REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DES SCIENSE

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MATIERE

Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de Master

En Chimie Pharmaceutique

Par :

Boudjemaa fella Tadjrouni Nihad

Théme :

Analyse phytochimiques et évaluations des activitées biologiques d'extraits de Mentha suaveolens

Soutenue publiquement le :23/ 06/2026 devant le jury composé de :

Dr.Ahmadi Afaf	Grade :MCA	U.MEDEA	Présidente
Pr.Kairouani Abderrezzak	Grade :MCA	U.MEDEA	Examinateure
Dr.Kirdi Rachida	Grade :MCA	U.MEDEA	Encadreure

Année universitaire 2025/ 2026

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu, notre Créateur, de nous avoir donné la force, la volonté et le courage nécessaires pour accomplir ce modeste travail.

Nos sincères remerciements s'adressent tout particulièrement à notre promotrice, Mme Dr.**Kirdi Rachida**, pour sa disponibilité, sa gentillesse, ses précieux conseils, son aide, ses orientations durant la rédaction de ce mémoire, ainsi que pour la confiance qu'elle nous a accordée tout au long de cette étude.

Nous tenons également à remercier l'ensemble du corps professoral et administratif du Département des Sciences de la Matière pour la richesse et la qualité de leur enseignement, ainsi que pour les grands efforts déployés afin d'assurer aux étudiants une formation de qualité et actualisée.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury, Pr .**kirouani Abderezzak** et Dr.**Ahamdi Afaf** qui ont bien voulu examiner et évaluer ce modeste travail.

Nous remercions également les ingénieurs du laboratoire des plantes médicinales et des sciences biologiques **de Médéa**, pour leur précieuse contribution et leur soutien qui nous ont permis de mener à bien ce travail.

Enfin, nous exprimons notre profonde gratitude à nos familles respectives pour leur soutien, leurs encouragements et leur confiance tout au long de

notre parcours.

Nous remercions également toutes les personnes qui nous ont aidées, de près ou de loin, à réaliser ce modeste travail. **MERCI**

Dédicace

Je dédie ce modeste travail, avant tout, à moi-même, pour ma persévérance, ma patience et les efforts consentis tout au long de ce parcours. Je me remercie de n'avoir jamais abandonné malgré les difficultés rencontrées.

À ma chère mère, pour son amour inconditionnel, ses sacrifices, ses encouragements et ses prières qui ont toujours illuminé mon chemin.

À ma binôme Fella qui fut pour moi une véritable sœur, présente à mes côtés et d'un grand secours tout au long de ce chemin.

À mes frères et à ma sœur Feryal, pour leur soutien, leur affection et leur présence à mes côtés durant toutes ces années.

À mon fiancé et ami Abdelhak, pour sa confiance, son soutien moral et sa présence constante dans les moments les plus difficiles comme dans les plus heureux.

À Azzedine, l'époux de ma tante, qui m'a aidée à surmonter les obstacles et les difficultés du chemin. Je lui exprime ma profonde gratitude pour son son aide précieuse et son soutien.

À tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Je vous adresse à tous mes plus sincères remerciements et ma profonde reconnaissance.

Avec toute mon affection et ma gratitude

Nihad ❤️

Dédicace

Au nom d’Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux.

À Allah, qui m’a guidée, protégée et accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour surmonter les difficultés et atteindre ce jour tant attendu.

À mon très cher père, mon premier soutien, mon exemple de courage et de persévérance. Aucun mot ne pourra exprimer ma gratitude pour tous les sacrifices que tu as consentis afin de me voir réussir. Que Dieu te protège et te garde auprès de nous.

À ma très chère mère, mon refuge, ma source de tendresse et d’amour. Merci pour tes prières qui m’ont accompagnée à chaque étape de ma vie, pour ton soutien inconditionnel et pour tout l’amour que tu m’as donné. Que Dieu te récompense pour tout ce que tu as fait pour moi.

À mon cher frère Abdessalem, pour sa présence, ses encouragements et son affection.

À mes chères sœurs Youssra et dhikra, qui ont toujours été à mes côtés dans les moments de joie comme dans les moments difficiles. Merci pour votre amour et votre soutien.

À ma binôme Nihad, avec qui j’ai partagé cette

aventure académique, les efforts, les défis, les inquiétudes et les réussites. Merci pour ta patience, ta coopération et tous les moments partagés.

À toute ma famille, qui a toujours cru en moi et m'a encouragée à avancer malgré les obstacles.

À tous mes amis, enseignants et à toutes les personnes qui m'ont tendu la main, soutenue et encouragée tout au long de mon parcours universitaire.

Je vous dédie ce travail avec tout mon amour, mon respect et mon immense gratitude.

Fella❤️

ملخص

تندرج هذه الدراسة ضمن مجال الكيمياء النباتية وتهدف إلى تحليل التركيب الكيميائي وتقييم الأنشطة البيولوجية لمستخلصات نباتبهدف تثمين المركبات الثانوية للنبات وإبراز إمكاناته العلاجية *Mentha suaveolens*.

تم إجراء عملية الاستخلاص بالموجات فوق الصوتية باستعمال ثلاثة مذيبات مختلفة القطبية وهي الإ يثانول والميثانول والأسيتون. أظهرت النتائج اختلاف مردود الاستخلاص حسب نوع المذيب، حيث سجل الإيثانول أعلى مردود استخلاص (5.69٪)، يليه الميثانول (4.61٪)، ثم الأسيتون (3.27٪ .(كما أكدت نتائج تحليل FTIR وجود مركبات فينولية وفلافونويدات ومستقلبات ثانوية مؤكسجة من خلال الكشف عن المجموعات الوظيفية المميزة لها، مع إبراز تأثير نوع المذيب على كفاءة الاستخلاص .أظهرت التحاليل الكيميائية النباتية وجود مركبات حيوية فعالة أهمها متعددات الفينول والفلافونويدات، حيث سجل المستخلص الأسيتوني أعلى محتوى من متعددات الفينول الكلية (31.94 ± 0.44 mg EAG/g MS)، بينما سجل المستخلص الميثانولي أعلى محتوى من الفلافونويدات (14.42 ± ..(0.42. mg EQ/g MS كما أظهرت نتائج التقييم البيولوجي نشاطًا مضادًا للأكسدة ومضادًا للسكري بدرجات متفاوتة. وقد سجل المستخلص الأسيتوني أفضل نشاط مضاد للأكسدة بقيمة IC50 بلغت 0.675 ± 0.0065 mg/mL، كما أظهر أفضل نشاط مضاد للسكري من خلال تثبيط إنزيم α-amylase بقيمة IC50 بلغت 2.24 mg/mL مقارنة بباقي المستخلصات.

أظهرت نتائج تقييم النشاط المضاد للالتهاب باستخدام اختباري تثبيت غشاء كريات الدم الحمراء في الوسط منخفض التوتر والإذابة الدموية المستحثة بالحرارة أن المستخلص الميثانولي سجل أفضل نشاط في حماية الغشاء في الوسط منخفض التوتر، بينما سجل المستخلص الأسيتوني أعلى نشاط ضد الإذابة الدموية المستحثة بالحرارة.

وفي الختام تؤكد هذه الدراسة أن نبات *Mentha suaveolens* يمثل مصدرًا طبيعيًا واعدًا للمركبات الحيوية القابلة للاستغلال في المجالات الصيدلانية والعلاجية والتجميلية.

الكلمات المفتاحية: النباتات الطبية، الاستخلاص، متعددات الفينول، الفلافونويدات، النشاط المضاد للأ كسدة، النشاط المضاد للسكري، النشاط المضاد للالتهاب.

RÉSUMÉ

Ce travail s'inscrit dans le domaine de la phytochimie et a pour objectif l'analyse de la composition chimique ainsi que l'évaluation des activités biologiques des extraits de *Mentha suaveolens*. Cette étude vise à valoriser les métabolites secondaires de cette plante médicinale et à explorer son potentiel thérapeutique.

L'extraction a été réalisée par ultrasons à l'aide de trois solvants de polarité différente : l'éthanol, le méthanol et l'acétone. Les résultats ont montré que le rendement d'extraction varie selon le solvant utilisé. L'extrait éthanolique a présenté le rendement le plus élevé (5,69 %), suivi de l'extrait méthanolique (4,61 %) puis de l'extrait acétonique (3,27 %).L'analyse FTIR a confirmé la présence de composés phénoliques, flavonoïdes et autres métabolites secondaires oxygénés à travers l'identification des groupements fonctionnels caractéristiques, tout en mettant en évidence l'influence du solvant sur l'efficacité d'extraction.L'analyse phytochimique a révélé la présence de composés bioactifs importants, notamment les polyphénols et les flavonoïdes. L'extrait acétonique a montré la teneur la plus élevée en polyphénols totaux (31,94 ± 0,44 mg EAG/g MS), tandis que l'extrait méthanolique a présenté la plus forte concentration en flavonoïdes (14,42 ± 0,42 mg EQ/g MS).

L'évaluation des activités biologiques a démontré un potentiel biologique intéressant des extraits. L'activité antioxydante évaluée par le test DPPH a révélé que l'extrait acétonique possède la meilleure activité avec une valeur IC50 de 0,675 ± 0,0065 mg/mL, comparativement aux extraits éthanolique (1,483 ± 0,0285 mg/mL) et méthanolique (1,672 ± 0,057 mg/mL). Concernant l'activité antidiabétique par inhibition de l'α-amylase, l'extrait acétonique a également présenté la meilleure activité (IC50 = 2,24 mg/mL), suivi du méthanol (2,47 mg/mL) puis de l'éthanol (4,16 mg/mL).

L'activité anti-inflammatoire évaluée par les tests de stabilisation membranaire en milieu hypotonique et d'hémolyse induite par la chaleur a montré que l'extrait méthanolique présentait la meilleure activité de protection membranaire en milieu hypotonique, tandis que l'extrait acétonique a présenté l'activité la plus élevée contre l'hémolyse induite par la chaleur. En conclusion, cette étude confirme que

Mentha suaveolens constitue une source prometteuse de molécules bioactives pouvant être exploitées dans les domaines pharmaceutique, thérapeutique et cosmétique.
Mots-clés : *Mentha suaveolens*, Plantes médicinales, Extraction, Polyphénols, Flavonoïdes, Activité antioxydante, Activité antidiabétique, Activité anti-inflammatoire.

ABSTRACT

This study was carried out in the field of phytochemistry and aimed to analyze the chemical composition and evaluate the biological activities of *Mentha suaveolens* extracts. The objective was to highlight the therapeutic value of the plant and its secondary metabolites.

Extraction was performed using ultrasound-assisted extraction with three solvents of different polarities: ethanol, methanol and acetone. Extraction yield varied depending on the solvent, with ethanol showing the highest extraction yield (5.69%), followed by methanol (4.61%) and acetone (3.27%). FTIR analysis confirmed the presence of phenolic compounds, flavonoids and other oxygenated secondary metabolites through the identification of characteristic functional groups, and highlighted the influence of solvent polarity on extraction efficiency. Phytochemical analysis revealed the presence of important bioactive compounds, mainly polyphenols and flavonoids. The acetonic extract exhibited the highest total polyphenol content (31.94 ± 0.44 mg GAE/g DW), while the methanolic extract showed the highest flavonoid content (14.42 ± 0.42 mg QE/g DW). Biological evaluation demonstrated promising activities. Antioxidant activity assessed by the DPPH assay showed that the acetonic extract had the strongest antioxidant potential with an IC50 value of 0.675 ± 0.0065 mg/mL compared to ethanol (1.483 ± 0.0285 mg/mL) and methanol (1.672 ± 0.057 mg/mL). Antidiabetic activity evaluated through α-amylase inhibition also showed the highest effect for the acetonic extract (IC50 = 2.24 mg/mL), followed by methanol (2.47 mg/mL) and ethanol (4.16 mg/mL).

Anti-inflammatory activity assessed by hypotonic-induced and heat-induced hemolysis assays revealed that the methanolic extract showed the highest membrane stabilization in hypotonic medium, while the acetonic extract exhibited the strongest activity against heat-induced hemolysis.

In conclusion, Mentha suaveolens represents a promising natural source of bioactive molecules with potential pharmaceutical, therapeutic and cosmetic applications.

In conclusion, Mentha suaveolens represents a promising natural source of bioactive molecules with potential pharmaceutical, therapeutic and cosmetic applications.

Keywords: *Mentha suaveolens*, Medicinal plants, Extraction, Polyphenols, Flavonoids, Antioxidant activity, Antidiabetic activity, Anti-inflammatory activity.

Sommaire

Remerciements 2
Dédicace 3
Dédicace 4
RÉSUMÉ 7
ABSTRACT 8
Sommaire 9
Liste des abréviations 11
Liste des Tableaux 12
Introduction 1
Partie 1
Théorique 1
Chapitre I 2
Généralité sur la plante 2
I.1 les plantes médicinales 5
I.1.1 Définition de la plante médicinale 5
I.1.2 Historique 5
I.1.3 Récolte des plantes médicinales 5
I.1.4 Séchage et conservation 6
I.2. PRESENTATION DE LA MENTHE 7
I.2.1. Généralités 7
I.3. Etude botanique 8
I.3.1. Classification botanique de la plante (mentheà feuilles rondes) 8
I.3.2. Propriétés de plante 9
I.3.2.1. Mentha Suaveolens 9
a. Origine et répartition géographique : 9
b. Description botanique : 9
C. Propriétés et emplois : 10
d. Composition chimique : 10
I .4.Principe actif des plantes médicinales 11
I.4.1. Flavonoïdes 12
I.4.2. Polyphénols 13
I .5.1.Activité antioxydante 13
I .5.2.Activités antidiabétiques 14
I.5.3. Activités anti-inflammatoires 14
➢ Classification de l'inflammation 15

- Inflammation aiguë 15
- Inflammation chronique 15
- Médicaments anti-inflammatoires 16
- Anti-inflammatoires stéroïdiens (glucocorticoïdes) 16

Partie 17

Pratique 17

Chapitre II 18

Matériels&Méthodes 18

II.1 Matériels 19

II.1.1 Matériel végétale 19

II.1.2 Produits chimiques 20

II.1.3 Appareillage 21

II.2 Méthodes 21

II.2.1 Séchage de la plante 21

II .2.2 Préparation des composés phytochimiques 22

II .2.3 Extraction assistée par ultrasons 22

II .2.4 Concentration des extraits par évaporation 22

II .2.5 Détermination du rendement d'extraction 23

II.3 Analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) 23

II.4 Dosage spectroscopique 24

II.4.1.1 Dosage des polyphénols totaux : 24

II.4.1.2 Dosage des flavonoïdes 24

II .4.2Activités biologiques 25

II .4.2.1 Activité antioxydante par le test DPPH 25

II .4.2.2 Activité anti-diabétique : inhibition de l'α-amylase 26

II..4.2.3 Évaluation de l'activité anti-inflammatoire in vitro 27

Chapitre III 30

Résultats&Discussion 30

III.2. Rendement d'extraction 31

III .1les bandes d'absorption FTIR des extraits éthanolique, méthanolique et acétonique de mentha suaveolens 32

III.3 .dosage des composés phynolyques 35

III.3.1. dosages des polyphénols totaux et flavonoides 36

III.4. Activité antioxydante 37

III.5. Activité anti-diabétique 39

- **Extrait méthanolique** 41

❖ Extrait acétonique 41
❖ Extrait éthanolique 42
III.6.Activité anti-inflamatoire 42
III 6.1. Activité de stabilisation membranaire en milieu hypotonique 43
III.6.2. Inhibition de l'hémolyse induite par la chaleur 43
Figure 16:Activité de stabilisation membranaire des érythrocytes en milieu hypotonique des différentes extraits de *mentha suaveolens* 44
Conclusion 45
Références Bibliographiques 42
Annexes 48

Liste des abréviations

pH :une mesure de l'acidité ou de la basicité d'une solution. Il représente la concentration d'ions d'hydrogène (H^+) dans une solution. Le pH est mesuré sur une échelle de 0 à 14, où 7 est neutre. Les valeurs inférieures à 7 indiquent une solution acide, tandis que les valeurs supérieures à 7 indiquent une solution basique (ou alcaline).

HR (%) : l'humidité résiduelle en %.

IC (%) :indices de Carr en %.

rpm : rotation par minute.

