans une zone spécifique. Par ailleurs, l'inflammation active la réponse immunitaire, favorisant ainsi la guérison. Dans le cas de l'inflammation pulmonaire aiguë, les neutrophiles sont les principales cellules impliquées, alors que les réactions chroniques sont dominées par les macrophages et les lymphocytes. Le syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA) représente un exemple où l'inflammation aiguë ne se contente pas de persister, mais se renforce, affectant l'ensemble de l'organe. En réponse à une agression pulmonaire aiguë, les cellules endothéliales sont stimulées pour libérer des facteurs chimiotactiques et des molécules d'adhésion, favorisant l'attachement et le passage des leucocytes dans la zone concernée. Un gradient chimiotactique se forme alors, guidant d'abord les neutrophiles et induisant la production d'un type de protéine de signalisation (chimiokines) pour organiser la formation du tissu de granulation, composé de la matrice cellulaire, des fibroblastes, des cellules endothéliales et des leucocytes [24].

II.3.2.2. Inflammation chronique:

L'inflammation chronique survient lorsque l'inflammation aiguë ne disparaît pas complètement. Elle permet d'éliminer les débris cellulaires, de défendre contre les infections persistantes et de réparer les tissus pulmonaires endommagés. Les macrophages et lymphocytes sont les principales cellules impliquées, et la production de cytokines, régulée par diverses cellules, influence l'intensité de la réponse inflammatoire. Dans l'inflammation pulmonaire chronique, les cytokines Th2 et les chimiokines jouent un rôle crucial dans l'infiltration cellulaire et la fibrose. L'apoptose, qui est souvent altérée, contribue à la prolongation de l'inflammation. L'asthme et la BPCO partagent des mécanismes inflammatoires similaires, mais avec des différences dans les cellules inflammatoires, notamment les éosinophiles [25].

Le tableau II.2 représente la comparaison entre inflammation chronique et aigue.

TbleauII.2 : Comparaison entre inflammation aigue et chronique [26].

	Inflammation aigue	Inflammation chronique
Signes cliniques	Rougeur, douleur, chaleur, tumeur	Symptômes variés ;
Début	Aigue- heures	Insidieux-semaines
Histologie	Dommage tissulaire; neutrophiles	Destruction tissulaire ; Plasmocytes ;
Evolution	Résolution complète, guérison avec fibrose	Résolution complète ; guérison avec fibrose

II.3.3. Les anti-inflammatoires:

Les anti-inflammatoires permettent de lutter contre l'inflammation quelle que soit la cause de cette inflammation. Ce sont des traitements symptomatiques, c'est à dire qu'ils ne suppriment pas la cause de l'inflammation mais seulement sa conséquence. Ils ont une action également sur la douleur.

II.3.3.1. Les anti-inflammatoires stéroïdiens:

Un anti-inflammatoire stéroïdien est un glucocorticoïde de synthèse. C'est un produit pharmaceutique dérivant de la cortisone naturelle. Il a pour action de booster les propriétés glucocorticoïdes de cette même cortisone. Parallèlement, il minimise son action minéralocorticoïde. Ce médicament joue ainsi le rôle d'un immunmodulateur et anti-inflammatoire [27].

a)- Le mécanisme d'action:

Le mécanisme d'action des glucocorticoïdes repose sur leur capacité à moduler l'expression génique. Après avoir traversé la membrane cellulaire et s'être lié à leur récepteur spécifique, ces hormones pénètrent dans le noyau où elles se fixent sur des séquences régulatrices de l'ADN appelées éléments de réponse aux glucocorticoïdes (GRE). Cette interaction induit des changements conformationnels du complexe hormone-récepteur qui vont recruter d'autres facteurs de transcription et modifier l'accessibilité de l'ARN polymérase à l'ADN. En conséquence, la transcription de nombreux gènes soit stimulée, soit inhibée.

Parmi les gènes dont l'expression est régulée par les glucocorticoïdes, on retrouve les genres qui produisent des protéines anti-inflammatoires comme la lipocortine, qui inhibe la synthèse de médiateurs inflammatoires, ainsi qui produisent pour des protéines pro-apoptotiques, favorisant ainsi la mort des cellules inflammatoires. De plus, les glucocorticoïdes

peuvent également inhiber l'activation de facteurs de transcription pro-inflammatoires tels que NF- κ B, réduisant ainsi la production de cytokines et d'autres médiateurs inflammatoires [28].

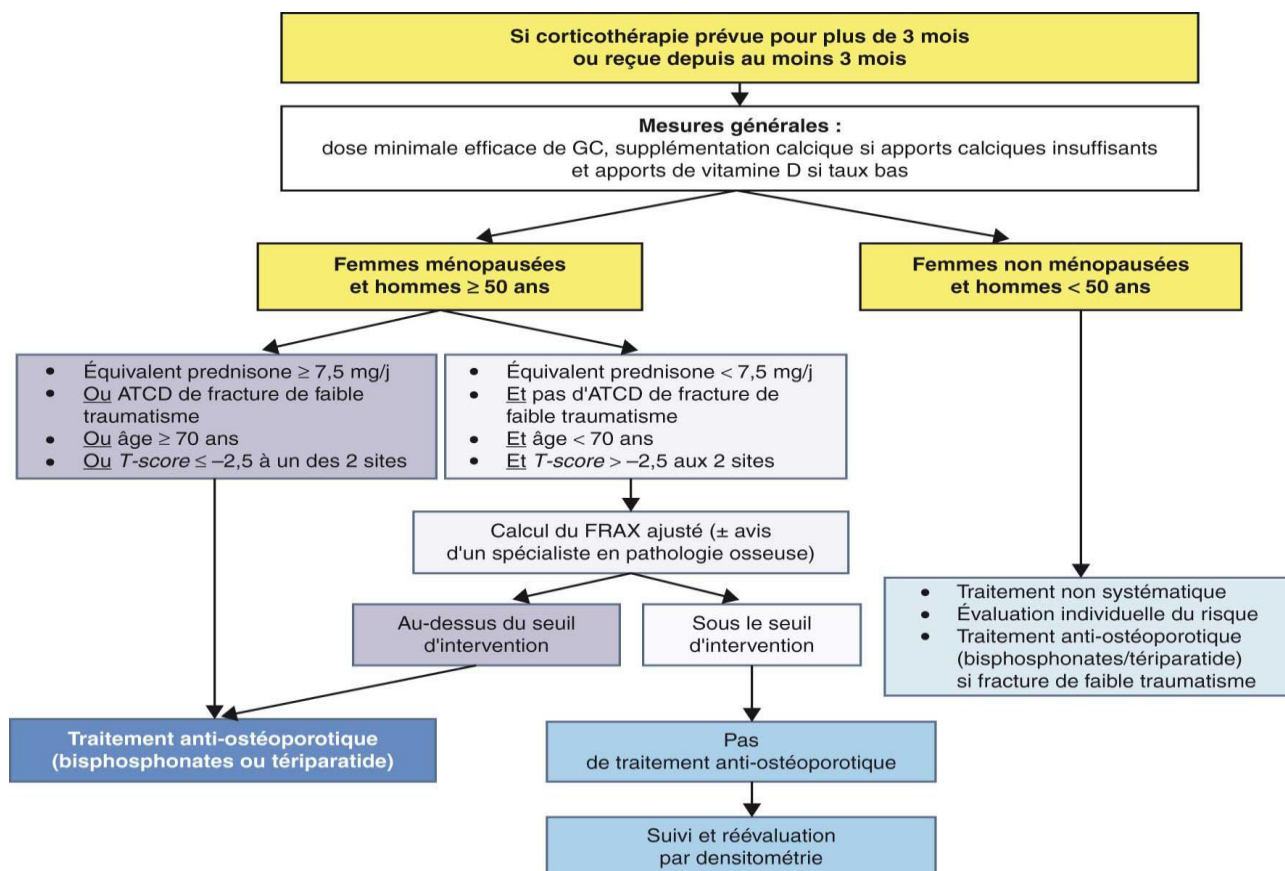


Figure II.5: Mécanisme d'action AIS [29].

b)- Les effets secondaires:

Les corticoïdes, bien qu'efficaces, peuvent entraîner de nombreux effets secondaires. Ces effets indésirables, qui dépendent de la dose et de la durée du traitement, touchent différents organes. Les plus fréquents sont :

- Troubles métaboliques: prise de poids, diabète, ostéoporose, hypertension.
- Troubles cutanés: vergetures, amincissement de la peau, acné.
- Troubles musculo-squelettiques: faiblesse musculaire, ostéonécrose.
- Risque infectieux: augmentation de la susceptibilité aux infections.
- Troubles psychiques: irritabilité, insomnie, dépression.
- Complications oculaires: cataracte, glaucome [30].

II.3.3.2. Les anti-inflammatoire non stéroïdiens:

Les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) sont des médicaments qui bloquent la formation des prostaglandines, les substances responsables de l'inflammation. Ce sont des médicaments efficaces, mais ils ont parfois été utilisés comme bénins, ce qui peut entraîner des complications gastro-intestinales, rénales ou cardiovasculaires, particulièrement en cas d'utilisation prolongée ou à fortes doses [31].

a)- Mécanisme d'action :

Les AINS ont une préférence pour bloquer un certain type de cyclo-oxygénase (la COX-2) qui est plus impliquée dans l'inflammation. Cependant, ils peuvent aussi bloquer un autre type (la COX-1), ce qui peut causer des effets secondaires comme des problèmes d'estomac. Les chercheurs travaillent à développer des AINS qui bloquent uniquement la COX-2, afin de réduire ces effets secondaires [32].

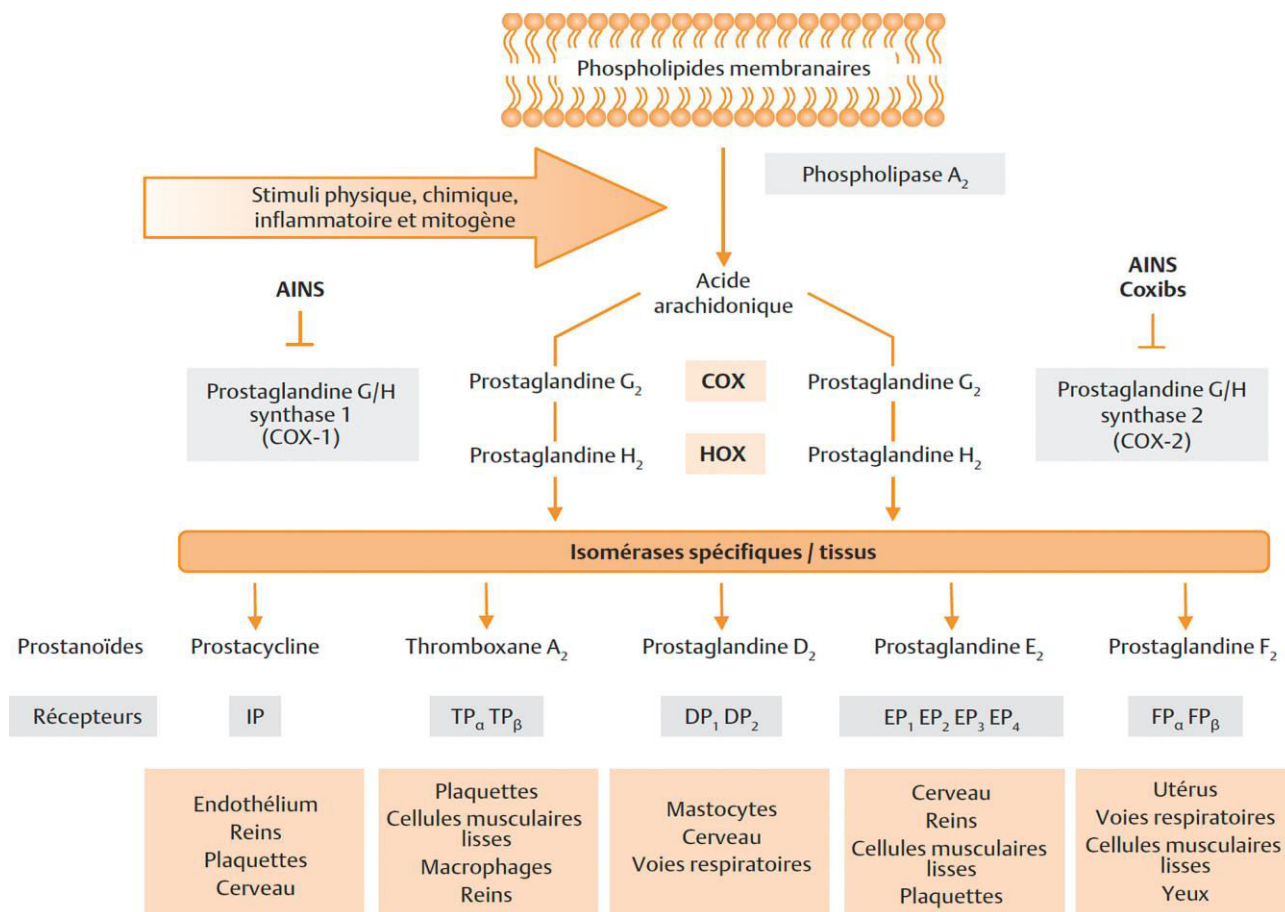


Figure II.6: Mécanisme d'action AINS [33]

b)- Les effets secondaires:

Les AINS peuvent provoquer des effets secondaires, notamment en cas d'utilisation prolongée. L'un de ces effets secondaires est le syndrome de Widal, qui associe une allergie aux aspirines, de l'asthme et des polypes nasaux. De plus, les AINS peuvent augmenter le risque de saignement, en particulier lors d'interventions chirurgicales. [34]

II.3.4. Évaluation de l'activité anti-inflammatoire:

II.3.4.1 Évaluation de l'activité anti-inflammatoire in vitro:

a)- Evaluation de l'activité anti-inflammatoire in vitro par inhibition de la dénaturation thermique des protéines (Albumine sérique bovine BSA) :

•Principe:

Afin d'évaluer l'activité anti inflammatoire des extraits de plantes, nous avons appliqué le test d'inhibition de la dénaturation thermique des protéines. Le principe consiste à l'inhibition de dénaturation du BSA, provoquée par la chaleur 72°C, par les extraits de plantes [35].

b)- Evaluation de l'activité anti-inflammatoire in vitro par la méthode de stabilisation des membranes (Activité anti-hémolytique) :

L'activité anti-inflammatoire peut être étudiée in vitro en utilisant la membrane des globules rouges car elle est analogue à la membrane lysosomale et pourrait être extrapolée à la stabilisation de la membrane lysosomale. Sa stabilisation par un médicament ou par des échantillons peut être considérée comme une mesure de l'activité anti-inflammatoire in vitro [36].