GR : Les globules rouges**.**

EAG : équivalent acide gallique

EQ : équivalent quercitine

Liste des Tableaux

Tableau 1 :la dénomination de la plante.....8
Tableau 2 :la classification systématique de la menthe à feuilles rondes.....9
Tableau 3 : Composition chimique de l'HE de la Mentha Suaveolens (Benayad; 2008).....11
Tableau 4 :Principales bandes FTIR des extraits éthanolique, méthanolique, acétonique.....35

Listes des Figures

Figure 1 : Mentha suaveolens 10
Figure 2 : Mentha suaveolens 20
Figure 3 : Région de la récolte 20
Figure 4 : la plante après le séchage 21
Figure 5 : l'obtention de la poudre 22
Figure 6: réaction du radical stable DPPH avec un composé anti radicalaire(AOH) de (Oliveira et al.2014) 26
Figure 7 :rendement d'extraction de mentha sauveolens en fonction du solvant utilisé. 32
Figure 8 :bandes d'absorption FTIR de l'extrait méthanolique de mentha suaveolens..... 33
Figure 9 :bandes d'absorption FTIR de l'extrait éthanolique de mentha suaveolens..... 33
Figure 10 :bandes d'absorption FTIR de l'extrait acétonique de mentha suaveolens..... 34
Figure 11 : teneur polyphénols totaux et flavonoides des différentes extraits de *M .Sauveolens*..... 37
Figure 12 : Activité antiradicalaire des différentes extraits de M.Sauveolens évaluée par le test DPPH..... 38
Figure 13 : Représentation de Lineweaver-Burk de l'activité α-amylase en absence (témoin) et en présence de l'extrait méthanolique de _Mentha suaveolens_. Les résultats sont exprimés en moyenne ± écart-type (n = 3).41..... 41
Figure 14: Représentation de Lineweaver-Burk de l'activité α-amylase en absence (témoin) et en présence de l'extrait acétonique de _Mentha suaveolens_. Les résultats sont exprimés en moyenne ± écart-type (n = 3). 42
Figure 15 : Représentation de Lineweaver-Burk de l'activité α-amylase en absence (témoin) en présence de l'extrait éthanolique de _Mentha suaveolens_. Les résultats sont exprimés en moyenne ± écart-type (n = 3) 42
Figure 16:Activité de stabilisation membranaire des érythrocytes en milieu hypotonique des différentes extraits de mentha suaveolens ..... 44..... 44

Introduction générale

Introduction

Les plantes médicinales ont occupé une place fondamentale dans les systèmes de soins traditionnels depuis des millénaires. Elles constituent une source importante de remèdes naturels, utilisés aussi bien pour la prévention que pour le traitement de nombreuses affections. Malgré les progrès considérables de la médecine moderne et le développement de l'industrie pharmaceutique, l'intérêt pour les plantes médicinales ne cesse de croître.

Cet engouement s'explique notamment par leur richesse en composés bioactifs, susceptibles d'exercer divers effets bénéfiques sur la santé. Ces substances d'origine végétale sont souvent perçues comme étant relativement sûres, ce qui renforce leur utilisation dans les pratiques thérapeutiques contemporaines. Ainsi, une réévaluation des connaissances traditionnelles s'impose afin de les intégrer dans une approche scientifique moderne.

Selon l'Organisation mondiale de la Santé (**OMS**), une proportion importante de la population mondiale, notamment dans les pays en développement, dépend des plantes médicinales pour les soins de santé primaires. Cette utilisation s'explique par leur accessibilité, leur coût réduit et leur efficacité dans le traitement de diverses pathologies.

Les plantes médicinales sont particulièrement riches en métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes et les huiles essentielles. Ces composés jouent un rôle essentiel dans les activités biologiques observées, notamment les propriétés antioxydantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires. De nombreuses études ont été menées afin de mieux comprendre leurs mécanismes d'action et devaloriser leur potentiel thérapeutique.

Dans ce contexte, le présent travail s'intéresse à l'étude phytochimique et à l'évaluation des activités biologiques des extraits d'une plante médicinale appartenant au genre Mentha,

en particulier l'espèce *MENTHA SAUVEOLENS*. L'objectif principal consiste à identifier lesprincipaux métabolites secondaires, notamment les polyphénols, les flavonoïdes et lestanins, et à évaluer leurs activités biologiques à travers des tests

in vitro, en particulier l’activité antioxydante

Ce travail s’inscrit dans une démarche de valorisation des ressources végétales visant à mieux comprendre les propriétés pharmacologiques des plantes médicinales et à promouvoir leur utilisation dans le domaine de la santé.

Le présent travail est divisé en trois chapitres :

Le premier chapitre est une synthèse bibliographique sur les plantes médicinales, extraits et l’espèce (Themoursad).

Le second chapitre, quant à lui, est dédié à la présentation du matériel et des méthodes qui ont été employés pour mener à bien cette recherche. Ce chapitre est essentiel car il détaille les outils et les techniques qui ont permis de collecter et d'analyser les données.

Enfin, le troisième chapitre se concentre sur les résultats obtenus grâce à la recherche, ainsique sur leur discussion. Ce chapitre est crucial car il permet d'interpréter les données et de tirer desconclusions sur les implications des résultats. Ensemble, ces chapitres offrent une vue d'ensemble complète de la recherche, depuis la méthodologie jusqu'à l'analyse des résultats.

Partie Théorique

Chapitre I
Généralité sur la plante

I.1 les plantes médicinales

I.1.1 Définition de la plante médicinale

Le terme "plante médicinale" fait référence à toute plante qui renferme un ou plusieurs composés actifs bénéfiques pour la santé humaine. Ces plantes peuvent être employées sous forme fraîche ou séchée.

L'efficacité des plantes médicinales repose sur la diversité de leurs composés, quidiffèrent selon les espèces et procurent une variété d'effets thérapeutiques. Par exemple, l'Eucalyptus est utilisé pour soulager la toux, tandis que le pavot est reconnu pour son efficacité contre la douleur **(Oullali et Chamek, 2018).**

D'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), bien qu'il existe plus de 20 000 plantes utilisées à travers lemonde pour leurs propriétés médicinales, seulement entre2 000 et 3 000 d'entre elles ont fait l'objet d'études scientifiques **(Oullali et Chamek,201)**

I.1.2 Historique

Depuis des siècles, les plantes ont été au cœur des pratiques thérapeutiques humaines. Les vertus médicinales de ces végétaux étaient largement reconnues et valorisées dans toutes lesformes de médecine. Il y a deux cents ans, les remèdes naturels constituaient les seules options disponibles pour traiter les maladies et les affections qui touchaient l'humanité. Cette longue histoire d'utilisation des plantes a conduit à une étude approfondie de leur efficacité.

Les propriétés des différentes espèces végétales ont été examinées avec soin, documentées etcontinuellement perfectionnées au fil du temps. Cette attention portée aux remèdes naturels témoigne de leur importance dans le domaine de la santé et des soins médicaux à travers lesâges.(**Grunwald et Janick, 2006).**

Les plantes médicinales, à l'instar d'autres types de thérapies, ont toujours fait partie intégrante des cultures à travers les âges et les civilisations **Grunwald et Janick, 2006).**Ces plantes représentent un véritable trésor pour l'humanité, notamment pour de nombreuses communautés **(Sofowora, 1993).** Elles apportent des avantages thérapeutiques dans le traitement de différentes maladies **(Adoumou, 2012)** et constituent une sourcefondamentale de matières premières pour la recherche de nouvelles molécules indispensablesà la production de médicaments **(Ameenah, 2006).**

I.1.3 Récolte des plantes médicinales

Les propriétés pharmacologiques des plantes médicinales dépendent principalement deleur environnement de croissance, du moment de la récolte, des techniques de cueillette et des méthodes de conservation. Il est essentiel de garder à l'esprit la connaissance des périodes de récolte, des techniques de cueillette et des pratiques de conservation afin de garantir la qualité des produits et de maintenir leur origine de production (**http://elearning.univ-biskra.dz**). La cueillette des plantes doit se faire par temps sec, de préférence le matin après que la rosée se soit évaporée. En effet, une plante humide peut nécessiter jusqu'à deux fois plus de temps pour sécher. Les parties aériennes, telles que les sommités fleuries et les feuilles, sont récoltées manuellement et triées sur place avant d'être mises dans des paniers. Il est important d'éliminer les parties sèches ou malades, en prêtant une attention particulière aux insectes, œufs ou chenilles qui pourraient être présents.

I.1.4 Séchage et conservation

À l'exception des plantes utilisées fraîches, les autres doivent être séchées et conservées dans des conditions qui maintiennent leurs propriétés. Le séchage est crucial pour garantir unebonne conservation, car il empêche toute activité enzymatique après la récolte, préserve certains composants de la dégradation et évite la prolifération bactérienne. La qualité du processus de séchage influencera la conservation de la plante. Après la récolte, la plante estsoigneusement nettoyée pour enlever les débris indésirables, puis chaque partie est traitée de manière appropriée. Les méthodes de séchage diffèrent selon les types de plantes et peuvent inclure le séchage au soleil, à l'ombre ou par des moyens artificiels.

Le séchage au soleil est une méthode simple et économique, surtout pour les racines, les

tiges, les écorces ou les graines. Toutefois, cette méthode peut altérer les propriétés médicinales desproduits : les feuilles vertes séchées au soleil peuvent jaunir, et les pétales defleurs perdent leurcouleur éclatante. Pour conserver leur parfum, il est recommandé de ne pas exposer les plantes aromatiques au soleil pendant de longues périodes.

Le séchage artificiel à l'ombre se fait dans un endroit sec, à l'abri du soleil, et convient particulièrement aux plantes aromatiques. Cela peut être réalisé dans une étuve ou une chambre de séchage chauffée. Les fruits riches en jus ou les racines contenant beaucoup de sucs doivent être séchés rapidement à des températures allant de 70 à 90°C. En revanche, les substances aromatiques nécessitent un séchage progressif à des températures modérées, entre 25 et 30°C. **(http://elearning.univ-biskra.dz)**

La préservation des plantes médicinales lors d'un stockage prolongé requiert des techniques visant à éviter toute dégradation de leurs caractéristiques, causée par les insectes, les moisissures et les micro-organismes, afin de maintenir leurs propriétés pharmacologiques.

L'humidité, qui peut provenir de la plante elle-même, d'une ventilation insuffisante dans l'espace de stockage ou de l'humidité du sol, favorise la croissance des moisissures et des micro-organismes. Ces éléments peuvent accélérer les processus de fermentation ou d'oxydation de certains composants des plantes. Ainsi, il est souvent nécessaire de commencer le processus de conservation en soumettant les produits récoltés à un séchage au soleil, bien que cette méthode, si elle est prolongée, puisse affecter non seulement la couleur mais aussi la nature des produits. La qualité des plantes médicinales est fortement influencée par les conditions de stockage, ce qui rend essentiel d'éviter tout facteur perturbateur.

Pour conserver les plantes médicinales séchées, il est essentiel d'utiliser un conditionnement adéquat. Le fait de les stocker dans des emballages hermétiques et opaques aide à réduire leur exposition à l'air, à la lumière et à l'humidité, qui sont des éléments pouvant altérer les composés bioactifs. L'emploi de récipients non perméables joue donc un rôle crucial dans la préservation de la stabilité chimique des métabolites secondaires et dans le maintien de la qualité pharmacologique des drogues végétales pendant une période de stockage prolongée .

I.2. PRESENTATION DE LA MENTHE

I.2.1. Généralités

La menthe appartient au genre « *Mentha* », qui fait partie de la famille des labiées ou lamiacées, l'une des plus significatives dans le règne végétal, comprenant plus de 200genres et 3500 espèces (**Talahagcha; 2008).** Bien qu'elle soit originaire d'Europe et d'Asie, la menthe s'est répandue sur presque tous les continents grâce aux migrations, atteignant des régions telles que l'Amérique du Nord, l'Australie et le Japon.

L'Algérie, en raison de sa situation géographique, bénéficie de divers facteurs de pédogenèse et d'importantes variations climatiques, ainsi que de ressources eneau, tous propices à l'essor des cultures intensives de menthe (**Boukhatem; 2010).**

Les menthes se distinguent par leur odeur très caractéristique, mais il est souvent difficile de lesdifférencier les unes des autres à cause des formes intermédiaires d'origine hybride qui les relient (**Benayad; 2008).** On dénombre 18 espèces de menthe et environ 11 hybrides, qui se divisent en sous-espèces, formes, variétés, sous-variétés,cultivars et sélections (**Sutour; 201**)

Les menthes prospèrent dans un sol léger et humide, préférant que leurs racines soient à l'ombre tout en ayant leurs tiges exposées au soleil. Ce sont des herbes vivaces qui se distinguent par leur tige carrée, leurs feuilles opposées, persistantes et dentées, ainsi que par leurs longues racines stolonifères qui se développent sous terre et engendrent de nouveaux plants un peu partout aux alentours. Leur propagation semble infinie. En raison de l'huile essentielle qu'elles contiennent, elles dégagent un parfum très fort. Selon les espèces, leur hauteur peut varier de quelques centimètres à près d'un mètre. En été, les fleurs, qui se présentent en épis ronds ou allongés et qui peuvent être lilas, blanches ou roses, attirent les abeilles (**Anton; 2005).**

Les somites fleuries et les feuilles de menthe ont été utilisées à des fins thérapeutiques durant les 16ème et 17ème siècles. On leur attribue des propriétés digestives,

carminatives, antiseptiques, toniques et stimulantes. Elles contribueraient à l'équilibre digestif et à l'amélioration du tonus général. De nos jours, leur utilisation s'étend à divers domaines.

Dans le secteur alimentaire, elles sont intégrées dans la préparation de crèmes,chocolats, bonbons, pâtes à mâcher, desserts, etc. En ce qui concerne la parfumerie etla cosmétique, les produits à base de menthe ont connu une croissance remarquable,notamment dans les dentifrices, bains de bouche, crèmes, rouges à lèvres et moussesà raser (**El Fadl; 2010).**

Parmi les différentes espèces du genre Mentha, nous avons choisi d'étudier la Menthe à feuilles rondes (*Mentha Suaveolens*). Cette espèce, très commune en Algérie, faitl'objet de notre présente étude ; sa dénomination est représentée dans le tableau 01

Tableau 1 : la dénomination de la plante

Nom scientifique	Mentha Suaveolens
Nom français	Menthe Suaveolens
Nom arabe/kabyle	Timarssat / Thimja
Nom arabe/kabyle	Timarssat / Thimja

I.3. Etude botanique

I.3.1. Classification botanique de la plante (mentheà feuilles rondes)

La classification systématique de la menthe à feuilles rondes (*MenthaSuaveolens)* est illustrée dans le tableau 2 ci-dessous

Tableau 2 : La classification systématique de la menthe à feuilles rondes

Règne	Végétal
Embranchement	phanérogames
Sous-embranchem ent	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	gamopétales
Famille	labiées, lamiacées
Genre	Mentha
Espèce	Mentha Suaveolens

I.3.2. Propriétés de plante

I.3.2.1. Mentha Suaveolens

a. Origine et répartition géographique :

La *Mentha Suaveolens* est une plante vivace couramment observée le long des chemins, dans les fossés et dans d'autres zones humides. On la retrouve dans l'ensemble de la

région méditerranéenne, à l'exception de Chypre et de l'Europe**. (Hadouche; 2010)**

b. Description botanique :

Cette plante vivace, robuste, mesure entre 25 et 80 cm de hauteur. Sa détermination ne posepas de difficultés grâce à ses feuilles qui sont rondes, épaisses et ridées. La plante est entièrement recouverte de poils denses et blanchâtres, lui conférant une texture douce au toucher. Comme toutes les menthes, elle émet une forte odeur caractéristique, qui dans ce cas évoque celle de la pomme.

La tige, typique des labiées, est dressée et recouverte d'un épais duvet ; le rhizome, quant à lui, est ramifié et présente une section carrée. Les feuilles, sessiles et de forme ovale à presque ronde, mesurent au maximum 4,5 cm de long et 3 cm de large, affichant une couleur vert vif et une légère pilosité. Les fleurs, blanches ou d'un mauve clair, mesurent 5 mm de long et se regroupent en épis à l'extrémité des rameaux (**Bézanger-Beauquesne ; 1986).**

Les traits morphologiques de la plante sont décrits ci-après, comme le montre la figure 01



Figure 1: Mentha suaveolens

C. Propriétés et emplois :

La *Mentha Suaveolens* présente des propriétés sédatives, myorelaxantes, anticonvulsivantes et est non toxique lorsqu'elle est administrée à des doses thérapeutiques, comme l'indiquent les recherches menées à travers divers tests en psychopharmacologie par des chercheurs (**Hadouche; 2010).** Dans la médecine traditionnelle, elle est employée comme analgésique sous forme d'infusion ou de compression. Elle agit également comme antiseptique en infusion pour les voies respiratoires et digestives, et possède des propriétés bactéricides pour la purification de l'eau.

De plus, elle est utilisée pour traiter la grippe, le rhume, les nausées, les douleursdentaires et les piqûres d'insectes, tout en offrant un effet rafraîchissant (**Brada ; et al 2007**).

d. Composition chimique :

La composition chimique de l'huile essentielle de Mentha Suaveolens est d'une grandeimportance pour l'analyse de ses propriétés biologiques. Cette huile est principalementcomposée de composés terpéniques, dont la nature et les proportions peuvent fluctuer enfonction de l'origine de la plante et des conditions environnementales. L'identification de cescomposants aide à mieux appréhender les activités biologiques liées à cette espèce. Les principaux composés et leurs proportions respectives sont indiqués dans le tableau 03 ci-après (**Benayad, 2008)**

Tableau 3 : Composition chimique de l'HE de la Mentha Suaveolens **(Benayad; 2008)**

Composé	**Pourcentage (%)**
Menthone	3,34
Pulégone	17,61
Pipéritone	9,18
Pipéritènone	33.03

e. Toxicologie

À des doses habituelles, l'utilisation de ses parties aériennes pour des préparations culinaires ou pour la confection de boissons plaisantes ne comporte aucun risque de toxicité. (**Anton; 2005)**

I .4.Principe actif des plantes médicinales

Le principe actif est une substance chimique présente dans une plante médicinale ou dans une préparation végétale, responsable de son effet thérapeutique, qu'il soit préventif ou curatif. Bien qu'il soit généralement présent en faible quantité, il joue un rôle essentiel dans l'efficacité pharmacologique de la plante.

Les principes actifs ne sont pas répartis uniformément dans l'ensemble de la plante. Leur concentration varie selon les espèces et les organes végétaux (feuilles, fleurs, racines, écorces, fruits ou graines), ce qui explique que seules certaines parties soient utilisées à des fins médicinales.

Ces substances sont principalement issues du métabolisme secondaire des plantes. Les métabolites secondaires participent à l'adaptation de la plante à son environnement en lui permettant de résister à différents facteurs biotiques et abiotiques tels que la lumière, les variations de température, les insectes, les microorganismes et d'autres formes de stress environnemental.

I.4.1. Flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent un vaste groupe de composés phénoliques naturels, généralement responsables des colorations jaunes observées chez de nombreuses plantes (du latin *flavus* signifiant « jaune »). Leur structure chimique est caractérisée par un squelette de type benzo-γ-pyrone (ou chromone).

Au sens large, les flavonoïdes sont des dérivés du noyau 2-phénylchromane et se rencontrent abondamment chez les plantes supérieures, principalement sous forme d'hétérosides solubles (**Guingard, 1996).** Ils sont généralement stockés dans le suc vacuolaire des jeunes organes végétaux tels que l'épiderme des feuilles et la pellicule des fruits.

Leur rôle biologique principal est lié à leur capacité à absorber la lumière visible et à émettre une fluorescence sous l'action des rayonnements ultraviolets, favorisant ainsi l'attraction des insectes pollinisateurs. Les flavonoïdes sont présents dans l'ensemble des organes végétaux, notamment les racines, les tiges, les feuilles, les

fleurs, le pollen, les fruits, les graines et le bois.

Outre leur implication dans les mécanismes de défense des plantes, ils participent activement à leur coloration, en complément d'autres pigments tels que la chlorophylle, les caroténoïdes et les bétalaïnes. Dans certains cas, leur présence peut être masquée lorsqu'ils se trouvent sous forme de leucocomposés (« leucoflavonoïdes »). Cette propriété explique également leur intérêt considérable dans l'industrie agroalimentaire (**Gábor et al., 1988).**

Les flavonoïdes appartiennent à la famille des polyphénols et possèdent une structure commune constituée de deux noyaux aromatiques reliés par une chaîne à trois atomes de carbone (C6–C3–C6), souvent cyclisée en un hétérocycle oxygéné à cinq ou six chaînons (**Bruneton, 2009).**

Parmi les flavonoïdes les plus connus figurent la quercétine et la rutine (rutoside), reconnues pour leurs nombreuses propriétés biologiques et pharmacologiques. En tant que métabolites secondaires des végétaux, ils jouent un rôle important dans la protection de la plante contre les agressions environnementales.

I.4.2. Polyphénols

Les polyphénols sont des composés organiques caractérisés par la présence de plusieurs groupes phénoliques dans leur structure moléculaire. Ils sont largement distribués dans le règne végétal et se retrouvent notamment dans les fruits, les légumes, les légumineuses, le chocolat ainsi que dans diverses boissons telles que le thé et le vin.

À ce jour, plus de 8 000 composés polyphénoliques ont été identifiés et classés selon leur structure chimique. Les deux principales catégories sont les flavonoïdes (isoflavones, quercétine, cyanidines, catéchines, etc.) et les acides phénoliques, notamment l'acide caféique et l'acide férulique.

De nombreuses études ont mis en évidence les effets bénéfiques des polyphénols sur la santé humaine. Grâce à leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et protectrices, ils pourraient contribuer à la prévention de diverses pathologies

chroniques telles que le diabète, l'ostéoporose, les maladies cardiovasculaires, les maladies neurodégénératives ainsi que certains types de cancers (**Preedy, 2013).**

I.5.les activités biologiques des composes phénoliques

I .5.1.Activité antioxydante

Les antioxydants sont des molécules d'origine naturelle ou synthétique qui permettent de neutraliser l'effet nocif des radicaux libres dans l'organisme. Ces espèces réactives sont caractérisées par leur instabilité due à la présence d'électrons célibataires, ce qui les rend très réactives vis-à-vis des constituants cellulaires comme les lipides, les protéines et l'ADN (**Lobo et al., 2010).**

Les polyphénols agissent contre le stress oxydatif selon deux voies principales : soit par donation d'un hydrogène HAT, soit par transfert d'électron SET, comme illustré dans les figures. Ces deux mécanismes contribuent à la désactivation des radicaux libres et assurent une protection cellulaire contre les effets oxydatifs (**Prior et al., 2005).**

On retrouve naturellement ces composés phénoliques dans de nombreuses plantes médicinales à fort pouvoir antioxydant, telles que le thé vert _Camellia sinensis_, le raisin _Vitis vinifera_ et la grenade _Punica granatum_. Leur efficacité provient surtout de la présence de groupements hydroxyles liés au noyau phénolique, capables d'inhiber les réactions d'oxydation et de protéger les cellules **(Dufresne et Farnworth, 2001 ; Seeram et al., 2005 ; Rockenbach et al., 2011).**

Parmi les catéchines du thé vert, l'épigallocatéchine gallate se distingue par son activité élevée. Sa structure contenant quatre groupements hydroxyles lui confère une excellente capacité à céder des hydrogènes, ce qui bloque l'oxydation des lipides et des protéines et limite les dommages cellulaires (Dufresne et Farnworth, 2001). Le resvératrol, un stilbène phénolique présent dans le raisin, possède également un fort potentiel antioxydant. Il agit principalement en cédant des atomes d'hydrogène pour stabiliser les radicaux libres et prévenir les lésions oxydatives (**Rockenbach et al., 2011).**

I .5.2.Activités antidiabétiques

Le diabète sucré (Diabetes Mellitus) constitue un ensemble de maladies métaboliques caractérisées par une hyperglycémie chronique résultant d'une altération de la sécrétion d'insuline, de son action, ou des deux à la fois. Cette hyperglycémie prolongée est associée à des lésions, des dysfonctionnements et des défaillances de plusieurs organes, notamment les yeux, les reins, les nerfs, le cœur et les vaisseaux sanguins (**Ellitus, 2003).**

On distingue principalement trois formes de diabète : le diabète de type 1, le diabète de type 2 et le diabète gestationnel. Selon l'Organisation mondiale de la Santé (**OMS**), le diabète figurait parmi les sept principales causes de mortalité dans le monde en 2019, comme le rapporte la Fédération Internationale du Diabète (**Momina & Rani, 2020).**

I.5.3. Activités anti-inflammatoires

L'inflammation représente un mécanisme de défense essentiel de l'organisme contre les agents pathogènes et participe activement à la réparation des tissus lésés. Cependant, certaines cytokines pro-inflammatoires telles que l'interleukine-6 (IL-6) et le facteur de nécrose tumorale alpha (TNF-α) peuvent provoquer des dommages aux tissus sains lorsqu'elles sont produites de manière excessive.

Une production excessive de ces médiateurs inflammatoires est impliquée dans le développement de nombreuses maladies inflammatoires chroniques, notamment la polyarthrite rhumatoïde, l'asthme et l'athérosclérose. Les médicaments anti-inflammatoires agissent principalement en réduisant la synthèse de ces cytokines, contribuant ainsi à l'atténuation des symptômes inflammatoires (**Qabaha et al., 2016).**

- **Classification de l'inflammation**

Selon sa durée et les mécanismes immunitaires impliqués, l'inflammation est classée en deux catégories principales : l'inflammation aiguë et l'inflammation chronique.

- **Inflammation aiguë**

L'inflammation aiguë est une réponse rapide et de courte durée, pouvant persister de quelques minutes à quelques jours. Elle se caractérise principalement par une extravasation de protéines plasmatiques et de liquides ainsi que par la migration des leucocytes vers les tissus lésés.

Ces réactions vasculaires et cellulaires sont médiées par divers facteurs chimiques provenant des cellules ou du plasma, responsables des signes cliniques classiques de l'inflammation : rougeur, chaleur, douleur, tuméfaction et perte de fonction.

La réponse inflammatoire aiguë comprend généralement trois étapes successives : l'augmentation du flux sanguin local, suivie d'une vasodilatation et d'une augmentation de la perméabilité vasculaire permettant la sortie du plasma, puis le recrutement des leucocytes phagocytaires vers le site inflammatoire.

- **Inflammation chronique**

Bien que l'inflammation constitue un processus protecteur essentiel, sa persistance peut engendrer des conséquences pathologiques importantes. L'inflammation chronique survient généralement lorsque la réponse inflammatoire persiste en l'absence d'un stimulus réel ou lorsqu'un agent causal n'est pas totalement éliminé.

Elle peut résulter d'infections persistantes, de l'exposition prolongée à des agents physiques ou chimiques difficiles à éliminer, de la présence de corps étrangers, de récidives inflammatoires répétées ou encore d'une prédisposition génétique. Ce type d'inflammation est étroitement associé au développement de nombreuses maladies chroniques (**Arulselvan et al., 2016).**

- **Médicaments anti-inflammatoires**

L'inflammation constitue aujourd'hui l'un des domaines de recherche biomédicale les plus étudiés. Le développement de médicaments anti-inflammatoires efficaces,

économiques et présentant peu d'effets indésirables gastro-intestinaux demeure un objectif majeur de l'industrie pharmaceutique (**Arulselvan et al., 2016**).

- **Anti-inflammatoires stéroïdiens (glucocorticoïdes)**

Les glucocorticoïdes sont des hormones sécrétées par les glandes surrénales possédant de nombreuses propriétés pharmacologiques. Bien qu'ils soient très efficaces dans le traitement de l'inflammation, leur utilisation peut être associée à plusieurs effets indésirables, notamment le diabète. Ils inhibent pratiquement toutes les étapes de la réaction inflammatoire, tant les phases précoces que tardives **(Professeur, 2005).**

- Anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS)

Les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) représentent l'une des classes thérapeutiques les plus utilisées dans le monde, que ce soit sur prescription médicale ou en automédication. Leurs propriétés analgésiques, antipyrétiques et anti-inflammatoires sont reconnues depuis la fin du XIXe siècle, expliquant leur large utilisation dans la prise en charge des affections inflammatoires (**Blain et al., 2000)etQabaha et al. (2016)** ont évalué l'effet inhibiteur des extraits d'*Eucalyptus spp.* sur la production d'IL-6 et de TNF-α induite par le lipopolysaccharide (LPS) dans les cellules polymorphonucléaires. Les résultats ont révélé une diminution significative des concentrations de ces deux cytokines, attribuée principalement à la présence d'acide gallique, principal composé phénolique des feuilles, ainsi qu'à l'acide chlorogénique.

Partie Pratique

Chapitre II
Matériels&Méthodes

L'ensemble des manipulations expérimentales a été réalisé au sein du dulaboratoire de recherche de Nutrition ,biodiversity et environment de startup la de l'Université Yahia Fares de Médéa, Algérie qui avait pour l'objectif l'analyse phytochimique et évaluation des activités biologiques des extraits de la plante *Mentha suaveolens* à feuilles rendes.

Les expèriences ont été réalisées comme suit :

1-Préparation des extraits à partir de la partie aérienne de la plante.

2-Analyse phytochimiques et évaluation des activités biologiques in vitro.

II.1 Matériels

II.1.1 Matériel végétale

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est *Mentha suaveolens* . la récolte de la partie aérienne (feuilles et tiges) a été faite durant les mois de décembre 2025 et janvier 2026 dans la région de Mekraz, wilaya de Médéa ,Algérie. latitude 36.24090939261206° N et longitude 2.744722007113231° E.

Durant cette période, la plante se trouve au stade post-floraison, caractérisé par un stade végétatif hivernal. Le choix de cette période de récolte a été motivé par la volonté d'évaluer l'influence des conditions climatiques hivernales sur la composition chimique et le rendement en huile essentielle, contrairement à la majorité des études antérieures qui se sont intéressées à la période de pleine floraison estivale.



Figure 2 : Mentha suaveolens



Figure 3 : Région de la récolte

II.1.2 Produits chimiques

- Ethanol.
- Méthanol.
- Acétone.
- Eau distillé.

II.1.3 Appareillage

- Agitateur.
- Sonicateure.
- Rotavapor.
- Plaque chauffante.
- Etuve.
- Réfrigérateur.
- Hotte chimique.
- Centrifugeuse.

II.2 Méthodes

II.2.1 Séchage de la plante

Après la récolte, les échantillons ont été soigneusement lavés à l'eau courante afin d'éliminer les impuretés, puis rincés à l'eau distllée.Ils ont ensuite été séchés à l'ombre, à température ambiante, pendant une semaine, afin de préserver les composés bioactifs thermosensibles.



Figure 4 : la plante après le séchage

Une fois séchée, la plante a été broyée finement à l'aide d'un broyeur électrique afin d'obtenir une poudre homogène. Cette poudre a été conservée dans des flacons hermétiques, à l'abri de la lumière et de l'humidité, jusqu'à son utilisation.



Figure 5 : l'obtention de la poudre

II .2.2 Préparation des composés phytochimiques

L'extraction des composés phytochimiques a été réalisée par macération assistée selon le protocole décrit par **Chaabi et al.(2008)**, en utilisant des solvants de polarité différente.

Une masse de 90 g de poudre végétale a été pesée puis répartie dans trois erlenmeyers distincts. Chaque échantillon a été mis en contact avec un mélange de solvants composé de 480 mL de solvant organique (Méthanol ; Ethanol ; Acétone) et de 20 mLd'eau distillée, soit un volume total de 500 ml.

Les mélanges ont été soumis à une agitation à température ambiante pendant 20 minutes afin de favoriser l'extraction des composés bioactifs.

II .2.3 Extraction assistée par ultrasons

L'extraction assistée par ultrasons a été réalisée afin d'améliorer la libération des composés phytochimiques Contenus dans la matrice végétale, Cette extraction a été effectuée à une température contrôlée de 25 c° pendant une heure

Cette étape permet l'augmentation de la perméabilité des parois cellulaires végétales grâce à l'effet de cavitation, favorisant ainsi une meilleure diffusion des métabolites secondaires dans le solvant.

II .2.4 Concentration des extraits par évaporation

La concentrationdes extraits a été rélaissée à l'aide d'un évaporateur rotatif afin d'éliminer les solvants organiques utilisée lors de l'extraction (méthanol, éthanol,acétone)

L'évaporation a été effectuée sous pression réduite, en ajustant la température en fonction du point d'ébullition de chaque solvant, l'opération a été poursuivie jusqu'à arrêt complet de la distillation, indiquant l'élimination quasi-totale du solvant et la récupération des extraits bruts concentrés

Cette étape permet d'obtenir des extraits secs ou semi- solides, prêt pour les analyses phytochimiques et biologiques ultérieures.

II .2.5 Détermination du rendement d'extraction

Le poids des extraits secs obtenus est déterminé par la différence entre le poids de la boite de pétri plein (après évaporation) et vide(avant évaporation). Le rendement en extrait brut est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Rendement d'extraction (\%)} = (PE / PV) * 100$$

PE : poids des extraits secs .

PV : poids de la poudre du matériel végétal utilisé pour l'extraction .

II.3 Analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)

Pour identifier les principaux groupements fonctionnels dans les extraits

méthanolique, éthanolique et acétonique de *Mentha suaveolens*, une analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) a été effectuée.

Les spectres infrarouges ont été obtenus à l'aide d'un spectrophotomètre FTIR (Bruker OPUS) sur une plage spectrale allant de 4000 à 400 cm^{-1}. Une petite quantité de chaque extrait sec a été préparée et soumise à l'analyse spectrale selon les conditions d'opération de l'appareil.

Cette technique repose sur l'interaction entre le rayonnement infrarouge et les liaisons chimiques des molécules présentes dans les extraits végétaux. Chaque groupement fonctionnel absorbe le rayonnement à des fréquences spécifiques, ce qui permet d'identifier qualitativement les composés chimiques présents **(Coates, 2006).**

L'interprétation des bandes d'absorption a été réalisée en les comparant aux données disponibles dans la littérature. Les bandes observées dans la plage de 3200–3600 cm^{-1} sont généralement liées aux vibrations d'élongation des groupements hydroxyles (O–H) des composés phénoliques et flavonoïdes. Les bandes autour de 1600 cm^{-1} correspondent aux vibrations des liaisons C=C aromatiques ou des fonctions carbonyles conjuguées, tandis que celles situées entre 1000 et 1300 cm^{-1} sont associées aux vibrationsC–O caractéristiques des alcools, éthers et composés phénoliques oxygénés **(Silverstein et al., 2014 ; Socrates, 2004).**

Cette analyse met en lumière les principales familles de métabolites secondaires présentes dans les extraits végétaux et permet d'établir un lien entre leur composition chimique et leurs activités biologiques.

II.4 Dosage spectroscopique

II.4.1.1 Dosage des polyphénols totaux :

Les polyphénols totaux constituent une famille de métabolites secondaires d’origine végétale, définis par la présence de plusieurs noyaux benzéniques portant des groupements hydroxyles dans leur structure. Leur quantification permet d’estimer la teneur phénolique globale des différents extraits végétaux, notamment éthanoliques, acétoniques et méthanoliques, et de prédire leur potentiel biologique.