II.3.4.2. Évaluation de l'activité anti-inflammatoire en vivo:

a)- Induction de l'œdème inflammatoire aigu de la patte de rat par le formol :

L'activité anti-inflammatoire des extraits de plantes a été aussi évaluée in vivo, par la méthode de l'œdème de la patte de rat induit par le formole. L'œdème est provoqué par l'injection de formol 1% dans l'aponévrose de la plante du pied. Ce qui induit une inflammation au niveau de la voûte plantaire de la patte droite du rat. Le volume de l'enflamment causée par cet agent pathogène sera mesuré pour suivi l'évolution du processus inflammatoire. Pour les témoins, un volume précis de chlorure de sodium à 0.9 % a été administré dans l'aponévrose de la plante du pied.

b)- Traitement des animaux :

Les rats ont été partagés sur 6 lots dont, chaque lot contient 5 rats (5 normaux et 25 traités par le formol), avant l'expérimentation ces rats ont été pesés puis mis à jeun pendant 12h. Pour chaque rat, le volume initial (V_0) de la patte postérieure droite a été chiffré avant la médication et les volumes des pattes injectées ont été mesurés 0, 30, 60, 120, 180 minutes après injection du formol (1%). [37]

II.4. L'activité antifongique :

Les champignons microscopiques, ces petits organismes, peuvent causer toutes sortes de problèmes : des maladies chez l'humain, les animaux et les plantes, jusqu'à la détérioration de matériaux comme le bois, la nourriture et bien d'autres choses .Les mycoses sont des

infections fongiques qui deviennent un problème de santé publique important. Elles peuvent toucher la peau ou aller plus profond dans le corps, et elles sont particulièrement dangereuses pour les personnes fragilisées [38].

Le traitement des mycoses repose sur quatre familles d'antifongiques systémiques ciblant la membrane ou la paroi fongique. L'utilisation intensive de ces médicaments a favorisé l'émergence de souches résistantes. Les mécanismes de résistance impliquent principalement des modifications de la cible ou des systèmes d'efflux. Face à cet enjeu, il est urgent de promouvoir une utilisation raisonnée des antifongiques et de développer de nouvelles molécules [38].

- [1] akkali f., averbeck s., averbeck d., idaomar m., biological effects of essential oils – , 2008, food and chemical toxicology.
- [2] mohammed c. t., contribution à l'étude des activités antioxydants et anti microbienne des extraits de quelques plantes médicinales, abou-bakr-belkaïd telemcen ,2014
- [3] 3] Elkouby, P. – Les radicaux libres et leur implication dans les processus pathologiques. Chirurgie, vol. 123, no 5, pp. 345–350, 2002
- [4] 4] Penser Santé – Les radicaux libres : qu'est-ce que c'est ? [article en ligne], s.d. Consulté le 8 avril 2025, à partir de : <https://www.penser-sante.fr/articles/radicaux-libre>
- [5] 5] Ates, E., Cimen, M. Y., Demir, T. et al. – Role of hydroxyl radical in cell death. Cellular Biochemistry, vol. 119, no 118, pp. 6524–6533, 2018
- [6] mccord j. m., the evolution of free radicals and antioxidants, free radical biology and medicine 29(2): 110-115 ,2000
- [7] esterbauer h. et al., mechanisms of lipid peroxidation, free radical biology and medicine 11(2): 81-95,1991
- [8] bernard d. a., que sont les radicaux libres? comment se protéger?, 2022,consulté 8 avril2025 à partir <https://phytocea.com/blogs/questions-de-sante/quest-ce-que-cest-que-les-radicaux-libres-comment-sen-proteger>.
- [9] yakes f. m., van houten b., mitochondrial dna damage is caused by oxidative stress, 1997, proceedings of the national academy of sciences usa 94(3): 514-519.
- [10] phillips d. h., dna damage by polycyclic aromatic hydrocarbons, 1999, mutagenesis 14(6): 507-518.
- [11] stadtmann e. r., protein oxidation and aging, , science 257(5074): 1220-1224,1993.
- [12] birben e. et al., oxidative stress and antioxidant defense, wao journal: 9-10,2012
- [13] zilia health, stress oxydatif et santé des yeux s,d,2025,.consulté à13 avril 2025 a partir : <https://ziliahealth.com/fr/blog/stress-oxydatif-sante-yeux/>.
- [14] mohammed c. t., contribution à l'étude des activités antioxydants et anti microbienne des extraits de quelques plantes médicinales, 2013, abou-bakr-belkaïd telemcen.
- [15] mohammed c. t., contribution à l'étude des activités antioxydants et anti microbienne des extraits de quelques plantes médicinales, 2014, abou-bakr-belkaïd telemcen.
- [16] nutrixéal info, stress oxydant : la nutraceutique à la rescousse de nos mitochondries, consulté 2025 ,a partir : <https://nutrixéal-info.fr/stress-oxydant-la-nutraceutique-a-la-rescousse-de-nos-mitochondries/>.

- [17] mota j. c., almeida p. p. et al., far from being a simple question: the complexity between in vitro and in vivo responses from nutrients and bioactive compounds with antioxidant potential, , food chemistry 402: 134351,2023
- [18] chimactiv – agroparistech, détermination de l'activité d'un antioxydant par le test dpph° – mode opératoire,consulté 2025 a partir : <https://chimactiv.agroparistech.fr/fr/aliments/antioxydant-dpph/mode-operatoire>.
- [19] mota j. c., almeida p. p. et al., far from being a simple question: the complexity between in vitro and in vivo responses from nutrients and bioactive compounds with antioxidant potential, food chemistry 402: 134351,2023
- [20] libios, kits dosage stress oxydatif – capacité antioxydante, a partir <https://libios.fr/solutions-analytiques/stress-oxydatif-capacite-anti-oxydante/kits-dosage-stress-oxydatif-brcapacite-antioxydante/rap-capacite-anti-oxydante>.
- [21] haida z., hakimian m., a comprehensive review on the determination of enzymatic assay and non-enzymatic antioxidant activities, , food science & nutrition 7: 1555-1563,2019
- [22] ait el cadı m., makram s., ansar m. et al., activité anti-inflammatoire des extraits aqueux et éthanolique de zygophyllum gaetulum, annales pharmaceutiques françaises.2021
- [23] rahmani s., sekkoum k., cheriti a., evaluate the anti-inflammatory of the aqueous extract from leaves of limoniastrum feei (plumbaginacea), algerian journal of arid environment: 80,2016
- [24] moldoveanu b., otmishi p. et al., inflammatory mechanisms in the lung, journal of inflammation research 2: 1-11,2008.
- [25] moldoveanu b., otmishi p. et al., inflammatory mechanisms in the lung, journal of inflammation research 2: 1-11,2008
- [26] slideplayer, introduction à l'inflammation.,consulté février 2025 a partir <https://www.google.com/amp/s/slideplayer.fr/amp/8585689/>.
- [27] pharmashopi, anti-inflammatoire stéroïdien [fiche produit]
- [28] benabderrahmane k., benhafed d., benamira i., évaluation de l'activité anti-inflammatoire des extraits aqueux d'artemisia herba alba asso et d'ajuga iva l, université frères mentouri constantine,2021.
- [29] 29] LecoFér – Cours 1-29-0 [ressource pédagogique en ligne], s.d. Disponible sur : <http://www.lecofer.org/item-cours-1-29-0.php>
- [30] LecoFér – Cours 1-29-0 [ressource pédagogique en ligne], s.d. Disponible sur : <http://www.lecofer.org/item-cours-1-29-0.php>

- [31] Vidal – Paracétamol, aspirine et AINS : bonnes pratiques d'utilisation [article en ligne], s.d. Consulté en 2025, à partir de : <https://www.vidal.fr/medicaments/utilisation/bon-usage/paracetamol-aspirine-ains/>
- [32] beroual k., cours pharmacologie spéciale a3, chapitre 6 les anti-inflammatoires, isvk, université de constantine mentouri l.
- [33] lecofer – cofer, prescription et surveillance des anti-inflammatoires non stéroïdiens et corticoïdes,
- [34] guex-crosier y., anti-inflammatoires non stéroïdiens (ains) et inflammation oculaire, 2001, klin monatsbl augenheilkd 218: 305-308.
- [35] imene b., évaluation de l'activité anti-inflammatoire des extraits aqueux d'artemisia herba alba asso et d'ajuga iva l., sciences de la nature et de la vie, frères mentouri constantinel, 2021
- [36] amira a. i. c. l. r. m., évaluation de l'activité anti-inflammatoire et antioxydante des plantes paronychia argentea et urtica dioica l., biologie animale, frères mentouri constantine, 2020
- [37] sabaou b., rahal r., fouzia m., ali l., nadir n., activité antifongique d'une souche d'actinomyces d'origine saharienne sur divers champignons pathogènes et toxigènes, journal de mycologie médicale 15: 211-219, 2022
- [38] cornet c., girard m., membrane et paroi fongiques : des rôles clés dans la résistance aux antifongiques, revue francophone des laboratoires, 2020

III.1. Matériel et méthode

III.1.1. Préparation de la matière végétale :

a. Nettoyage et séchage :

Dans cette étape, la plante de myrtus a été soigneusement récoltée, puis nettoyée afin d'éliminer les impuretés et les particules de poussière. Elle a ensuite été soumise à un séchage naturel dans un endroit ombragé et bien aéré pendant une durée de 15 jours, dans le but de préserver les composés actifs et de minimiser la perte des huiles essentielles volatiles. Cette étape préparatoire est essentielle pour garantir la qualité de la matière végétale avant son utilisation dans les étapes ultérieures d'étude ou d'extraction.

b-Broyage

Après la phase de séchage, la matière végétale est soumise à une opération de broyage à l'aide d'un moulin électrique. Cette étape permet de réduire les feuilles séchées de myrtus en une poudre fine et homogène. Il est essentiel que la matière soit bien broyée afin d'augmenter la surface de contact, ce qui favorise une meilleure extraction des composés bioactifs et améliore le rendement lors des étapes d'analyse ou de transformation ultérieures. Une fois broyée, la poudre obtenue est conservée dans un sachet en carton, afin de la protéger de la lumière, de l'humidité et de l'air, éléments qui pourraient altérer la qualité des principes actifs présents dans la plante.



Figure III.1 : Plante broyée

III.2. Extraction de l'huile essentielle :

III.2.1. Protocole :

L'huile essentielle de myrtus a été extraite par hydro distillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger. Pour y parvenir, 100 grammes de poudre de feuilles de myrtus séchées ont été introduits dans une bouteille en verre de deux litres. Ensuite, nous avons ajouté de l'eau

distillée équivalente aux deux tiers du volume du flacon, soit environ 600 à 700 ml, afin de recouvrir adéquatement le matériel végétal tout en évitant le débordement lors de l'ébullition.

La pierre ponce est ajoutée pour éviter l'ébullition instantanée et assurer une augmentation constante de la température du mélange.

L'assemblage du Clevenger a ensuite été complété à l'aide d'un refroidisseur à eau pour condenser les vapeurs. Le ballon a été chauffé à l'aide d'un chauffe-ballon pendant environ trois heures. Les vapeurs d'eau et d'huile se condensent et s'accumulent dans le tube latéral de l'appareil, où l'huile essentielle la moins dense flotte au-dessus de l'eau. Cette huile est soigneusement recueillie à l'aide d'une pipette puis stockée dans un flacon propre et sec. Pour assurer la stabilité de l'huile et éliminer toute humidité, une petite quantité de sulfate de sodium anhydre peut être ajoutée avant le stockage final dans un endroit frais et sombre.



Figure III.2 : Montage clevenger



Figure III.3 : Les phases Eau et Huile



Figure III.4 : Huile essentielle récupéré

III.3. Rendement des extractions :

Le rendement d'extraction est un indicateur important en chimie qui permet d'évaluer l'efficacité d'une méthode pour isoler une substance à partir d'une matière première, notamment végétale. Il correspond au pourcentage de l'extrait obtenu par rapport à la masse initiale de la matière utilisée. Par exemple, si l'on utilise 100 g de plante, le rendement permet de savoir quelle quantité réelle de composé a été extraite. Un rendement élevé reflète une méthode efficace, tandis qu'un rendement faible peut indiquer des pertes ou un procédé mal adapté. Ce paramètre est essentiel pour comparer différentes techniques ou solvants d'extraction et optimiser les conditions expérimentales.

Formule :

Rendement (%) = (masse d'huile extraite (ml) / masse de matière végétale sèche utilisée (g) × 100.

III.4. Evaluation des activités biologiques :

III.4.1. Evaluation de l'activité antioxydante :

III.4.1.1 : Par le test de bita carotène :

Protocole :**1- Préparation solution réactif**

- Pour préparer l'émulsion β -carotène/acide linoléique, dissoudre 0.2 mg de β -carotène dans 1 mL de chloroforme dans un erlenmeyer.
- Ajouter ensuite 20 μ L d'acide linoléique ainsi que 200 mg de Tween 40. Mélanger soigneusement à l'aide d'un agitateur magnétique pendant quelques minutes.
- Une fois le mélange homogène, évaporer le chloroforme à 50 °C jusqu'à obtention d'un résidu huileux orangé.
- Ce résidu est ensuite émulsionné en ajoutant lentement 50 mL d'eau distillée oxygénée (préalablement agitée à l'air libre) sous agitation continue, afin d'obtenir une émulsion stable et homogène. [1]

2- Préparation des échantillons

- Distribuer 5 mL de l'émulsion préparée dans plusieurs tubes à essai ou cuvettes.
- Ajouter ensuite différents volumes de l'extrait à tester, allant de 10 μ L jusqu'à 140 μ L, afin d'évaluer l'effet dose-dépendant.
- Les tubes sont ensuite incubés dans un bain-marie à 50 °C pendant 2 heures.
- À la fin de l'incubation, l'absorbance est mesurée à 470 nm pour évaluer l'activité antioxydant des extraits testé.

III.4.1.2 : Par test DPPH :

Protocole :

- L'évaluation de l'activité antioxydant de l'huile essentielle de Myrtus communis est réalisée selon le test DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle).
- Une solution de DPPH a été préparée en dissolvant 3 mg de DPPH dans 100 mL d'éthanol pur, puis conservée à l'abri de la lumière.
- Une solution mère de l'huile essentielle est préparée en dissolvant l'huile dans l'éthanol à un volume total de 50 μ L.
- À partir de cette solution mère, des volumes (10, 20, 40, 60, 80 et 100 μ L) ont été prélevés pour préparer les différentes solutions d'essai.
- Chaque volume d'extrait est placé dans un tube à essai, puis complété avec 1 mL de la solution de DPPH.
- Après un temps d'incubation de 20 minutes à l'obscurité et à température ambiante, l'absorbance a été mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.[2]

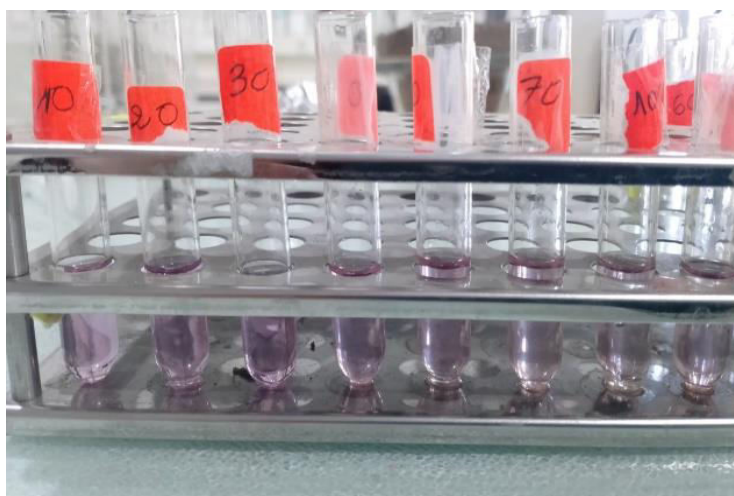


Figure III.5: Solutions filles

III.4.2 :Evaluation l'activité anti inflammatoire in vitro par la méthode dénaturation des BSA :

Protocole :

1. Préparation des réactifs:

- Solution de BSA (0.2%): Dissoudre 20 mg de sérum albumine bovine (BSA) dans 100 mL de solution tampon phosphate (PBS, pH 6,4).
- Solution témoin positif : Utiliser du Diaclofenac sodique (1 mg/mL) comme référence.
- Solution mère : 25 μ l d'HE + 975 μ l d'éthanol.
- Échantillons test : Préparer des solutions à différentes concentration 10, 20,50 ,100 et 150 μ L de solution mère après complété avec éthanol jusqu'à 1000 ml.