Les polyphénols sont dosés selon la méthode décrite par **Boizot et Charpentier (2006)**, qui repose sur une méthode colorimétrique utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce réactif, composé d'un mélange d'acide phosphotungstique (H3PW12O40) et d'acide phosphomolybdique (H3PMO12O40), est réduit en un mélange d'oxyde de tungstène et de molybdène lors de l'oxydation des phénols. La coloration produite, dont l'absorption maximale est entre 725 et 760 nm, est proportionnelle à la quantité de polyphénols dans les extraits végétaux.

Les extraits sont préparés à une concentration de 1 mg/ml. Une quantité de 100 µl de chaque extrait est mélangée avec 500 µl réactif Folin-Ciocalteu(10%) , puis les tubes sont agités et laissés à incuber pendant 5 minutes. Ensuite, 2 ml d'une solution de carbonate de sodium à(2%) ont étés ajoutés au mélange puis incubés pendant 30 minutes à l'abri de la lumière, les densités optiques sont mesurées à 760 nm contre le blanc.

Une gamme d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions en utilisant de l'acide gallique comme contrôle positif à différentes concentrations. La concentration des polyphénols totaux dans les échantillons, exprimée en µg équivalents d'acide gallique par mg d'extrait

II.4.1.2 Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent une sous-catégorie majeure des polyphénols, se distinguant par une structure fondamentale composée de 15 atomes de carbone agencés selon un motif C6-C3-C6. Leur dosage permet d'évaluer le potentiel antioxydant et l'activité biologique des extraits végétaux examinés.

Le contenu flavonoïque est quantifié à l'aide d'une méthode colorimétrique utilisant le trichlorure d'aluminium (AlCl3) et la soude (NaOH) **Zhishen et al. (1999)**. Le trichlorure d'aluminium forme un complexe jaune avec les flavonoïdes, tandis que la soude forme un complexe de couleur rose absorbant dans le visible à 510 nm.

Les extraits sont préparés à une concentration de 1 mg/ml. Un volume de 500 µl de chaque extrait est mélangé avec 2 ml d'eau distillée, suivi de l'addition de 150 µl d'une solution de nitrite de sodium (NaNO2) à 15%. Après une incubation de 6 minutes à température ambiante, 150 µl de chlorure d'aluminium (AlCl3, 6H2O) à 10% est ajouté au mélange, suivi d'une deuxième incubation de 6 minutes à

température ambiante. Ensuite, 2 ml d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 4% est ajouté, et le volume total est complété à 5 ml avec de l'eau distillée. Après agitation et incubation pendant 15 minutes, la lecture est effectuée à 510 nm contre le blanc.Une courbe d'étalonnage a été réalisée à partir de la quercétine, et les résultats ont été exprimés en mg équivalent de quercétine par gramme d'extrait sec (mg EQ/g ES).

II .4.2Activités biologiques

II .4.2.1 Activité antioxydante par le test DPPH

L'évaluation de l'activité antioxydante permet de mesurer la capacité des extraits végétaux à neutraliser les radicaux libres, lesquels sont impliqués dans le stress oxydatif et l'altération cellulaire. Le test au DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) constitue une méthode colorimétrique couramment employée pour estimer rapidement cette activité in vitro.

- **Test de DPPH**

Ce test repose sur la réduction du radical libre stable DPPH, de couleur violette, en sa forme non radicalaire DPPH-H, de couleur jaune, en présence d'un composé antioxydant capable de céder un atome d'hydrogène selon la méthode décrite par **Brand-williams et al.(1995).** avec quelques modifications. La baisse de l'absorbance, mesurée à une longueur d'onde de 517 nm, est directement proportionnelle au pouvoir piégeur des radicaux libres des extraits analysés.

La diminution de l'absorbance, mesurée à 517 nm, est proportionnelle au pouvoir piégeur de radicaux des extraits testés.

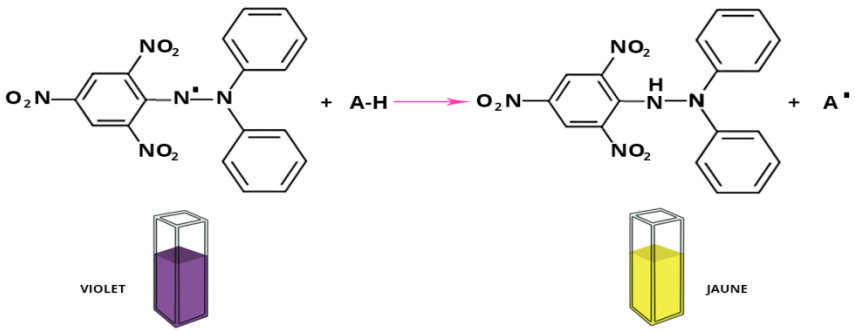


Figure 6: réaction du radical stable DPPH avec un composé anti radicalaire(AOH)

de **(Oliveira et al.2014)**

Le protocole utilisé dans cette étude suit celui décrit par**Braho et al**. où l'activité antioxydante des extraits éthanoliques ,méthanoliques et acétoniques. Dans ce protocole, 100 µL de chaque extrait à différentes concentrations ont été mélangés avec 1990 µL de la solution de DPPH.Après agitation, les mélanges ont été incubés à l'obscurité pendant 30 min à température ambiante.

L'absorbance a été lue à 517 nm contre un blanc contenant uniquement le méthanol. L'acide ascorbique a été utilisé comme antioxydant de référence pour établir la courbe d'étalonnage. Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition du radical DPPH et en IC_{50}, concentration nécessaire pour inhiber 50% du radical libre.

- Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH est calculé selon la formule suivante :

% inhibition = (Abs contrôle négatif –Abs extrait / Abs contrôle négatif)

Abs : Absorbance des échantillons à 517 nm.

II .4.2.2 Activité anti-diabétique : inhibition de l'α-amylase

L'inhibition de l'α-amylase constitue une stratégie thérapeutique visant à réguler l'hyperglycémie postprandiale dans le cadre du diabète de type 2. Cette enzyme assure l'hydrolyse de l'amidon en maltose et glucose ; son blocage entraîne un ralentissement de l'absorption intestinale des glucides.

Le principe du test repose sur la quantification des sucres réducteurs libérés par l'action de l'α-amylase sur l'amidon, en présence ou en l'absence d'extraits végétaux selon la méthode de **Bernfeld (1955)** avec quelques modifications. Le réactif DNS (acide 3,5-dinitrosalicylique) réagit avec les sucres réducteurs produits pour former un complexe coloré brun-rouge, dont l'absorbance est mesurée à 504 nm. Une diminution de cette absorbance traduit une inhibition de l'activité enzymatique.

Pour l'essai, 400 µL de chaque extrait à différentes concentrations ont été mélangés avec 500 µL de tampon phosphate 0,02 M à pH 6,09 et 500 µL de solution enzymatique d'α-amylase. Après incubation pendant 5 min à 37°C, 500 µL de solution de substrat amidon ont été ajoutés et le mélange a été incubé 10 min à

37°C. La réaction a été arrêtée par l'ajout de 1000 µL de réactif DNS, suivie d'une incubation de 5 min à 97°C dans un bain-marie. Après refroidissement, 10 mL d'eau distillée ont été ajoutés et l'absorbance a été lue à 504 nm.Le blanc a été préparé en mélangeant 400 µL d'extrait avec 1000 µL de tampon et 500 µL d'amidon, puis traité dans les mêmes conditions que l'essai.Le contrôle négatif a été réalisé sans extrait en mélangeant 900 µL de tampon, 500 µL d'enzyme et 500 µL d'amidon, puis traité selon le même protocole. Des courbes d'étalonnage ont été établies à partir de l'amidon et du glucose. L'activité inhibitrice a été exprimée en pourcentage d'inhibition et en IC_{50}.

II..4.2.3 Évaluation de l'activité anti-inflammatoire in vitro

L'activité anti-inflammatoire* des extraits de _Mentha suaveolens_ a été examinée à l'aide de deux méthodes in vitro : le test de stabilisation de la membrane érythrocytaire en milieu hypotonique et le test d'hémolyse provoquée par la chaleur. Ces deux approches reposent sur le principe selon lequel les agents anti-inflammatoires stabilisent la membrane lysosomale et empêchent la libération des médiateurs de l'inflammation, ce qui conduit à la stabilisation de la membrane des érythrocytes et à l'inhibition de l'hémolyse, conformément aux travaux de **Shinde et al. (1991)** et **d'Oyedapo et al. (2004).**

- **Echantillons de sang humain**

Le sang humain frais a été collecté dans des tubes héparinés ou contenant l'EDTA comme anticoagulant, auprès de volontaires sains n'ayant pris aucun médicament anti-inflammatoire durant la semaine précédant le prélèvement, conformément aux recommandations éthiques pour les études in vivo.

- **Préparation de la suspension des globules rouges humains**

Les échantillons de sang récupérés ont été centrifugés à 3000 tours par minute (rpm) pendant 10 minutes. Le surnageant a ensuite été éliminé, et le culot de globules rouges a été lavé trois fois avec de l'eau physiologique, jusqu'à ce qu'un surnageant clair soit obtenu. À chaque lavage, la centrifugation a été effectuée à 3000 rpm pendant 5 minutes. Le volume de globules rouges a été mesuré afin de préparer une suspension de 10% (v/v) de globules rouges humains, en utilisant de

l'eau physiologique.

II .4.2.4.1 Test de stabilisation membranaire en milieu hypotonique

Le mélange réactionnel de 6 ml contenait 1 ml de chaque extrait de _Mentha suaveolens_ aux concentrations de 0,1 ; 0,5 et 1 mg/ml, 0,5 ml de suspension d'érythrocytes et 4,5 ml de tampon PBS pH 7,4, suivant le protocole de **Shinde et al**. avec quelques modifications.Le diclofénac sodique aux mêmes concentrations 0,1 ; 0,5 et 1 mg/ml a été utilisé comme témoin positif standard, car c'est un anti-inflammatoire non stéroïdien de référence dans ce type de test selon Oyedapo et al.Après incubation à 37°C pendant 10 min dans un bain-marie, les tubes ont été centrifugés à 3000 rpm pendant 10 min. L'absorbance du surnageant a été mesurée à 540 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Vis Shimadzu UV-1800, la longueur d'onde correspondant au maximum d'absorption de l'hémoglobine libérée.

Le pourcentage d'hémolyse a été calculé selon l'équation suivante:

$$\%\text{inhibition d'hémolyse} = (Ac-As/Ac)*100$$

Ac :aabsorbance de control.

As: absorbance de l'échantillon (test).

II .4.2.4.2 Test d'hémolyse induite par la chaleur - Heat induced hemolysis

Le mélange réactionnel contenait 4,5 ml de PBS pH 7,4, 0,5 ml de suspension d'érythrocytes et 0,5 ml de chaque extrait de _*Mentha suaveolens*_ aux concentrations de 0,1 ; 0,5 et 1 mg/ml. Le diclofénac sodique a été utilisé comme témoin positif aux mêmes concentrations. Le blanc contenait uniquement du PBS, Deux séries de tubes ont été préparées : la première a été incubée dans un bain-marie à 54°C pendant 20 min, et la deuxième a été maintenue dans un bain glacé à 0-4°C pendant la même durée. Ce protocole de dénaturation thermique des protéines membranaires a été rapporté par Oyedapo et al.. Après incubation, tous les tubes ont été centrifugés à 3000 rpm pendant 10 min. L'absorbance du surnageant a été mesurée à 540 nm à l'aide du spectrophotomètre.

Le pourcentage d'hémolyse a été calculé selon l'équation suivante:

$$\%\text{inhibition d'hémolyse} = (Ah-Au)/Ac-Au)*100$$

A c :Absorbance du contrôle

A u :Absorbance de l’échantillon testé à chaud

A h :Absorbance de l’échantillon testé froid

Chapitre III
Résultats&Discussion

III.2. Rendement d'extraction

La figure montre que le rendement d'extraction des composés de *Mentha suaveolens* varie selon le solvant utilisé. L'éthanol (ETH) présente le rendement d'extraction le plus élevé ,suivi du méthanol (METH) avec un rendement intermédiaire, tandis que l'acétone (Acet) donne le rendement le plus faible

Cette variation peut être attribuée à la polarité des solvants et à leur capacité à solubiliser les métabolites secondaires présents dans la plante. L'éthanol, grâce à sa nature polaire protique, favorise l'extraction des composés phénoliques, flavonoïdes et terpènes oxygénés, connus pour leurs activités biologiques importantes. Le méthanol, également polaire, présente une efficacité notable mais légèrement inférieure à celle de l'éthanol. En revanche, l'acétone, de polarité plus faible, extrait une quantité réduite de composés bioactifs, ce qui explique le faible rendement obtenu.

Ces résultats concordent avec plusieurs études antérieures rapportant que les solvants polaires permettent une meilleure extraction des composés bioactifs des plantes aromatiques et médicinales. Selon **Bimakr et al. (2011**), les rendements d'extraction augmentent avec l'utilisation de solvants polaires en raison de leur forte affinité avec les composés phénoliques. De même, **Dai et Mumper (2010)** ont montré que l'éthanol et le méthanol sont parmi les solvants les plus efficaces pour l'extraction des substances naturelles antioxydantes.

Par ailleurs, des travaux réalisés sur différentes espèces du genre *Mentha* ont confirmé que l'éthanol permet d'obtenir des extraits riches en composés phénoliques et présentant une activité antioxydante élevée **(Karray-Bouraoui et al., 2010).** Ainsi, les résultats obtenus dans cette étude suggèrent que l'éthanol constitue le solvant le plus adapté pour l'extraction des composés bioactifs de *Mentha suaveolens*, notamment dans les domaines pharmaceutique, cosmétique et alimentaire.

Ces résultats concordent avec plusieurs études antérieures rapportant que les solvants polaires permettent une meilleure extraction des composés bioactifs des plantes aromatiques et médicinales. Selon **Bimakr et al. (2011**), les rendements d'extraction augmentent avec l'utilisation de solvants polaires en raison de leur forte affinité avec les composés phénoliques. De même, **Dai et Mumper (2010)** ont montré que l'éthanol et le méthanol sont parmi les solvants les plus efficaces

pour l'extraction des substances naturelles antioxydantes.

Par ailleurs, des travaux réalisés sur différentes espèces du genre *Mentha* ont confirmé que l'éthanol permet d'obtenir des extraits riches en composés phénoliques et présentant une activité antioxydante élevée **(Karray-Bouraoui et al., 2010).** Ainsi, les résultats obtenus dans cette étude suggèrent que l'éthanol constitue le solvant le plus adapté pour l'extraction des composés bioactifs de *Mentha suaveolens*, notamment dans les domaines pharmaceutique, cosmétique et alimentaire.

Ces résultats sont en accord avec la littérature, où Ksouri et al. (2008) ont rapporté des rendements de 18,5 % et 15,2 % respectivement pour les extraits méthanolique et éthanolique de _M. suaveolens_. La variation du rendement en fonction du solvant est due à la polarité différente de chaque solvant et à sa capacité à extraire des familles de composés spécifiques. De plus, la période de récolte hivernale, décembre-janvier, peut expliquer un rendement globalement plus faible comparé aux études réalisées en période de pleine floraison.

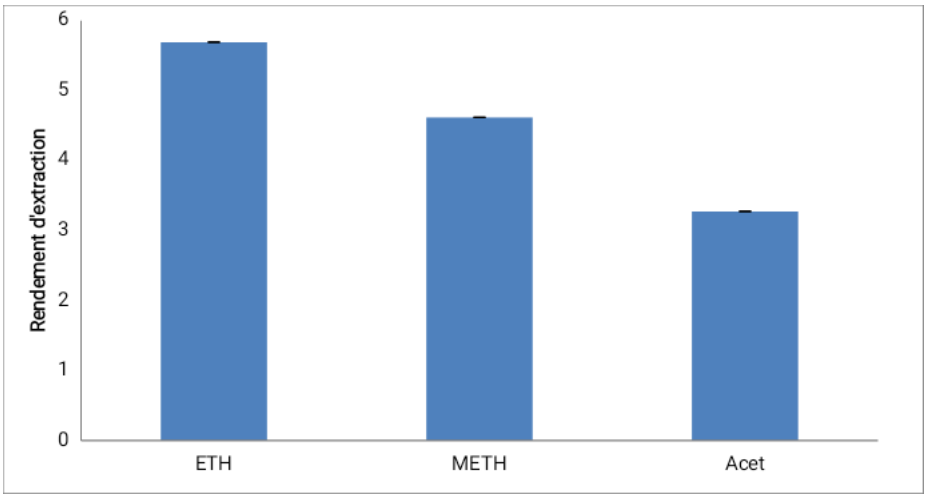


Figure 7:rendement d'extraction de mentha sauveolens en fonction du solvant utilisé.