2. Mélange réactionnel :

Dans des tubes à essai, ajouté :

- Groupe test : 1 ml de BSA (1%) + 1 ml d'échantillon à différentes concentrations.
- Témoin positif : 1 ml de BSA + 1 ml de Diaclofenac (100 μ g/ml).
- Témoin négatif : 1 ml de BSA + 1 ml de PBS. Homogénéiser doucement.

Le mélange chauffé à 37°C pendant 15 minutes puis à 70 °C pendant 5 minutes pour induire la dénaturation protéique.

Après refroidissement, la turbidité est mesurée par spectrophotométrie à 660 nm. [3]



Figure III.6 : Solutions filles de région de Djelfa

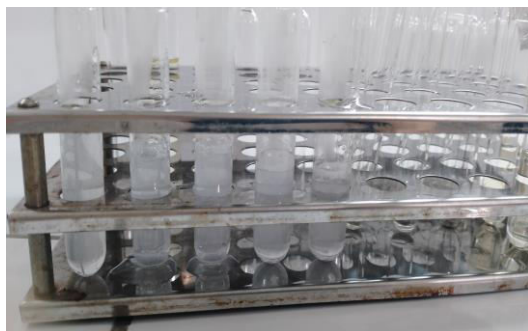


Figure III.7 : Solutions filles de région de Djelfa



Figure III.8: Solutions filles de région de Tipaza

III.5. Résultats et discussions

III.5.1. Rendement d'extraction :

Les résultats de l'analyse du rendement en huile essentielle dans trois régions différentes d'Algérie – Djelfa, Blida et Tipaza – ont révélé une variation significative des pourcentages. Djelfa a enregistré le rendement le plus élevé avec 0,71 %, suivie de Blida avec 0,4 %, tandis que Tipaza a présenté le rendement le plus faible avec seulement 0,31 %. Le rendement est calculé comme suivant :

$$\text{Rendement (\%)} = (\text{volume d'huile extraite (ml)} / \text{masse de matière végétale sèche utilisée (g)}) \times 100$$

Ce rendement représente la quantité d'huile obtenue à partir d'une masse donnée de plantes séchées.

Cette variation de rendement s'explique par plusieurs facteurs, notamment les conditions environnementales telles que la nature du sol, le climat et le taux d'humidité, ainsi que des facteurs physiologiques et génétiques liés à la plante elle-même.

Par exemple, la région de Djelfa, caractérisée par un climat semi-aride et relativement froid, avec un sol pauvre mais favorable à l'accumulation des huiles volatiles, offre des conditions propices à un rendement élevé. En revanche, Blida et Tipaza, étant des régions côtières, connaissent une humidité plus élevée et des températures modérées, ce qui peut freiner l'accumulation des huiles essentielles dans les plantes, entraînant ainsi un rendement plus faible. De plus, le stade de développement de la plante, ainsi que les conditions de récolte et de séchage, peuvent également influencer la quantité d'huile extraite.

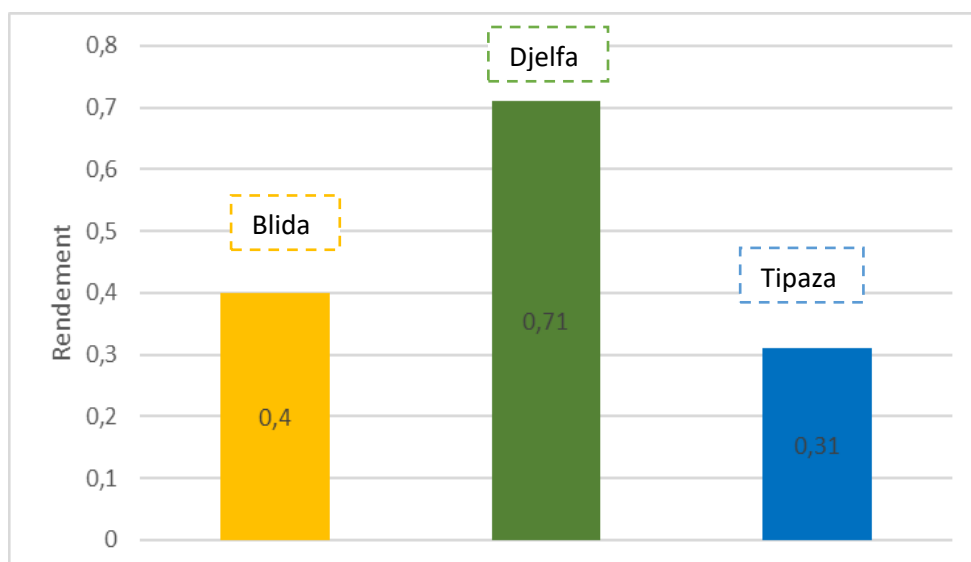


Figure III.9 : Le rendement de l'extraction obtenue pour les trois régions

III.5.2. Résultat d'activité antioxydant :

III.5.2.1 Par test DPPH :

À chaque solution fille (1000 μ L), ajouter 1000 μ L de la solution DPPH préparé
Homogénéiser doucement.

Incuber les mélanges à l'abri de la lumière pendant 30 minutes à température ambiante.

Mesurer l'absorbance à 517 nm l'aide d'un spectrophotomètre.

1- Pour l'huile essentielle de l'extrait de la plante (région Djelfa)

On mesure la concentration de solution mère :

$$\bullet m = V \times \rho$$

$$m = 0,050 \text{ mL} \times 0,83 \text{ g/mL} = 0,0415 \text{ g}$$

$$m = 41.5 \text{ mg}$$

$$\bullet C_{\text{mère}} = m / V_{\text{tot}}$$

$$C_{\text{mère}} = 41,5 \text{ mg} / 1 \text{ mL} = 41.5 \text{ mg/mL}$$

On mesure les concentrations des solutions filles :

$$C_{\text{fille}} = (C_{\text{mère}} \times V_{\text{final}}) / V_{\text{prélevé}}$$

Exemples :

Pour $V_{\text{prélevé}} = 10 \mu\text{L}$

$$C_{\text{fille}} = 10 / (1000 \times 41,5)$$

$$C_{\text{fille}} = 0,415 \text{ mg/mL}$$

Tableau III.1 : résultat des absorbances et pourcentages d'inhibition et concentrations d'huile essentielle de région Djelfa

volume	Abs	I	Concentration (mg/ml)
10	0.381	36.5	0.415
20	0.374	37.6	0.83
30	0.353	41.16	1.245
40	0.257	57.16	1.66
50	0.219	63.5	2.075
70	0.192	68	2.905
90	0.152	74.66	3.32
100	0.138	77	4.15
Absorbance	0.600	100	

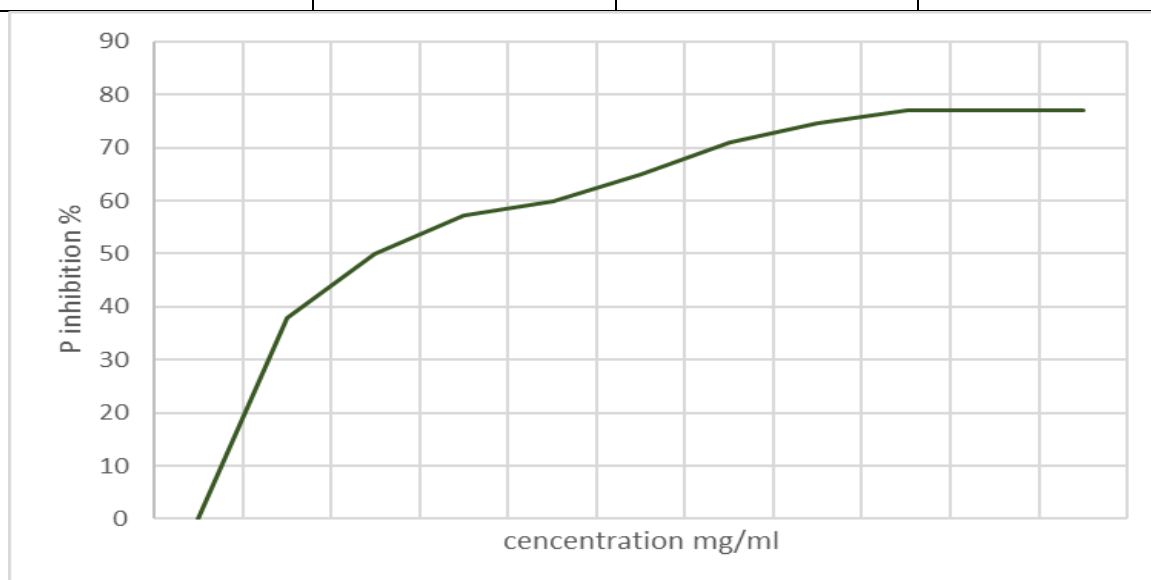


Figure III.10 : Variation du pourcentage d'activité antioxydant d'HE de région Djelfa en fonction de concentration.

La courbe obtenue ainsi que les données du tableau montrent une relation proportionnelle claire entre la concentration de l'extrait végétal (C) et le pourcentage d'inhibition biologique (I).

En effet, l'inhibition augmente progressivement de 36,5 % à une concentration de 0,415 mg/mL jusqu'à atteindre 77 % à 4,15 mg/mL. La valeur de l'IC₅₀ a été estimée à environ 1,54 mg/mL, ce qui reflète une bonne efficacité de l'extrait, puisque ce faible niveau de concentration est suffisant pour inhiber 50 % de les radicaux libre dans le DPPH. Cette performance peut être attribuée à une richesse en composés bioactifs dans l'extrait, probablement liée à la qualité de la matière végétale utilisée, à la méthode d'extraction

appliquée, ou encore aux conditions environnementales de croissance de la plante (comme le type de sol, le climat ou l'humidité)

2- Pour huile essentielle extraite de la plante (région Blida) :

On mesure la concentration de solution mère :

- $m = V \times \rho$

$$m = 0,050 \text{ mL} \times 0,81 \text{ g/mL} = 0,0405 \text{ g}$$

$$m = 40.5 \text{ mg.}$$

- $C_{\text{mère}} = m / V_{\text{tot}}$

$$C_{\text{mère}} = 40,5 \text{ mg/1ml}$$

$$C_{\text{mère}} = 40.5 \text{ mg/mL}$$

On mesure les concentrations des solutions filles :

$$C_{\text{fille}} = (C_{\text{mère}} \times V_{\text{final}}) / V_{\text{prélevé}}$$

Exemples :

Pour $V_{\text{prélevé}} = 10 \text{ } \mu\text{L}$

$$C_{\text{fille}} = 10 / (1000 \times 40,5)$$

$$C_{\text{fille}} = 0,405 \text{ mg/mL.}$$

Tableau III.2 : Résultat des absorbances et pourcentages d'inhibition et concentrations d'huile essentielle de région Blida

Volume	Abs	I	Concentration(mg/ml)
10	0.563	27.82	0.405
20	0.530	32.05	0.83
30	0.505	35.25	1.215
40	0.489	38.8	1.62
50	0.471	39.6	2.025
60	0.422	45.89	2.43
70	0.390	48.9	2.835
80	0.362	51.53	3.240
100	0.341	56.2	4.05
blanc	0.780		

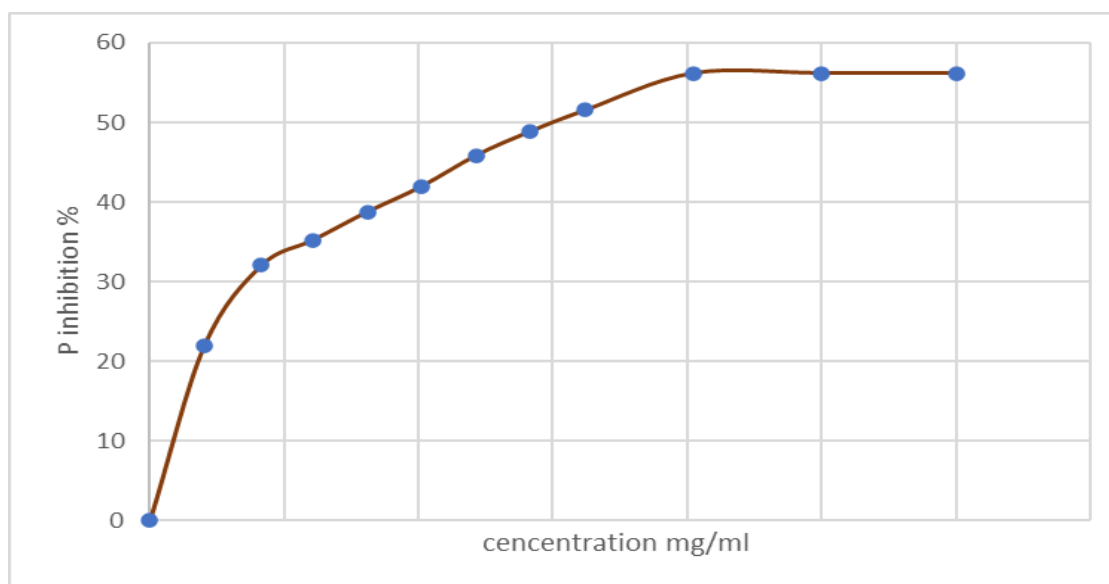


Figure III.11 : variation du pourcentage d'activité antioxydante d'HE de région Blida fonction de concentration

Les résultats de l'expérience menée avec l'extrait de la plante Myrte provenant de la région de Blida ont montré une augmentation progressive de l'inhibition biologique (I) en fonction de la concentration de l'extrait (C), passant de 27,82 % à une concentration de 0,405 mg/mL jusqu'à 60,8 % à 4,05 mg/mL.

La courbe indique une relation proportionnelle stable entre la concentration et l'inhibition. La valeur de l'IC₅₀ obtenue égale à 3,00 mg/mL, qui correspond à une concentration moyenne nécessaire pour atteindre 50 % d'inhibition. Cela indique que l'efficacité de l'extrait dans cette région est modérée, ce qui pourrait être attribué à un faible taux de composés bioactifs dans la plante, ou à l'influence de facteurs environnementaux locaux tels que la nature du sol, la température ou l'humidité qui peuvent limiter la biosynthèse des substances actives.