III .1les bandes d'absorption FTIR des extraits éthanolique, méthanolique et acétonique de mentha suaveolens

- **Méthanol**

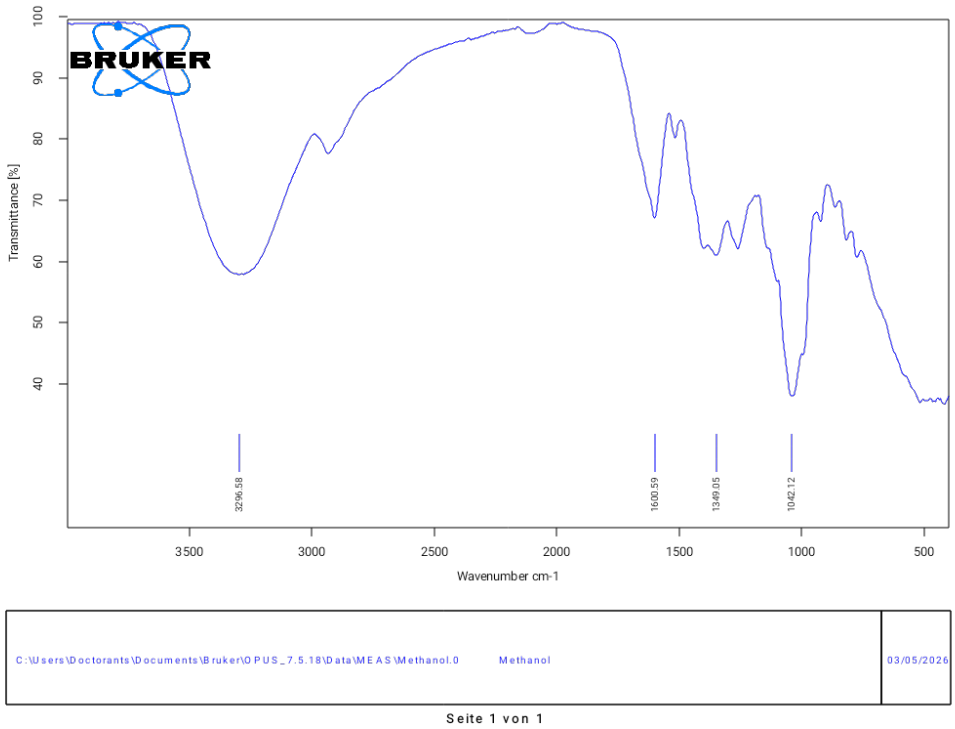
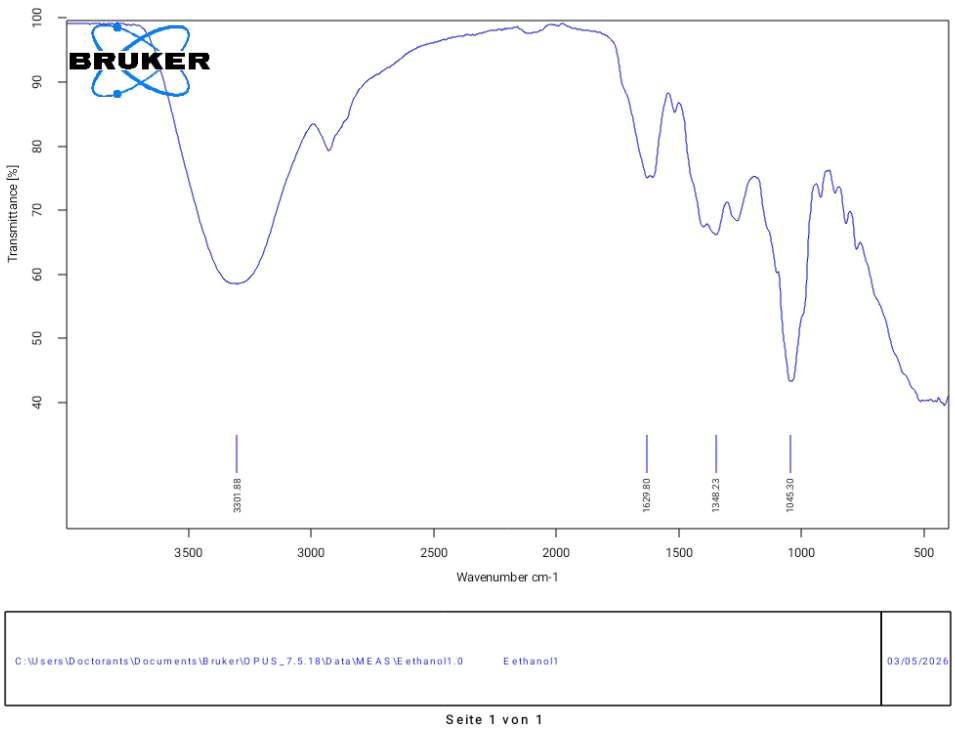


Figure 8 : Bandes d'absorotion FTIR de l'extrait méthanolique de mentha suaveolens.

❖ **Ethanol**

Figure 9 : Bandes d'absorotion FTIR de l'extrait éthanolique de mentha suaveolens



❖ **Acétone**

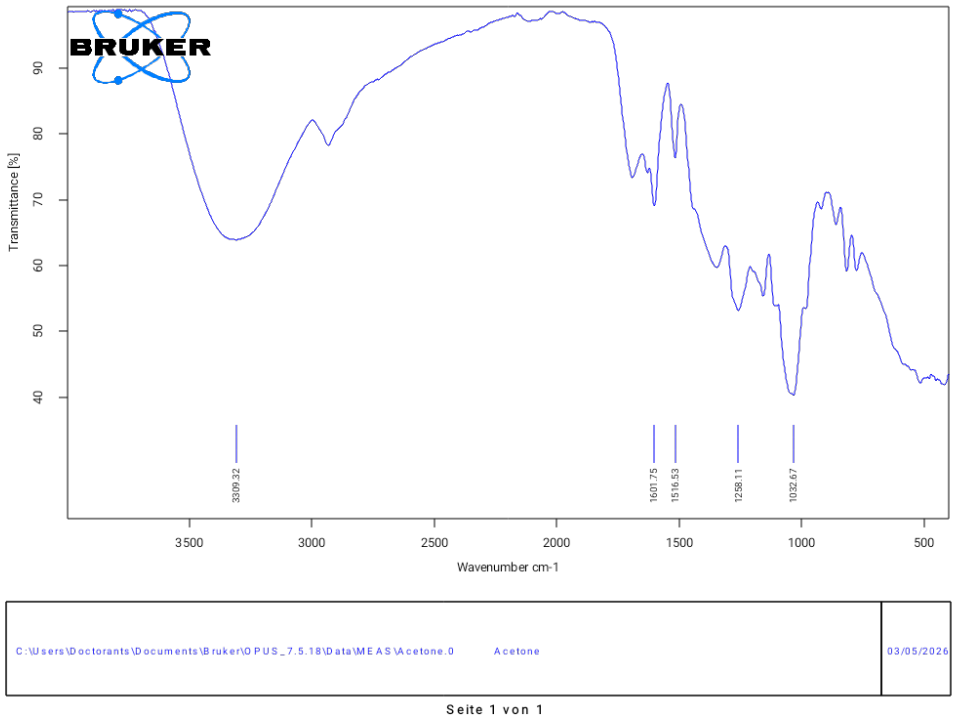


Figure 10 : Bandes d'absorotion FTIR de l'extrait acétonique de mentha suaveolens.

Tableau 4 :Principales bandes FTIR des extraits éthanolique, méthanolique, acétonique

Attribution des bandes	Éthanol (cm^{-1})	Méthanol (cm^{-1})	Acétone (cm^{-1})	Interprétation
Élongation O–H	3301.48	3296.46	3302.42	Groupes hydroxyles des composés phénoliques, flavonoïdes et alcools
Vibrations C=C aromatiques / C=O conjugué	1628.40	1600.69	1601.75	Structures aromatiques des polyphénols et flavonoïdes
Vibrations du squelette aromatique	–	–	1516.53	Noyaux aromatiques des composés phénoliques

Déformation C–H (CH_3/CH_2)	1384.23	1349.06	–	Composés aliphatiques et terpéniques
Élongation C–O	1045.30	1042.12	1248.11	Alcools, éthers et composés phénoliques oxygénés
Élongation C–O	–	–	1042.67	Glycosides et dérivés phénoliques

Interprétation générale

Les spectres FTIR des extraits éthanolique, méthanolique et acétonique de *Mentha suaveolens* présentent des bandes caractéristiques des composés phénoliques et flavonoïdes. La large bande observée autour de 3300 cm^{-1} est attribuée aux vibrations d'élongation des groupements hydroxyles (O–H), indiquant la présence de composés phénoliques, d'alcools et de flavonoïdes **(Coates, 2006 ; Silverstein et al., 2014).** Les bandes localisées entre 1600 et 1630 cm^{-1} correspondent aux vibrations des doubles liaisons C=C des cycles aromatiques, fréquemment observées dans les polyphénols et flavonoïdes **(Socrates, 2004).**

Les bandes enregistrées entre 1349 et 1384 cm^{-1} sont associées aux déformations des groupements méthyle et méthylène (CH_3/CH_2), suggérant la présence de composés aliphatiques et terpéniques. Les bandes comprises entre 1040 et 1250 cm^{-1} sont attribuées aux vibrations d'élongation C–O des alcools, éthers et glycosides phénoliques, confirmant la présence de métabolites secondaires oxygénés **(Coates, 2006 ; Silverstein et al., 2014).**

La comparaison des trois extraits met en évidence des profils spectraux similaires, indiquant la présence des mêmes familles de métabolites secondaires. Cependant, les différences observées dans l'intensité des bandes suggèrent une influence du solvant sur l'efficacité d'extraction. Cette observation est cohérente avec les résultats du dosage des composés phénoliques et flavonoïdes, qui montrent que l'extrait acétonique possède la teneur la plus élevée en polyphénols totaux (**31,94 ± 0,44 mg EAG/g dw**), tandis que l'extrait méthanolique présente la concentration

la plus importante en flavonoïdes (**14,42 ± 0,42 mg EC/g dw**). Ces résultats confirment que l'acétone et le méthanol sont particulièrement efficaces pour l'extraction des composés phénoliques bioactifs de *Mentha suaveolens***(Dai& Mumper, 2010 ; Do et al., 2014).**

Les profils FTIR rapportés dans plusieurs études consacrées aux espèces du genre *Mentha* mettent en évidence la présence de bandes caractéristiques des groupements hydroxyles (O–H), des noyaux aromatiques (C=C) et des liaisons C–O, signatures généralement associées aux composés phénoliques, aux flavonoïdes et à d'autres métabolites secondaires oxygénés. **Barros et al. (2013)** ont montré que ces bandes constituent des marqueurs spectroscopiques caractéristiques des extraits riches en polyphénols. De même, **Brahmi et al. (2017)** ont confirmé que les extraits de *Mentha* présentent des profils FTIR dominés par ces fonctions chimiques, reflétant une composition riche en molécules bioactives.

Concernant l'effet du solvant, plusieurs auteurs ont démontré que la nature et la polarité du solvant d'extraction influencent fortement la composition chimique des extraits végétaux. **Dai et Mumper (2010)** ont indiqué que les solvants polaires, notamment le méthanol et les mélanges hydro-organiques, permettent une meilleure extraction des composés phénoliques, tandis que **Do et al. (2014)** ont souligné que les différences de polarité modifient la sélectivité de l'extraction des polyphénols et des flavonoïdes. Par ailleurs, **Sulaiman et al. (2011)** ont montré que l'acétone peut être plus performante que certains autres solvants pour l'extraction de plusieurs classes de composés phénoliques dans les plantes médicinales. Les variations observées entre les différentes études sont généralement attribuées à des facteurs tels que l'origine géographique du matériel végétal, les conditions environnementales, le stade physiologique de la plante ainsi que les protocoles d'extraction employés.

III.3 .dosage des composés phynolyques

III.3.1. dosages des polyphénols totaux et flavonoides

Les résultats de la quantification des composés phénoliques et flavonoïdiques de *Mentha suaveolens* L. ont montré que le type de solvant d'extraction influence significativement la récupération de ces métabolites secondaires. L'extrait

acétonique a présenté la teneur la plus élevée en polyphénols totaux (31,94 ± 0,44 mg EAG/g MS), suivi de l'extrait méthanolique (27,50 ± 0,33 mg EAG/g MS) et de l'extrait éthanolique (17,86 ± 0,30 mg EAG/g MS).

Concernant les flavonoïdes totaux, l'extrait méthanolique a révélé la concentration la plus importante (14,42 ± 0,42 mg EQ/g MS), suivi de l'extrait acétonique (10,33 ± 0,14 mg EQ/g MS), tandis que l'extrait éthanolique a présenté la teneur la plus faible (6,76 ± 0,04 mg EQ/g MS). Ces résultats indiquent que le méthanol est particulièrement efficace pour l'extraction des flavonoïdes, alors que l'acétone favorise davantage l'extraction des composés phénoliques totaux.

Les différences observées entre les extraits peuvent être attribuées à la polarité des solvants utilisés ainsi qu'à leur affinité vis-à-vis des différentes classes de composés phénoliques. L'acétone, de polarité intermédiaire, est connue pour sa capacité à extraire efficacement certains composés phénoliques de faible et moyenne polarité, tandis que le méthanol est souvent considéré comme l'un des meilleurs solvants pour l'extraction des flavonoïdes en raison de sa forte polarité.

Les résultats obtenus sont en accord avec ceux **de Krzyżanowska et al. (2021),** qui ont rapporté que *Mentha suaveolens* est riche en composés phénoliques et que leur teneur varie considérablement selon le solvant d'extraction utilisé. De même**, Brahmi et al. (2017)** ont observé chez plusieurs espèces algériennes du genre *Mentha* des teneurs en polyphénols comprises entre 14,66 et 43,21 mg EAG/g MS, valeurs comparables à celles obtenues dans la présente étude. Les auteurs ont également souligné que le méthanol et l'acétone permettent généralement une meilleure extraction des composés phénoliques que l'éthanol.

Par ailleurs, la teneur élevée en polyphénols de l'extrait acétonique pourrait expliquer sa meilleure activité antioxydante observée lors du test DPPH (IC50 = 0,675 mg/mL). Cette relation entre richesse en composés phénoliques et pouvoir antioxydant a été largement documentée dans la littérature et confirme le rôle majeur de ces métabolites dans la neutralisation des radicaux libres.

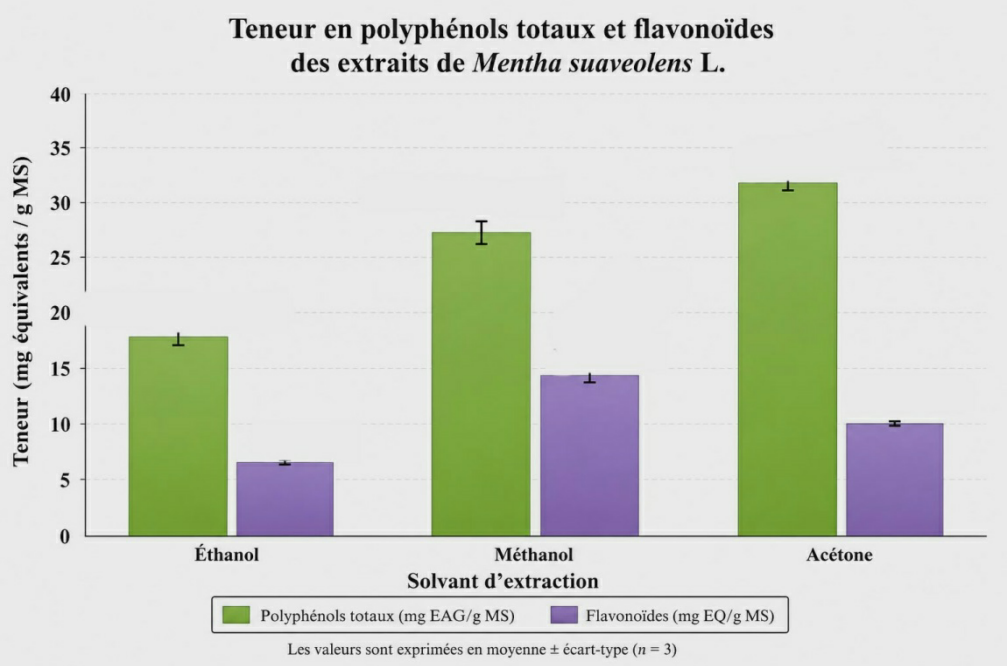


Figure 11 : teneur polyphénols totaux et flavonoides des différentes extraits de *M .Sauveolens*

III.4. Activité antioxydante

L'activité antioxydante des extraits de *Mentha suaveolens* . a été évaluée à l'aide du test de piégeage du radical libre DPPH. Les résultats, exprimés en valeurs d'IC50, ont révélé des différences significatives entre les extraits. L'extrait acétonique a présenté l'activité antioxydante la plus élevée avec la plus faible valeur d'IC50 (0,675 ± 0,0065 mg/mL), suivi de l'extrait éthanolique (1,483 ± 0,0285 mg/mL) puis de l'extrait méthanolique (1,672 ± 0,057 mg/mL). L'acide ascorbique, utilisé comme antioxydant de référence, a montré une valeur d'IC50 beaucoup plus faible (0,021 ± 0,0001 mg/mL), traduisant une capacité de piégeage des radicaux libres nettement supérieure.

La forte activité antioxydante de l'extrait acétonique pourrait être attribuée à sa teneur élevée en composés phénoliques totaux (31,94 ± 0,44 mg EAG/g MS). Plusieurs études ont mis en évidence une corrélation positive entre la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante chez les espèces du genre *Mentha*. **Krzyżanowska et al. (2021)** ont rapporté que *M. suaveolens* présentait l'une des teneurs en polyphénols les plus élevées parmi treize espèces de *Mentha* (58,93 ± 8,39 mg EAG/g), et que l'activité antioxydante était étroitement liée à la

concentration en composés phénoliques. Les auteurs ont ainsi conclu que ces composés constituent les principaux responsables du pouvoir antioxydant des extraits de menthe.

Les résultats obtenus dans la présente étude sont également en accord avec ceux **d'Ahmad et al. (2012)**, qui ont mis en évidence une forte activité antiradicalaire des extraits méthanoliques de *M. suaveolens*, atteignant environ 82 % d'inhibition du radical DPPH. Ces observations confirment le potentiel antioxydant important de cette espèce.

Par ailleurs, **Elansary et al. (2022)** ont étudié les propriétés antioxydantes des extraits et de l'huile essentielle de *M. suaveolens* et ont rapporté une activité significative de piégeage du radical DPPH, attribuée principalement à la présence de composés phénoliques et d'autres métabolites bioactifs.

Dans l'ensemble, l'activité antioxydante observée dans cette étude semble fortement dépendre de la composition phénolique des extraits. L'extrait acétonique, qui a présenté la teneur la plus élevée en composés phénoliques, a également montré la meilleure activité antioxydante. Ces résultats soutiennent l'hypothèse selon laquelle les composés phénoliques constituent les principaux contributeurs au potentiel antioxydant de *Mentha suaveolens* .

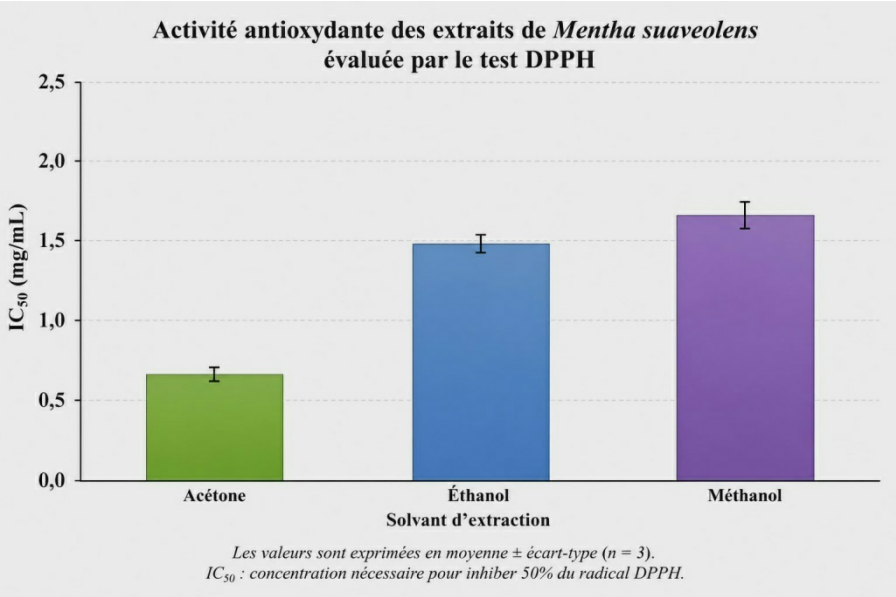


Figure 12 : Activité antiradicalaire des différentes extraits de M.Sauveolens évaluée par le test DPPH.

IC50 : concentration inhibitrice à 50% est faible, plus l'activité antioxydante est forte

Les études antérieures consacrées à *Mentha suaveolens* et à d'autres espèces du genre *Mentha* ont montré que la teneur en composés phénoliques et en flavonoïdes dépend fortement du solvant d'extraction. **Krzyżanowska et al. (2021)** ont rapporté que les solvants organiques de polarité différente présentent des efficacités variables pour l'extraction des métabolites phénoliques, en raison de leur affinité avec les différentes familles de composés bioactifs. De même, **Brahmi et al. (2017)** ont observé, chez plusieurs espèces algériennes de *Mentha*, une importante variabilité des teneurs en polyphénols selon le protocole d'extraction, tout en soulignant la bonne performance du méthanol et de l'acétone par rapport à l'éthanol.

Des observations similaires ont été rapportées par **Dai et Mumper (2010),** qui ont montré que l'efficacité d'extraction des composés phénoliques est étroitement liée à la polarité du solvant et à la structure chimique des métabolites ciblés. **Do et al. (2014)** ont également confirmé que la composition des extraits végétaux varie considérablement selon le solvant utilisé, ce qui explique les différences fréquemment observées entre les études. Par ailleurs, **Sulaiman et al. (2011**) ont indiqué que l'acétone est particulièrement efficace pour l'extraction de certains polyphénols, tandis que le méthanol présente une meilleure affinité pour plusieurs classes de flavonoïdes.

En outre, plusieurs auteurs ont mis en évidence une corrélation positive entre la richesse en composés phénoliques et l'activité antioxydante des extraits végétaux. Selon **Kähkönen et al. (1999) et Dai et Mumper (2010)**, les polyphénols et les flavonoïdes constituent les principaux composés responsables de la capacité des extraits à neutraliser les radicaux libres grâce à leurs propriétés réductrices et à leur aptitude à céder des atomes d'hydrogène ou des électrons. Cette relation est aujourd'hui largement reconnue dans la littérature consacrée aux plantes aromatiques et médicinales.

III.5. Activité anti-diabétique

Les résultats montrent une augmentation dose-dépendante de l'inhibition pour

tous les extraits testés. À la concentration de 2,5 mg/ml, les extraits acétonique et méthanolique ont présenté les activités inhibitrices les plus élevées ,tandis que l'extrait éthanolique a montré une activité plus faible. L'acarbose, utilisé comme contrôle positif, a affiché une inhibition nettement supérieure

Les valeurs de CI_{50} obtenues confirment ces observations, avec des valeurs de 2,24 mg/ml pour l'extrait acétonique, 2,47 mg/ml pour l'extrait méthanolique et 4,16 mg/ml pour l'extrait éthanolique.

LaCI_{50}del'acarbose (1,21 mg/ml) indique une efficacité inhibitrice plus importante que celle des extraits végétaux.

Ces résultats sont comparables à ceux rapportés pour d'autres espèces du genre *Mentha*. Par exemple, **Nickavar et Abolhasani (2009)** ont montré que les extraits riches en composés phénoliques de plusieurs espèces de *Mentha* exercent une inhibition significative de l'α-amylase. De même, **Meddour et al. (2019)** ont attribué l'activité antidiabétique de plantes aromatiques méditerranéennes à leur forte teneur en flavonoïdes et acides phénoliques. L'activité observée dans cette étude pourrait ainsi être liée à la présence de composés phénoliques bioactifs, capables d'interagir avec le site actif de l'enzyme et de réduire l'hydrolyse de l'amidon.

Les valeurs élevées de R^2 (0,954–0,993) indiquent une forte corrélation entre la concentration des extraits et l'activité inhibitrice. Ces résultats suggèrent que les extraits acétonique et méthanolique de *M. suaveolens* pourraient constituer des sources naturelles prometteuses d'inhibiteurs de l'α-amylase pour la gestion du diabète de type 2

L'étude cinétique de l'α-amylase a été réalisée afin de caractériser le mode d'action des extraits méthanolique, acétonique et éthanolique de *Mentha suaveolens* à travers les paramètres de Michaelis-Menten, notamment la vitesse maximale (Vmax) et la constante de Michaelis (Km). Les résultats obtenus montrent que le contrôle présente une Vmax de 500,00 µmol/min et une Km de 1,00 mmol/L.

En présence de l'extrait méthanolique, la Vmax demeure inchangée (500,00 µmol/min), tandis que la valeur de Km augmente à 1,50 mmol/L. Cette augmentation traduit une diminution de l'affinité de l'enzyme pour son substrat sans altération de sa capacité catalytique maximale, ce qui est caractéristique d'un mécanisme d'inhibition compétitive. Un comportement similaire a été

observé pour l'extrait acétonique, qui présente une Vmax comparable à celle du contrôle (500,00 ± 0,12 µmol/min), mais une augmentation plus marquée de la Km (2,415 ± 0,12 mmol/L), suggérant une inhibition compétitive plus prononcée.

À l'inverse, l'extrait éthanolique induit une diminution significative de la Vmax à 333,33 µmol/min alors que la Km demeure inchangée (1,00 mmol/L). Ce profil cinétique est caractéristique d'une inhibition non compétitive, dans laquelle l'inhibiteur se fixe sur un site allostérique distinct du site actif, réduisant l'activité catalytique de l'enzyme sans affecter son affinité pour le substrat.

Dans l'ensemble, les résultats indiquent que les extraits méthanolique et acétonique agissent principalement selon un mécanisme d'inhibition compétitive, tandis que l'extrait éthanolique exerce une inhibition non compétitive. L'effet plus marqué de l'extrait acétonique pourrait être associé à sa teneur élevée en polyphénols totaux (31,94 ± 0,44 mg EAG/g MS), alors que l'activité de l'extrait méthanolique pourrait être liée à sa richesse en flavonoïdes (14,42 ± 0,42 mg EQ/g MS). Ces composés sont largement reconnus pour leur capacité à interagir avec les enzymes digestives impliquées dans le métabolisme des glucides.

Ces observations concordent avec les travaux de **McCue et Shetty (2004**), qui ont montré que l'acide rosmarinique et d'autres composés phénoliques présents chez les espèces de la famille des Lamiaceae peuvent inhiber l'α-amylase en entrant en compétition avec le substrat au niveau du site actif, ce qui se traduit par une augmentation de la Km sans modification notable de la Vmax. De même, **Kwon et al. (2007)** ont rapporté que les extraits végétaux riches en flavonoïdes et en acides phénoliques peuvent présenter différents mécanismes d'inhibition enzymatique selon leur composition chimique. Certains composés agissent comme inhibiteurs compétitifs, tandis que d'autres exercent une inhibition non compétitive par liaison à des sites allostériques.

Par ailleurs, **Tundis et al. (2010)** ont souligné que les polyphénols, flavonoïdes et tanins condensés constituent d'importants inhibiteurs naturels de l'α-amylase et de l'α-glucosidase. Les différences observées entre les extraits de *M. suaveolens* pourraient ainsi résulter de variations qualitatives et quantitatives de ces métabolites secondaires en fonction du solvant d'extraction utilisé.

La corrélation observée entre la richesse en composés phénoliques et l'activité inhibitrice de l'α-amylase renforce l'hypothèse selon laquelle ces métabolites

jouent un rôle majeur dans le potentiel antidiabétique de *M. suaveolens*. En limitant l'hydrolyse de l'amidon et la libération rapide du glucose, ces extraits pourraient contribuer à la réduction de l'hyperglycémie postprandiale et représenter ainsi une source prometteuse de molécules bioactives pour le développement d'agents naturels destinés à la prévention et à la gestion du diabète de type 2.

- **Extrait méthanolique**

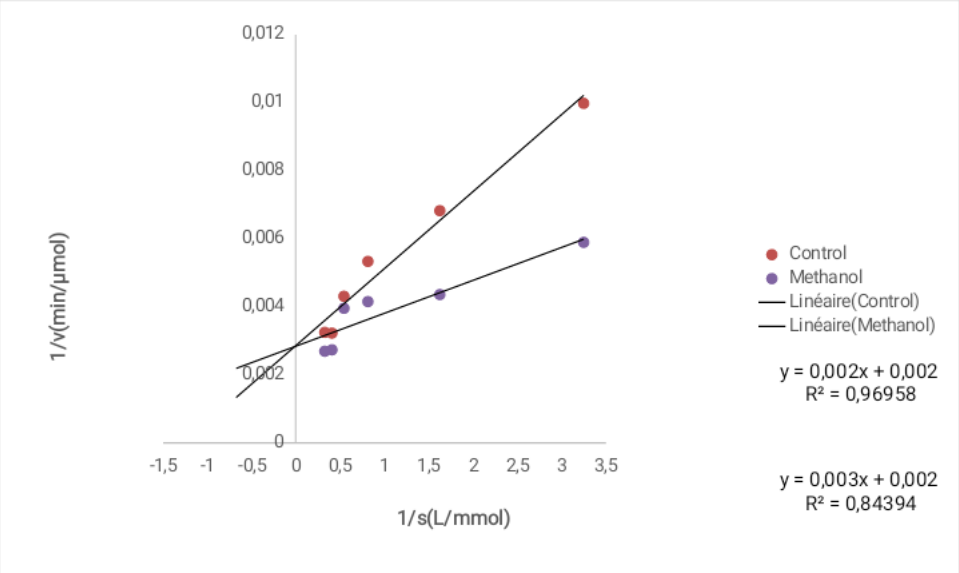


Figure 13: Représentation de Lineweaver-Burk de l'activité α-amylase en absence (témoin) et en présence de l'extrait méthanolique de _Mentha suaveolens_. Les résultats sont exprimés en moyenne ± écart-type (n = 3).

- **Extrait acétonique**

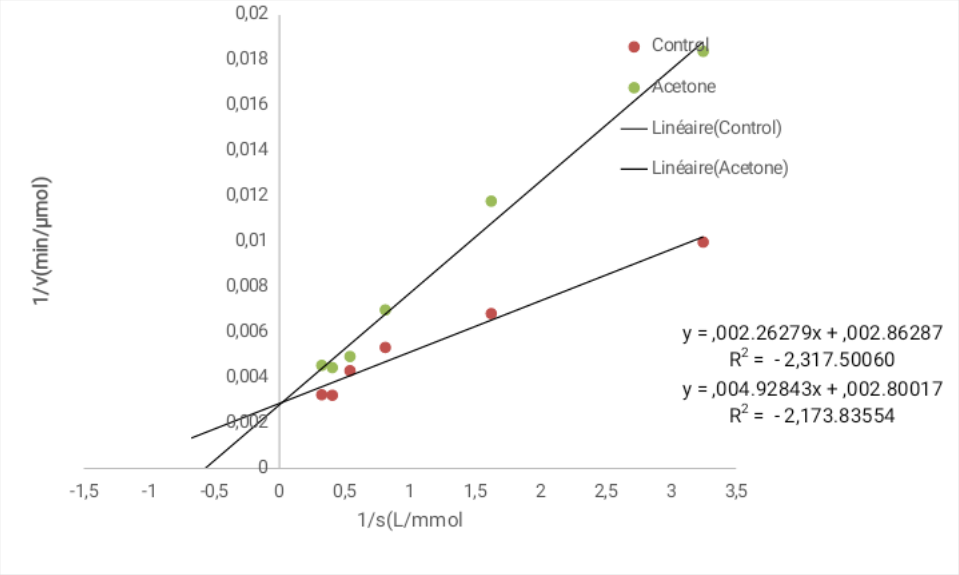


Figure 14: Représentation de Lineweaver-Burk de l'activité α-amylase en absence (témoin) et en présence de l'extrait acétonique de _Mentha suaveolens_. Les résultats sont exprimés en moyenne ± écart-type (n = 3).

❖ **Extrait éthanolique**

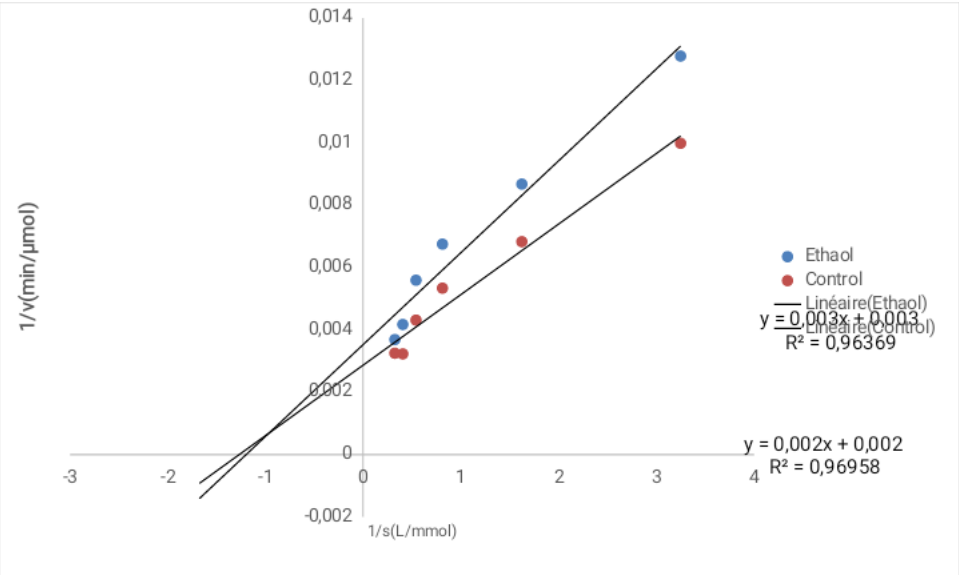


Figure 15 : Représentation de Lineweaver-Burk de l'activité α-amylase en absence (témoin) en présence de l'extrait éthanolique de _Mentha suaveolens_. Les résultats sont exprimés en moyenne ± écart-type (n = 3)

Les propriétés antidiabétiques des espèces du genre *Mentha* ont été largement rapportées dans la littérature, notamment à travers leur capacité à inhiber les

enzymes digestives impliquées dans le métabolisme des glucides. **Nickavar et Abolhasani (2009)** ont montré que les extraits riches en composés phénoliques présentent une inhibition significative de l'α-amylase, attribuée principalement aux flavonoïdes et aux acides phénoliques. De même, **Meddour et al. (2019**) ont souligné que les plantes aromatiques méditerranéennes riches en métabolites phénoliques constituent des sources prometteuses d'inhibiteurs naturels de l'α-amylase et de l'α-glucosidase.