3- Pour huile essentielle extraite par la plante (région Tipaza)

Détermination de la concentration de solution mère :

$$m = V \times \rho$$

$$m = 0,050 \text{ mL} \times 0,88 \text{ g/mL} = 0,044 \text{ g}$$

$$m = 44 \text{ mg}$$

$$C_{\text{mère}} = m / V_{\text{tot}}$$

$$C_{\text{mère}} = 44 \text{ mg/mL}$$

$$C_{\text{mère}} = 44 \text{ mg/mL}$$

Les concentrations des solutions filles :

$$C_{\text{fille}} = (C_{\text{mère}} \times V_{\text{final}}) / V_{\text{prélevé}}$$

Exemples :

Pour $V_{\text{prélevé}} = 10 \mu\text{L}$

$$C_{\text{fille}} = 10 / (1000 \times 44)$$

$$C_{\text{fille}} = 0,44 \text{ mg/ml}$$

Tableau III.3 : Résultat des absorbances et pourcentages d'inhibition et concentrations d'huile essentielle de région Tipaza

volume	Abs	I	Concentration
10	0.563	29.2	0.44
20	0.530	31.02	0.88
30	0.505	37.69	1.32
40	0.489	42.17	1.76
50	0.471	38.07	2.2
60	0.422	52.3	2.64
70	0.390	56.1	3.08
80	0.362	57.7	3.52
100	0.341	56.86	4.4
blanc	0.780		

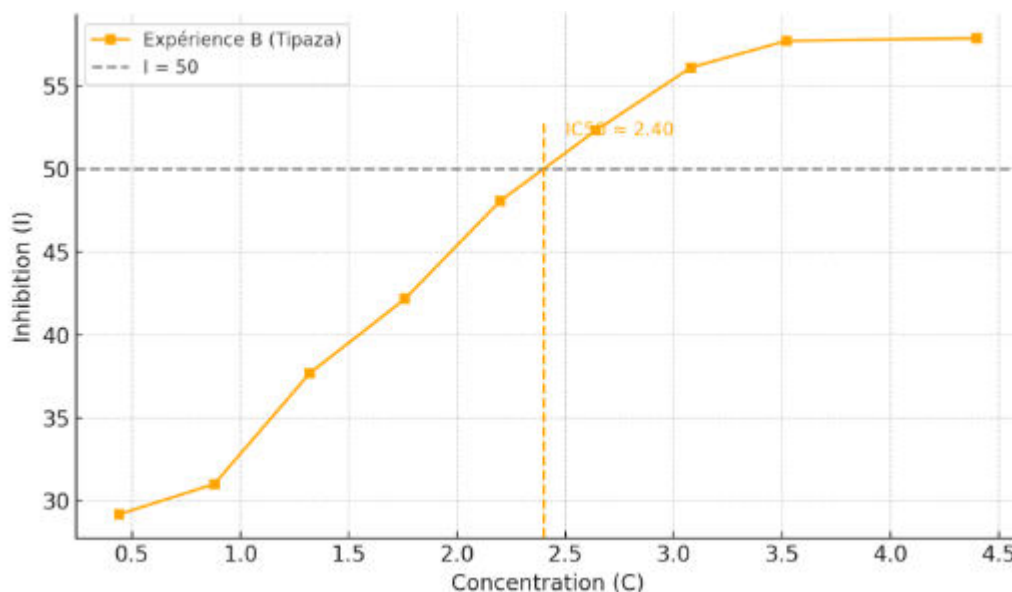


Figure III.12 : Variation du pourcentage d'activité antioxydant d'HE de région Tipaza en fonction de concentration

L'extrait de Myrte provenant de la région de Tipaza a montré une efficacité nettement supérieure par rapport à celui de Blida. Le pourcentage d'inhibition est passé de 29,2 % qui correspond à la concentration de 0,44 mg/mL jusqu'à 57,86 % qui correspond à la concentration de 4,4 mg/mL. La courbe présente une pente plus marquée, en particulier aux

faibles concentrations, ce qui traduit une forte réponse biologique dès les premières doses. La valeur de l'IC₅₀ a été déterminée à environ 2,40 mg/mL, inférieure à celle de Blida, indiquant une meilleure efficacité de l'extrait. Cette différence peut s'expliquer par des conditions environnementales plus favorables dans la région de Tipaza, comme un sol plus riche, une humidité plus stable et un climat méditerranéen qui favorisent l'accumulation de composés actifs dans la plante, renforçant ainsi son pouvoir inhibiteur

4- Résultats pour l'acide ascorbique :

Le tableau III.4 donne les résultats obtenus de % d'inhibition et de concentration de l'acide ascorbique qui correspond au test de l'activité antioxydante pour le test de DPPH.

Tableau III.4 : Résultat de pourcentages d'inhibition et concentrations d'acide ascorbique

volume	concentration	I%
0	0	0
5	0.0005	16
10	0.001	34
40	0.004	93
50	0.005	94
60	0.006	95
80	0.008	95
100	0.01	95
200	0.02	95
300	0.03	95
400	0.04	95

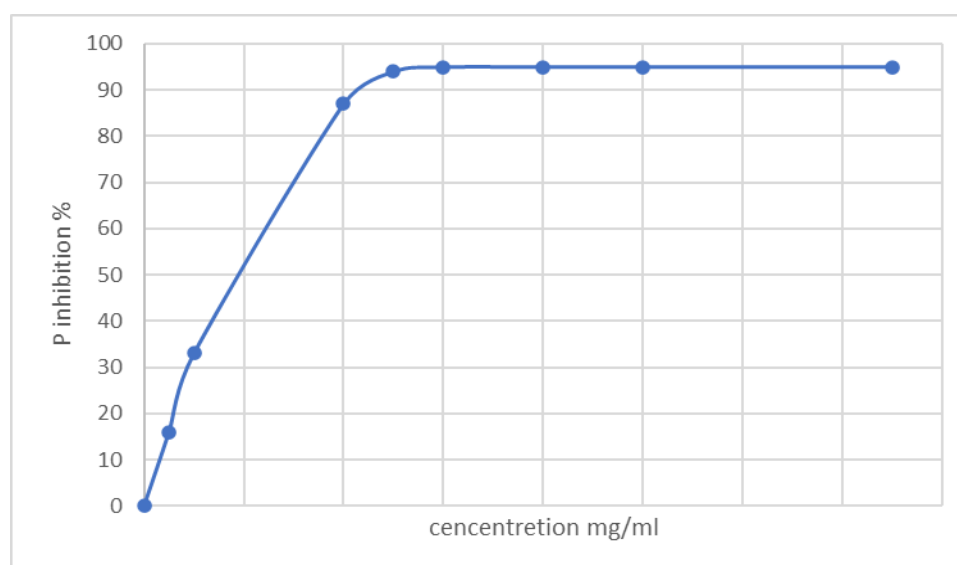


Figure III.13: Variation du pourcentage de l'activité antioxydante de l'acide ascorbique en fonction de concentration

Tableaux III.5 : Résultats de l'IC₅₀ pour les HE extraite par les trois régions

Zone	Djelfa	Blida	Tipaza
IC 50 (mg/ml)	2.49	7.08	4.03

III.5.2.2. Par test beta carotène :

Les résultats révèlent des différences significatives dans l'activité antioxydant des huiles essentielles issues de trois régions algériennes, évaluée par le test au β -carotène. L'huile essentielle de Djelfa présente l'activité la plus élevée avec une IC₅₀ de 2,49 mg/ml, démontrant une meilleure capacité à neutraliser les radicaux libres comparativement à celles de Tipaza (IC₅₀ = 4,03 mg/ml) et Blida (IC₅₀ = 7,08 mg/ml). Cette variation d'efficacité pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment les conditions pédoclimatiques spécifiques à chaque région, comme l'ensoleillement, l'altitude ou la composition du sol, qui influencent la biosynthèse des composés actifs. La région semi-aride de Djelfa, par exemple, pourrait induire un stress oxydatif chez la plante, stimulant ainsi la production de métabolites secondaires antioxydants. Ces résultats mettent en évidence l'importance de l'origine géographique dans la qualité des huiles essentielles et suggèrent que l'huile de Djelfa pourrait être particulièrement intéressante pour des applications cosmétiques ou alimentaires en raison de sa forte activité antioxydant.

Comparaison entre test DPPH et bita carotène Le tableau ci-dessous donne une étude comparative entre le test de DPPH et le test de bita carotène.