Plusieurs études ont également démontré que le mécanisme d'inhibition dépend de la nature des composés bioactifs présents dans les extraits. **McCue et Shetty (2004)** ont rapporté que l'acide rosmarinique et plusieurs polyphénols de la famille des Lamiaceae agissent principalement par inhibition compétitive, en se liant au site actif de l'enzyme et en réduisant son affinité pour le substrat. À l'inverse, **Kwon et al. (2007**) ont montré que certains flavonoïdes et acides phénoliques peuvent également exercer une inhibition non compétitive par interaction avec des sites allostériques, ce qui traduit la diversité des mécanismes d'action des extraits végétaux.

Par ailleurs, **Tundis et al. (2010**) ont indiqué que les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins condensés figurent parmi les inhibiteurs naturels les plus efficaces de l'α-amylase et de l'α-glucosidase. Les auteurs ont également précisé que les différences observées entre les extraits végétaux sont généralement liées à leur composition qualitative et quantitative en métabolites secondaires, elle-même influencée par le solvant d'extraction, l'origine botanique de la plante et les conditions de culture.

Enfin, plusieurs travaux ont mis en évidence une corrélation positive entre la teneur en composés phénoliques et le potentiel antidiabétique des extraits végétaux. Selon **McCue et Shetty (2004), Tundis et al. (2010) et Xiao et Högger (2015)**, les polyphénols exercent leur activité inhibitrice grâce à leurs interactions avec les résidus catalytiques des enzymes digestives, contribuant ainsi à ralentir l'hydrolyse de l'amidon et à limiter l'élévation de la glycémie postprandiale. Ces observations soutiennent l'intérêt des plantes médicinales comme source potentielle de molécules naturelles destinées au développement de nouveaux

agents antidiabétiques.

III.6.Activité anti-inflamatoire

III 6.1. Activité de stabilisation membranaire en milieu hypotonique

La stabilisation de la membrane érythrocytaire constitue un modèle largement utilisé pour évaluer le potentiel anti-inflammatoire des extraits végétaux. Les résultats obtenus pour les extraits éthanolique, méthanolique et acétonique de *Mentha suaveolens* sont présentés dans le Tableau X.

Les trois extraits ont montré une activité protectrice significative contre l'hémolyse induite par le milieu hypotonique, avec une augmentation de l'effet en fonction de la concentration testée (0,01–0,1 mg/mL). Cette activité dose-dépendante suggère une capacité croissante des composés bioactifs à stabiliser la membrane des globules rouges et à limiter les dommages cellulaires.

Parmi les extraits étudiés, l'extrait méthanolique a présenté l'activité la plus élevée. À la concentration maximale, son activité était très proche de celle du diclofénac (63,78 ± 0,25 %), utilisé comme référence.L'extrait acétonique a également montré une activité importante, tandis que l'extrait éthanolique a présenté une activité plus modérée . L'ordre d'efficacité observé est donc : **Méthanol > Acétone > Éthanol**.

Ces résultats peuvent être attribués à la richesse de l'extrait méthanolique en composés phénoliques et flavonoïdes, connus pour leur capacité à stabiliser les membranes biologiques et à inhiber la libération des médiateurs de l'inflammation. Des observations similaires ont été rapportées pour plusieurs espèces de la famille des Lamiacées, où les extraits riches en polyphénols présentent une forte activité de protection membranaire (**Shinde et al., 1999 ; Oyedepo et al., 2004).**

L'activité de stabilisation de la membrane érythrocytaire est largement reconnue comme un indicateur du potentiel anti-inflammatoire des extraits végétaux, en raison de la similitude structurale existant entre la membrane des érythrocytes et celle des lysosomes. Selon **Shinde et al. (1999),** les composés capables de préserver l'intégrité de la membrane des globules rouges sont également susceptibles de limiter la libération des enzymes lysosomales impliquées dans le processus inflammatoire. Cette approche est aujourd'hui couramment utilisée

pour le criblage in vitro des substances à potentiel anti-inflammatoire.

Plusieurs études portant sur les espèces de la famille des Lamiaceae ont attribué cette activité à la présence de composés phénoliques, de flavonoïdes et d'acides phénoliques. **Oyedepo et al. (2004)** ont montré que ces métabolites secondaires exercent un effet protecteur sur les membranes biologiques grâce à leurs propriétés antioxydantes et à leur capacité à limiter les dommages induits par le stress oxydatif. De même, **Gülçin et al. (2004)** ont rapporté que les extraits de plantes aromatiques riches en polyphénols présentent une activité anti-inflammatoire importante en inhibant la peroxydation lipidique et en stabilisant les membranes cellulaires.

Par ailleurs, des travaux consacrés au genre *Mentha* ont confirmé que les activités anti-inflammatoires observées sont principalement liées à la richesse des extraits en acide rosmarinique, en flavonoïdes et en autres composés phénoliques. Selon **Nickavar et Alinaghi (2010)**, ces molécules interviennent en réduisant la production des médiateurs pro-inflammatoires, notamment les prostaglandines, les cytokines et les espèces réactives de l'oxygène. Les différences rapportées entre les extraits dans la littérature sont généralement attribuées à la nature du solvant d'extraction, à la composition phytochimique des extraits ainsi qu'à l'origine botanique et géographique du matériel végétal.

III.6.2. Inhibition de l'hémolyse induite par la chaleur

Cet essai évalue la capacité des extraits à protéger la membrane érythrocytaire contre les dommages provoqués par un stress thermique, mécanisme étroitement lié aux processus inflammatoires.

Tous les extraits de *Mentha suaveolens* ont montré une activité protectrice notable contre l'hémolyse thermique. Toutefois, contrairement à l'essai en milieu hypotonique, l'activité a légèrement diminué avec l'augmentation de la concentration.

À la concentration de 0,01 mg/mL, l'extrait acétonique a présenté l'activité la plus élevée , suivi des extraits éthanolique et méthanolique . Le diclofénac a montré des pourcentages d'inhibition compris entre 41,62 ± 0,87 % et 31,69 ± 0,90 %, inférieurs à ceux observés pour les extraits végétaux à plusieurs concentrations.

Ainsi, l'extrait acétonique s'est révélé le plus efficace dans ce modèle expérimental, dépassant même l'activité du médicament de référence.

Cette forte activité pourrait être liée à l'extraction par l'acétone de certains composés phénoliques ou terpéniques présentant une affinité élevée pour les constituants membranaires et capables de prévenir la dénaturation des protéines induite par la chaleur. Selon **Mizushima et Kobayashi (1968),** la stabilisation des membranes lysosomales et érythrocytaires constitue l'un des mécanismes majeurs expliquant l'effet anti-inflammatoire des substances naturelles.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus démontrent que *Mentha suaveolens* possède un potentiel anti-inflammatoire prometteur. L'extrait méthanolique s'est distingué dans le test de stabilisation membranaire en milieu hypotonique, tandis que l'extrait acétonique a présenté la meilleure activité dans l'essai d'hémolyse induite par la chaleur.

Les études récentes confirment que les espèces du genre *Mentha* constituent une source importante de molécules à potentiel anti-inflammatoire, notamment l'acide rosmarinique, les flavonoïdes et les acides phénoliques. Une revue récente a souligné que ces composés sont capables de moduler plusieurs voies de l'inflammation en inhibant la production des cytokines pro-inflammatoires, le stress oxydatif et la peroxydation lipidique, tout en préservant l'intégrité des membranes cellulaires.

Selon **Mergová et al. (2023),** l'acide rosmarinique est l'un des métabolites phénoliques majeurs des espèces de *Mentha* et contribue de manière significative à leurs propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. Les auteurs indiquent que la richesse de ce composé, associée à d'autres polyphénols, explique en grande partie la capacité des extraits de menthe à protéger les cellules contre les dommages induits par différents agents de stress.

Par ailleurs, plusieurs travaux montrent que l'activité anti-inflammatoire des extraits de *Mentha* résulte d'un effet synergique entre les composés phénoliques et les constituants terpéniques plutôt que de l'action d'une seule molécule. Les variations observées entre les extraits sont généralement attribuées à la nature du solvant d'extraction, qui influence la composition qualitative et quantitative des

métabolites secondaires, mais également à l'origine géographique de la plante, aux conditions de culture et au stade de développement de la matière végétale.

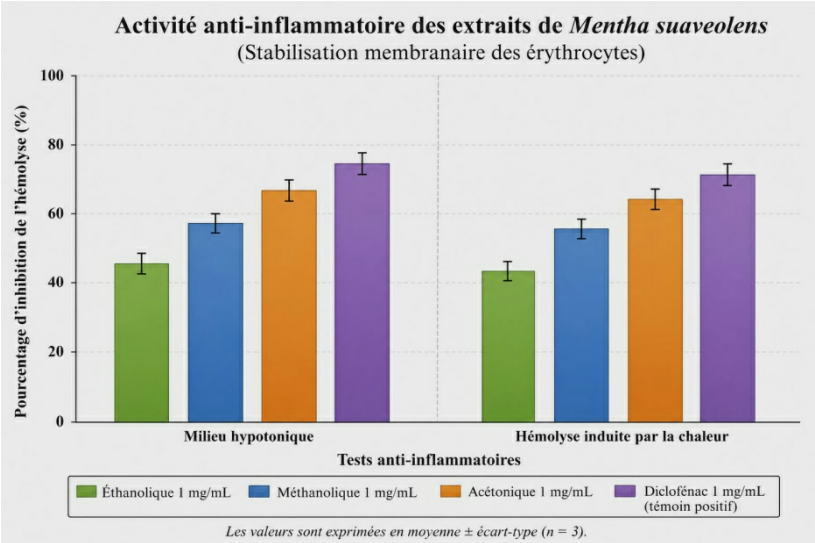


Figure 16: Activité de stabilisation membranaire des érythrocytes en milieu hypotonique des différentes extraits de *mentha suaveolens*

Conclusion

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le présent travail a été réalisé dans le cadre de l'étude phytochimique et de l'évaluation des activités biologiques de la plante médicinale *Mentha suaveolens.* Cette étude s'inscrit dans une démarche de valorisation des ressources végétales naturelles et de recherche de nouvelles sources de molécules bioactives susceptibles d'être utilisées dans les domaines pharmaceutique, thérapeutique et alimentaire.

L'objectif principal de cette étude était d'analyser l'influence du solvant d'extraction sur la récupération des métabolites secondaires ainsi que sur les propriétés biologiques des extraits obtenus. Pour cela, une extraction assistée par ultrasons a été réalisée à l'aide de trois solvants de polarité différente : l'éthanol, le méthanol et l'acétone.

Les résultats obtenus ont montré que le rendement d'extraction varie significativement selon le solvant utilisé. L'extrait éthanolique a présenté le rendement le plus élevé avec une valeur de 5,69 %, suivi de l'extrait méthanolique (4,61 %) puis de l'extrait acétonique (3,27 %). Ces différences confirment que la polarité du solvant constitue un facteur déterminant dans l'extraction des métabolites secondaires et dans l'efficacité globale du procédé d'extraction.

L'analyse structurale réalisée par spectroscopie FTIR a permis de mettre en évidence plusieurs bandes caractéristiques correspondant aux groupements fonctionnels associés aux composés phénoliques, flavonoïdes et autres métabolites secondaires oxygénés. La présence de bandes attribuées aux groupements hydroxyles (O–H), aux structures aromatiques (C=C) ainsi qu'aux fonctions C–O confirme la richesse chimique des extraits étudiés et suggère la présence de molécules reconnues pour leurs propriétés biologiques importantes.

L'étude quantitative des composés phytochimiques a révélé des variations importantes selon le solvant d'extraction. L'extrait acétonique a présenté la teneur la plus élevée en polyphénols totaux avec une valeur de 31,94 ± 0,44 mg EAG/g MS, alors que l'extrait méthanolique a enregistré la concentration la plus importante en flavonoïdes avec une valeur de 14,42 ± 0,42 mg EQ/g MS. L'extrait éthanolique a présenté les valeurs les plus faibles pour ces deux familles de composés. Ces

résultats démontrent que chaque solvant possède une sélectivité spécifique vis-à-vis des métabolites extraits.

L'évaluation de l'activité antioxydante par le test DPPH a montré que l'ensemble des extraits possède une capacité de neutralisation des radicaux libres, avec toutefois des différences importantes d'efficacité. L'extrait acétonique s'est distingué par la meilleure activité antioxydante avec une valeur IC50 de 0,675 ± 0,0065 mg/mL, suivi de l'extrait éthanolique (1,483 ± 0,0285 mg/mL) puis de l'extrait méthanolique (1,672 ± 0,057 mg/mL). Même si l'acide ascorbique utilisé comme référence a présenté une activité supérieure, les résultats obtenus confirment le potentiel antioxydant remarquable de Mentha suaveolens. Cette activité semble fortement corrélée à la richesse en composés phénoliques, connus pour leur capacité à céder des électrons ou des atomes d'hydrogène afin de neutraliser les espèces réactives de l'oxygène.

Concernant l'activité antidiabétique, les résultats ont mis en évidence une inhibition dose-dépendante de l'enzyme α-amylase pour tous les extraits étudiés. L'extrait acétonique a présenté l'activité inhibitrice la plus importante avec une valeur IC50 de 2,24 mg/mL, suivi du méthanol (2,47 mg/mL), tandis que l'extrait éthanolique a montré une activité plus faible (4,16 mg/mL). Les études cinétiques ont permis de montrer que les extraits méthanolique et acétonique agissent principalement selon un mécanisme d'inhibition compétitive, alors que l'extrait éthanolique agit selon un mécanisme non compétitif. Ces observations indiquent que les composés présents dans les extraits sont capables d'interagir avec les enzymes digestives impliquées dans le métabolisme des glucides et pourraient contribuer à la régulation de l'hyperglycémie.

L'ensemble des résultats obtenus met en évidence une relation étroite entre la composition phytochimique et les activités biologiques observées. Les extraits les plus riches en composés phénoliques ont généralement présenté les meilleures activités biologiques, ce qui confirme le rôle essentiel de ces métabolites dans les propriétés fonctionnelles des plantes médicinales.

En conclusion, cette étude démontre que Mentha suaveolens constitue une source naturelle riche en composés bioactifs présentant des propriétés antioxydantes et antidiabétiques prometteuses. L'extrait acétonique apparaît comme le plus performant pour la majorité des paramètres étudiés, tandis que le méthanol s'est

montré particulièrement efficace pour l'extraction des flavonoïdes.

Cependant, malgré les résultats encourageants obtenus dans cette étude in vitro, des investigations complémentaires restent nécessaires afin d'identifier précisément les molécules responsables des activités observées, d'évaluer leur innocuité et de confirmer leur efficacité biologique à travers des essais in vivo et cliniques. Une telle approche pourrait ouvrir de nouvelles perspectives pour le développement de produits naturels à visée thérapeutique, nutraceutique ou cosmétique à partir de Mentha suaveolens.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Abdoulaye, Mahama, et al. "Phytochemical screening, DPPH scavenging and antimicrobial activities of leaves of Eucalyptus camaldulensis, Cassia mimosoides and Vepris heterophylla from Northern Cameroon." Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 8.3 (2019): 1814-1819.

Abubakar, E. M. M. (2010). Antibacterial potential of crude leaf extracts of Eucalyptus camaldulensis against some pathogenic bacteria. African Journal of Plant Science, 4(6), 202-209.

Adomou H. et al (2012). Etude Ethnobotanique des plantes médicinales vendues dans le marché d‟Abomey Calavi au Bénin. Université d‟Abomey-Calavi, Cotonou,Bénin.

Ahmad, N., Fazal, H., Ahmad, I. & Abbasi, B.H. (2012). Free radical scavenging potential i Akpata, O. and Ani, A., 2022. Evaluation of anti-inflammatory activity of _Eucalyptus tereticornis_ leaf extract. _Journal of Medicinal Plants Research_, 16(3), pp.45-52. n nine Mentha species. Toxicology and Industrial Health, 28, 83–89. Ansari, P., Akther, S., Saha, T., Rahman, A.B. and Nesa, M.L., 2021. _Eucalyptus citriodora_: a review of its antidiabetic properties. _Journal of Medicinal Plants Studies_, 9(3), pp.112-118.

Ashour, M.L., Abd El-Ghani, H.A. and Saad, A.M., 2019. Anti-inflammatory activity of _Eucalyptus sideroxylon_ bark extract. _Journal of Ethnopharmacology_, 242, p.112044.

Aissani, S., Beltiten, L., & BENHAMADA, W. E. (2017). Activité antimicrobienne de l’extrait méthanolique d’Eucalyptus globulus sur les souches microbiennes cliniques responsables d’otites (Doctoral dissertation, Université de jijel).

Aït youssef M. (2006). Eucalyptus globulus L. In « Plante Médicinale de Kabylie », Ed.: Paris, pp: 126-130 .

Alghamdi, A. I., & Ababutain, I. M. (2019). Research article phytochemical screening and antibacterial activity of eucalyptus camaldulensis’s leaves and bark extracts. Asian Journal of Scientific Research, 12(2), 202-210.

Ameenah, G. (2006). Plantes médicinales : Traditions d'hier et drogues de demain. Molecular aspects of Medicine, 27 (1): 1-93.