Tableau III.6 : différence entre test bita carotène et DPPH

Critère	Méthode DPPH	Méthode Bêta-carotène/Acide linoléique
Principe	Réduction du radical libre stable DPPH• par un antioxydant	Oxydation du bêta-carotène par des radicaux peroxydes générés à partir de l'acide linoléique
Type de solution	Solution alcoolique (méthanol ou éthanol)	Émulsion aqueuse contenant bêta-carotène, acide linoléique, et un émulsifiant (ex. Tween 40 ou 80)
Ingrédients principaux	DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle), antioxydant, solvant (éthanol/méthanol)	Bêta-carotène, acide linoléique, antioxydant, Tween, eau oxygénée
Couleur initiale de la solution	Violet foncé	Orange (due au bêta-carotène)
Réaction secondaire	Réduction du DPPH• → DPPH-H (forme non radicalaire)	Oxydation du bêta-carotène → décoloration progressive
Mesure de l'activité antioxydante	Diminution de l'absorbance à 517 nm	Protection du bêta-carotène contre l'oxydation (lecture à 470 nm)
Durée de la réaction	Rapide : quelques minutes (15-30 min)	Plus longue : 1 à 2 heures à 50 °C
Conditions expérimentales	Température ambiante, dans l'obscurité	Température élevée (env. 50 °C), sous agitation
Résultat attendu	Plus la décoloration est forte, plus l'activité antioxydant est élevée (valeur IC ₅₀)	Moins la décoloration est rapide, plus l'antioxydant est efficace
Avantages	Simple, rapide, reproductible	Plus proche des conditions biologiques (système lipidique)
Inconvénients	Ne simule pas un système biologique, sensible à la lumière	Technique plus complexe, instabilité de l'émulsion
Utilisation	Évaluation rapide de l'activité antioxydant globale	Étude de l'effet protecteur dans un système lipidique

III.5.3. Résultat d'activité anti-inflammatoire :

Cette étude vise à évaluer l'activité anti-inflammatoire des huiles essentielles de myrtus comminus issues de trois régions d'Algérie : Tipaza, Blida et Djelfa.

L'objectif principal est de comparer l'efficacité de ces huiles en recourant à des tests spécifiques, notamment en les confrontant à une solution de référence : le diclofénac.

L'activité anti-inflammatoire a été évaluée à l'aide du test BSA (albumine sérique bovine). Lors de ce test, un changement d'aspect une modification de la couleur blanche trouble des solutions a été observée, indiquant une réaction positive. Les huiles essentielles ont été testées à différentes concentrations, entraînant un gradient de coloration blanche, reflet de leur efficacité relative.

Les résultats ont été comparés à ceux obtenus avec la solution de diclofénac. Il ressort que les huiles essentielles de myrtus comminus des trois régions présentent une activité anti-inflammatoire comparable à celle du diclofénac, bien que des variations aient été constatées selon la concentration utilisée.

L'huile essentielle de Djelfa représente une bonne activité anti-inflammatoire, comparativement à celle de Tipaza et Blida.

Références bibliographiques

- [1] M.Luisa ,Maria Eduarda,Antioxydante capacity and phenolic contents of some Mediterranean medicinal plant and their potential role in the inhibition of cyclooxygenase,université of lisbon,c8 ,1749-016,2014
- [2] Mesbah Abdelhak et Younes Abderrezak, Étude et évaluation de l'activité antioxydante de l'huile essentielle de Myrtus communis des deux régions (Blida et Bejaia) , Mémoire de master, Université Saad Dahleb Blida 1, 2020
- [3] Hamani chahrazed, Evaluation des activités biologiques des huiles essentielles extraites d'une plante locale de différentes zones, Mémoire de master, Université Saad Dahleb Blida 1. 2024.

Notre étude s'inscrit dans cette dynamique contemporaine. Elle vise à explorer le potentiel thérapeutique et biologique de l'huile essentielle de myrte, extraite de plantes récoltées dans différentes régions d'Algérie.

Ce travail prend en considération les avancées scientifiques récentes, les normes strictes imposées dans les formulations pharmaceutiques modernes, ainsi que la demande croissante des consommateurs pour des produits naturels, efficaces et durables.

L'objectif principal de cette recherche est de valoriser les ressources végétales locales en développant une crème thérapeutique à effet anti-inflammatoire, en misant sur les propriétés médicinales de l'huile essentielle de *Myrtus communis*, et ainsi proposer une alternative naturelle crédible aux produits de synthèse couramment utilisés.

Les résultats expérimentaux ont montré que le rendement en huile essentielle varie selon la provenance géographique de la plante.

Cette variabilité peut s'expliquer par des facteurs environnementaux tels que le climat, la nature du sol, l'altitude, et les conditions de croissance.

Ainsi, la région de Djelfa se distingue par le rendement le plus élevé, atteignant 0,71 %, suivie de Blida avec 0,4 %, tandis que Tipaza présente le rendement le plus faible, avec 0,31 %.

Ces disparités soulignent l'importance de sélectionner les zones de culture optimales dans une éventuelle stratégie de production à grande échelle.

L'extraction des huiles essentielles a été réalisée par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger, méthode classique et efficace pour isoler les composés volatils des plantes. Pour évaluer l'activité antioxydante de ces extraits, deux tests complémentaires ont été utilisés : le test DPPH et le test au bêta-carotène.

Les résultats ont montré que l'échantillon de Djelfa possède l'activité antioxydante la plus élevée, comparé à ceux de Blida et Tipaza, confirmant ainsi l'effet du terroir sur la qualité biochimique des extraits.

L'analyse comparative des valeurs d'IC₅₀ qui représentent la concentration nécessaire pour inhiber 50 % des radicaux libres a permis de constater que l'activité antioxydante de l'huile essentielle de *Myrtus communis* reste inférieure à celle de l'acide ascorbique (vitamine C), utilisé ici comme standard de référence.

Malgré cela, les résultats demeurent prometteurs et montrent que ces huiles possèdent une capacité antioxydante significative, ouvrant des perspectives d'utilisation dans diverses applications, notamment en tant qu'agent conservateur ou additif naturel.

Les tests DPPH et bêta-carotène sont deux méthodes de référence pour évaluer le pouvoir antioxydant.

Le test DPPH repose sur la capacité des molécules à neutraliser un radical libre stable, entraînant une décoloration mesurée à 517 nm.

Ce test est apprécié pour sa rapidité, sa simplicité d'exécution et son efficacité pour des évaluations préliminaires.

Quant au test au bêta-carotène, il s'appuie sur la protection contre l'oxydation lipidique, en suivant la dégradation du pigment à 470 nm.

Il est plus représentatif des conditions physiologiques, notamment dans un contexte alimentaire.

En combinant ces deux tests, on obtient une évaluation complète et complémentaire de l'activité antioxydante des échantillons.

L'ensemble des résultats de cette étude met en lumière les multiples bénéfices des huiles essentielles de *Myrtus communis*.

Elles se distinguent par leur fort pouvoir antioxydant et leur potentiel d'intégration dans les secteurs pharmaceutique et agroalimentaire.

Ces propriétés valorisent l'utilisation de ces huiles dans la formulation de produits naturels à visée préventive ou thérapeutique, tels que crèmes, lotions, compléments alimentaires, ou même conservateurs naturels.

La richesse de ces extraits en composés bioactifs en fait une alternative sérieuse aux substances chimiques, à condition de poursuivre les recherches pour en optimiser l'usage, assurer leur stabilité, et garantir leur innocuité.

Dans l'avenir, il serait pertinent de poursuivre ce travail pour :

- Formuler une crème thérapeutique sous la base des huiles essentielles extraites
- Améliorer les activités en utilisant des techniques avancées
- Étudier l'évaluation des activités biologiques des mélanges d'huiles
- Utiliser d'autres techniques de récupération des huiles essentielles.