Anderson, J. K., et al. (2020).

Aneja K R., Joshi R. (2010). Antimicrobial activity of Syzygium aromaticum and its bud oil against dental cares causing microorganisms. Ethno botanical Leaflets, 14, 960-975.

Anton. R et Lobstein. A, (2005). Plantes aromatiques. Epices, aromates, condiments et huiles. Essentielles. Tec & Doc, Paris, 522.

Athamena S., Chalghem I., Kassah-Laouar A., Laroui S., & Khebri, S., 2010 : Activité anti-oxydante et antimicrobienne d'éxtraits de CuminumcyminumL. Lebanese Science Journal, 11 (1), pp. 69-81 .

Badiaga, M (2011). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de Nauclea Latifolia Smith une plante médicinale Africaine récoltée au Mali Thése de Doctorat.10p.

Balmey M. et Wilson G. (2000). Les guides du naturaliste .Toutes les fleurs de Méditerranée : les fleurs, les graminées, les arbres et arbustes, Ed.: Lausanne Paris,ISBN : 2-60-301179-0, pp: 151-152.

Bardeau F, (2009). Découvrir les bienfaits et les vertus d'une médecine ancestrale. Edit. Fermand Lanore. pp 315 .

Bean, A.R.,(2010). A new subspecies of Eucalyptus sideroxylon A. Cunn. ex Woolls (Myrtaceae) from Queensland. Austrobaileya 8, 139–14.

Bencheikh, D., Gueddah, A., Soualat, K., Ben-aissi, H., Benslama, A., Harrar, A., & Khennouf, S. (2021). Polyphenolic contents, antioxidant and antibacterial activities of aqueous extracts of Eucalyptus globulus L. and Trigonella foenum-greacum L. Journal of Applied Biological Sciences,15(1), 53-63.

Bernfeld, P. (1955). Amylases, α and β. Methods in Enzymology, 1, 149-158. Academic Press.

Bigendako J. M. (2004). Identification et zonage des Eucalyptus globulus au Rwanda. pp : 1 2. http://pdf.usaid.gov .

Bimakr, M., Rahman, R. A., Taip, F. S., Ganjloo, A., Salleh, L. M., Selamat, J., & Hamid, A. (2011).Comparison of different extraction methods for the extraction of major bioactive flavonoid compounds from spearmint (Mentha spicata L.) leaves. Food and BioproductsProcessing, 89(1), 67-72.

Boizot, N. & Charpentier, J.P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Méthodes et outils pour

d'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques, Le Cahier des Techniques de l'INRA, 79-82.

Boizot, N., & Charpentier, J. P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Cahier des Techniques de l'INRA, 79-82.

Boland DJ, (1984). Brooker, MIH, Chippendale, GM, Hall, N, Hyland, BPM, Johnston, RD, Kleinig, DA & Turner, Forest Trees of Australia, Nelson & CSIRO, Melbourne.

Boullard B. (1997). Dictionnaire plantes et des champignons. Ed.: Editions ESTEM, ISBN: 2909455998, pp: 309-310.

Brahmi, F., Khodir, M., Mohamed, C. & Pierre, D. (2017). Chemical composition and biological activities of wild Algerian Mentha species. Arabian Journal of Chemistry, 10(S2), S1816–S1823.

Brahmi, F., Khodir, M., Mohamed, C., & Pierre, D. (2017). Chemical composition and biological activities of Mentha species growing in Algeria: A review. Journal of Essential Oil Research, 29(6), 463–475.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Science and Technology, 28(1), 25-30. https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5.

Bruits M. et Bucar F., 2000.- Antioxidant activity of Nigella sativa essential oil. Phytother. Res., 14, 323-328. Blain, H., Blain, A. and Talarmin, G., 2000. Les anti-inflammatoires non stéroïdiens. _Presse Médicale_, 29(22), pp.1245-1250.

Bruneton, J., 2009. _Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal Plants_. 4th ed. Paris: Lavoisier.

Bruneton J, (2009) Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris; Cachan : Éd. Tec & doc ; Éd. médicales internationales.

Bruneton J, (2015) .Pharmacognosie (5° Éd.) Phytochimie- Plantes médicinales, Tec and Doc, Lavoisier, Paris. pp 1504.

Bruneton, (1999), Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3ème édition, Lavoisier Tec et Doc, Paris, pp 1120 .

Chanforan C, (2010). mise au point d'un modèle stoechio-cinétique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate (Thèse de doctorat). Université d'Avignon.

Coates, J. (2006). Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach. In Encyclopedia of Analytical Chemistry. John Wiley & Sons.

Coates, J. (2006). Interpretation of infrared spectra, a practical approach. Encyclopedia of Analytical Chemistry. John Wiley & Sons.

Dufresne, C. J., & Farnworth, E. R.* (2001). _A review of latest research findings on the health promotion properties of tea_. Journal of Nutritional Biochemistry, 12(7), 404-421.

Dufresne, C. J., & Farnworth, E. R.* (2001). _A review of latest research findings on the health promotion properties of tea_. Journal of Nutritional Biochemistry, 12(7), 404-421.

Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. Molecules, 15(10), 7313-7352.

Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. Molecules, 15(10), 7313–7352.

Dey, P. and Mitra, J., 2013. _Eucalyptus globulus_: phytochemistry and antidiabetic activity. _International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences Review and Research_, 23(1), pp.234-238.

Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., & Ju, Y. H. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of Limnophila aromatica. Journal of Food and Drug Analysis, 22(3), 296–302.

Ellitus, E., 2003. _Diabetes Mellitus: A Handbook for the Primary Care Provider_. Alexandria: American Diabetes Association.

Elansary, H.O., Salem, M.Z.M., Ashmawy, N.A. et al. (2022). Investigation of Chemical Compositions and Biological Activities of Mentha suaveolens L. Molecules, 27, 3110.

Gábor, M., Bíró, K. and Szalay, L., 1988. Flavonoids and the immune system. _Acta Physiologica Hungarica_, 71(4), pp.481-484.

Guingard, J., 1996. _Phytochimie: Des métabolites secondaires aux médicaments_. 2nd ed. Paris: Lavoisier.

Gandhidasan, R., Thamaraichelvan, A., Baburaj, S. (1991). Anti-inflammatory action of Lannea coromandelica by HRBC membrane stabilization. Fitoterapia,62, 81–83.

Karray-Bouraoui, N., Ksouri, R., Falleh, H., Rabhi, M., Jaleel, C. A., Grignon, C., &Lachaal, M. (2010).Effects of environment and development stage on phenolic content and antioxidant activities of Mentha pulegium L. Journal of Food Biochemistry, 34(1), 79-89.

Krzyżanowska, J., Czubacka, A., Olech, M., & Nowak, R. (2021). Phenolic profile and biological activity of Mentha suaveolens Ehrh.: Influence of extraction solvent on phytochemical composition and antioxidant potential. Molecules, 26, 5843.

Krzyżanowska, J., Czubacka, A., Oleszek, W. & Stochmal, A. (2021). Phenolic Compounds and Biological Activity of Selected Mentha Species. Plants, 10, 550.

Krzyżanowska, J., Czubacka, A., Oleszek, W. & Stochmal, A. (2021). Phenolic Compounds and Biological Activity of Selected Mentha Species. Plants, 10, 550.

Kwon, Y. I., Apostolidis, E., Kim, Y. C., & Shetty, K. (2007). Health benefits of traditional corn, beans, and pumpkin: In vitro studies for hyperglycemia and hypertension management. Journal of Medicinal Food, 10(2), 266–275. https://doi.org/10.1089/jmf.2006.234.

l of Pharmacognosy, 33, 65–69.

Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N.* (2010). _Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health_. Pharmacognosy Reviews, 4(8), 118-126.

McCue, P., & Shetty, K. (2004). Inhibitory effects of rosmarinic acid extracts on porcine pancreatic amylase in vitro. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 13(1), 101–106.

Mizushima, Y., Kobayashi, M. (1968). Interaction of anti-inflammatory drugs with serum proteins, especially with some biologically active proteins. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 20, 169–173.

Momina, K. and Rani, R., 2020. Diabetes mellitus: a review. _International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences_, 11(2), pp.1998-2003.

Nickavar, B., & Abolhasani, L. (2009). Screening of antioxidant properties of seven Mentha species.Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 8(1), 43–46.

Oyedapo, O. O., Sab, A. M., & Olagunju, J. A. (2004). Bioactivity of root extracts of Plumbago zeylanica Linn. African Journal of Medicine and Medical Sciences, 33(1), 65-68.

Oyedepo, O.O., Femurewa, A.J. (2004). Anti-protease and membrane stabilizing activities of extracts of Fagra zanthoxyloides. International Journa.

Preedy, V.R., 2013. _Dietary Flavonoids: Chemistry, Food Sources and Health Benefits_. New York: Nova Science Publishers.

Professeur, J., 2005. _Pharmacologie générale et moléculaire_. 5th ed. Paris: Masson.

Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K.* (2005). _Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements_. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(10), 4290-4302.

Qabaha, K., Al-Rimawi, F. and Qasem, I., 2016. Anti-inflammatory activity of plant extracts. _International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research_, 8(5), pp.789-795.

Rockenbach, I. I., Gonzaga, L. V., Rizelio, V. M., Gonçalves, A. E. S. S., Genovese, M. I., & Fett, R.* (2011). _Phenolic compounds and antioxidant activity of seed and skin extracts of red grape (Vitis vinifera and Vitis labrusca) pomace from Brazilian wine industry_. Food Chemistry, 127(4), 1743-1749.

Seeram, N. P., Aviram, M., Zhang, Y., Henning, S. M., Feng, L., Dreher, M., & Heber, D.* (2005). _Comparison of antioxidant potency of commonly consumed polyphenol-rich beverages in the United States_. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(6), 1991-1994.

Shinde, U. A., Phadke, A. S., & Nair, A. M. (1991). Studies on the anti-inflammatory activity of Punica granatum. Journal of Ethnopharmacology, 34(1), 11-15.

Sabiu, S. and Ashafa, A.O., 2016. Evaluation of α-amylase and α-glucosidase inhibitory potentials of _Eucalyptus obliqua_ L'Hér. extracts. _Journal of Traditional and Complementary Medicine_, 6(4), pp.375-379.

Shinde, U.A., Phadke, A.S., Nair, A.M., Mungantiwar, A.A., Dikshit, V.J., Saraf , M.N. (1999).Membrane stabilization activity – A possible mechanism of action for the anti-inflammatory activity of Cedrus deodara wood oil. Fitoterapia, 70, 251–257.

Shinde, U.A., Phadke, A.S., Nair, A.M., Mungantiwar, A.A., Dikshit, V.J., Saraf, M.N. (1999). Membrane stabilization activity – A possible mechanism of action for the anti-inflammatory activity of Cedrus deodara wood oil. Fitoterapia, 70, 251–257.

Silverstein, R. M., Webster, F. X., & Kiemle, D. J. (2014). Spectrometric identification of organic compounds (8th ed.). John Wiley & Sons.

Silverstein, R. M., Webster, F. X., Kiemle, D. J., & Bryce, D. L. (2014). Spectrometric Identification of Organic Compounds (8th ed.). Wiley.

Socrates, G. (2004). Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies: Tables and Charts (3rd ed.). Wiley.

Socrates, G. (2004). Infrared and Raman characteristic group frequencies: Tables and charts (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Tundis, R., Loizzo, M. R., & Menichini, F. (2010). Natural products as α-amylase and α-glucosidase inhibitors and their role in diabetes management. Mini-Reviews in

Medicinal Chemistry, 10(4), 315 331. https://doi.org/10.2174/138955710791331007.

Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry, 64(4), 555-559. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2.

Annexes

Annexes

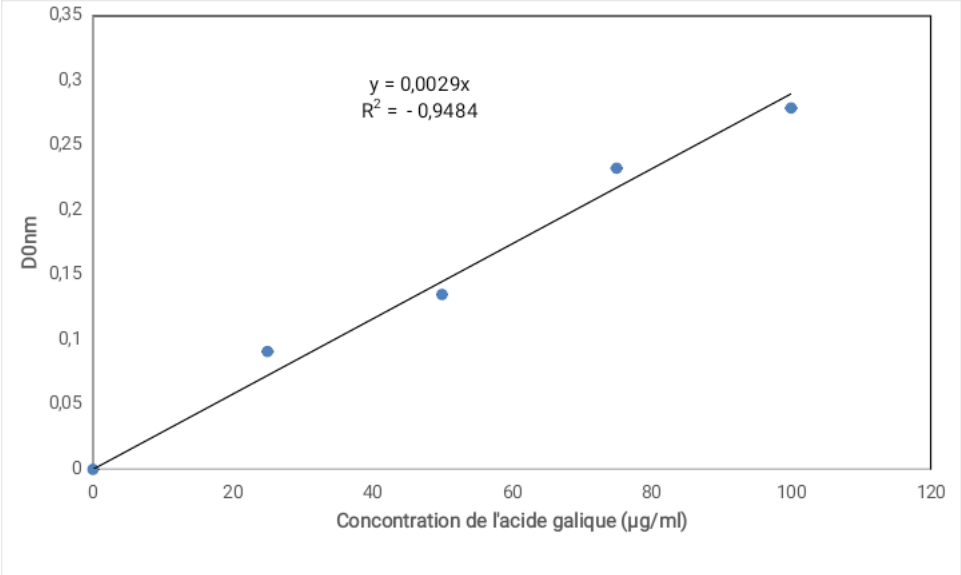


Figure.17 :courbe d'étalonnage de l'acide galique utilisée pour le dosage des polyphénols totaux

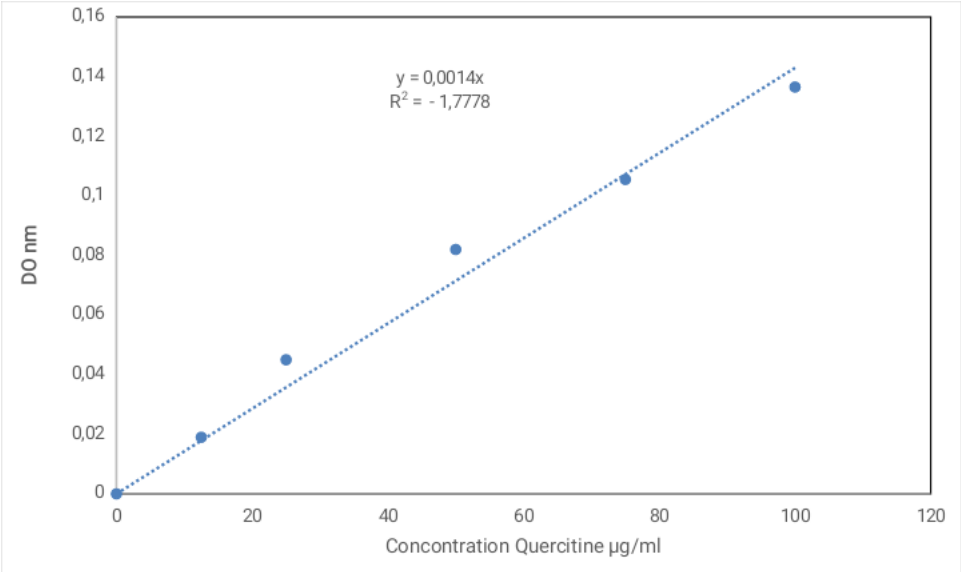


Figure.18 : courbe d'étalonnage de la quercitine utilisée pour le dosage des flavonoides

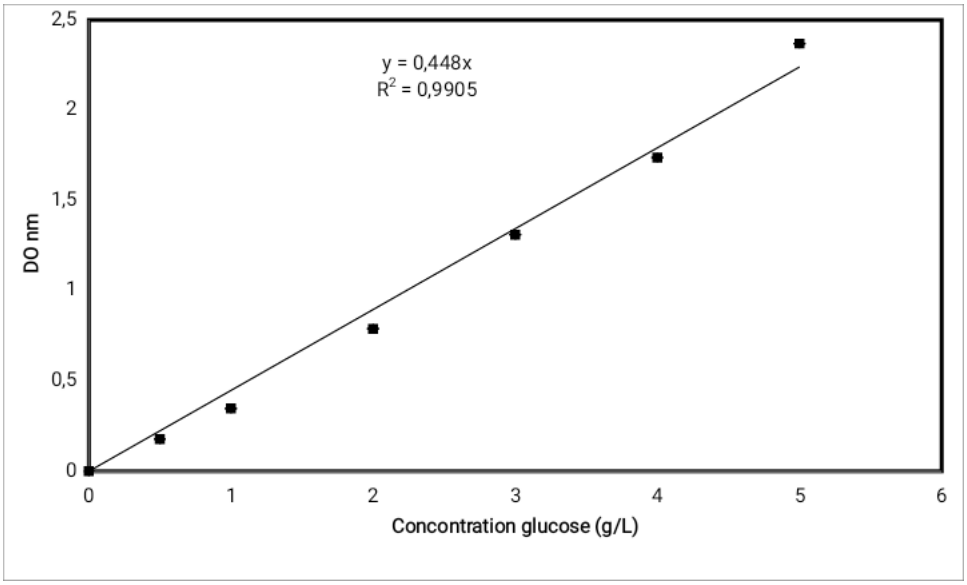


Figure .19 courbe d'étalonnage du glucose utilisée pour le dosage des sucres réducteurs