



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Constantine 1 Frères Mentouri
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département de Biochimie et Biologie
Cellulaire et Moléculaire.

قسم الكيمياء الحيوية والبيولوجيا الخلوية
والجزئية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie.

Filière : Sciences Biologiques.

Spécialité : Biochimie Appliquée.

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé

Étude phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des extraits

méthanoliques de *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris*

Présenté par : GUETATLIA Cheyma
MERABET Selsabil

Le : 28/06/2025

Jury d'évaluation :

Présidente : Mme.KHELLALFA Khaoula (MCB- Université FrèresMentouri,Constantine 1).

Encadrante : Mme.DJEMAI ZOUGHLACHE Soumia (MAA- Université FrèresMentouri,Constantine 1).

Examinateuse : Mme. BENSMIRA Soumia (MAA - Université Frères Mentouri, Constantine 1)

**Année universitaire
2024 – 2025**

Remerciements

El hamdoullah, nous remercierons Dieu, le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce travail.

Nous exprimons nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à Madame DJEMAI ZOUGHLACHE Soumia, maître-assistante à l'Université des Frères Mentouri Constantine, pour avoir dirigé ce travail avec rigueur scientifique, pour sa disponibilité, ses conseils avisés et la confiance qu'elle nous a accordée tout au long de cette recherche.

Nos remerciements les plus respectueux s'adressent également à Madame KHELLALFA Khaoula, pour avoir accepté de présider le jury, nous honorant ainsi de sa présence.

Nous tenons aussi à remercier vivement Madame BENSMIRIA Soumia, pour avoir accepté d'examiner ce mémoire, et pour ses observations constructives.

À tous nos ami(e)s, pour leur soutien moral et leur présence à nos côtés.

À tous les étudiants du Master, promotion 2025, avec qui nous avons partagé cette belle aventure académique.

Et enfin, à toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à

Dédicace

Avec l'aide de Dieu, tout puissant, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie :

*À mon cher papa Badis,
Ton amour, ton soutien inébranlable et ta foi en moi ont été le socle de mon parcours. Tu es l'exemple de patience, de dévouement et de sagesse que j'essaie de suivre chaque jour. Merci pour tes encouragements silencieux, tes sacrifices que tu ne mentionnes jamais, et ta présence réconfortante à chaque étape.*

Ce mémoire est une petite offrande à l'immense père que tu es. Je suis fière d'être ta fille. Que Dieu te garde en bonne santé et t'accorde une longue vie pleine de paix et de bonheur.

*À ma chère maman,
ton amour est ma lumière, ta force est mon refuge. Tu es l'exemple de la femme courageuse et tendre que j'admire profondément. Merci d'être mon pilier, chaque jour.*

A tous mes amies surtout..... Mes collègues

A toutes les personnes qui m'ont vraiment soutenue et aidé même si de loin, vous êtes une source de force pour moi et je vous estime.

Cheyma



293

Dédicace

Tout d'abord, je remercie le bon Dieu qui m'a donné tant de force, de courage et patience pour mener le présent travail.

*Je dédie ce modeste travail premièrement à mes chers parents pour leurs Soutient, sacrifices et tout les efforts consentis à mon éducation.
Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*Et mes chères sœurs Amani, Hiba, Ibtihel
À mon frère, siradj*

À toute ma famille: oncles, tantes, cousins et cousines

*À la personne qui était toujours là pour me soutient et M'encourager et assurer de me rendre heureuse, à mon cher mari
BOUTAOOUTAOU Zakaria*

À toute personne qui, de près ou de loin, a contribué à la réalisation de notre travail.

Selsabil



Table des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Résumé

Introduction générale..... 1

1ème Partie : Etude Bibliographique

CHAPITRE I : La phytothérapie et les plantes médicinales

I. La phytothérapie.....	2
I. 1. Historique de la phytothérapie	2
I. 2. Définition de la phytothérapie.....	2
I. 3. Différents types de la Phytothérapie	3
I. 4. Avantages et efficacité de la phytothérapie.....	4
I. 5. Les inconvénients et les risques de la phytothérapie	4
I. 6. Mode de préparation.....	4
II. Les plantes médicinales	5
II. 1. Définition.....	5
II. 2. Composant des plantes médicinales.....	6
II. 3. Composés phénoliques :	7

CHAPITRE II:Generalites sur *Malva sylvestris L*

II.1. Description botanique	11
II.2. Classification botanique de la plante	12
II.3. Dénomination vernaculaire de <i>Malva sylvestris L</i>	12
II.4. Origine et répartition géographique	13
II.5. Usages traditionnels	13
II.6. Les principaux constituants chimiques.....	13
II.7. Activités biologiques et thérapeutiques <i>Malva sylvestris L</i>	14
II.7.1. Activités antioxydantes	14
II.7.2. Activités anti-inflammatoires	14
II.7.3. Activités antimicrobiennes et anticancéreuses	14

CHAPITRE III :Generalites sur *Plantago lanceolata*

III.1. Historique.....	15
------------------------	----

III.2. Description botanique.....	15
III.3 Classification botanique de la plante	16
III.4. Dénomination vernaculaire de <i>Plantago lanceolata L.</i>	17
III.5. Origine et répartition géographique.....	17
III.6 Usages traditionnels	17
III.7. Les principaux constituants chimiques.....	18
III.8. Activités biologiques et thérapeutiques du <i>Plantago lanceolata</i>	18
III.8.1. Propriété antispasmodique.....	18
III.8.2. Propriété anti-inflammatoire	19
III.8.3 Propriété utérotonique	19
III.8.4 Propriété antitussive.....	19
III.8.5 Propriété adoucissante	19

CHAPITRE IV: Stress oxydatif

IV.1. Définition	20
IV.2. Les radicaux libres.....	20
IV.3. Antioxydant :	22
IV.3.1. Antioxydant enzymatique :	23
IV.3.2. Antioxydant non enzymatique :.....	24

2ème Partie :Etude experimentale

CHAPITRE I : Matériel et méthodes

I.1. Matériel	26
I.1.1. Matériel végétale	26
I.2. Méthodes	27
I.2.1. Préparation des extraits méthanolique	27
I.2.2. Analyses des extraits du <i>Plantago lanceolata</i> et du <i>Malva sylvestris L</i>	28
I.2.2.1. Screening phytochimique	28
I.2.2.1.1.1. Caractérisation des composés phénoliques.....	28
I.2.2.1.1.3. Caractérisation des Tanins	28
I.2.2.1.1.4. Différentiation des tanins.....	29
I.2.2.1.2. Chromatographie sur couche mince (TLC).....	29
I.2.2.2. Analyses quantitatives et dosages biochimiques.....	30
I.2.2.2.1. Dosage des polyphénols totaux (PPT) par FolinCiocalteu	30

I.2.2.2. Dosage des flavonoïdes (FV) par le trichlorure d'aluminuim.....	31
I.2.2.2.3. Dosage des tanins condensés.....	32
I.2.3. Activité antioxydant	33

Chapitre II:Resultats et Discussion

II.1. Préparation de l'extrait méthanolique à partir des feuilles du <i>Plantago lanceolata</i> et <i>Malva sylvestris</i>	35
II.2. Analyse des deux extraits du <i>Plantago lanceolata</i> et <i>Malva sylvestris</i>	35
II.2.1. Screening phytochimique.....	35
II.2.2. Analyse quantitative et dosages biochimiques	40
II.3. Activité antioxydante par la méthode de réduction de fer (FRAP)	44

Conclusion

Références bibliographiques

Liste des abréviations

ABS	Absorbance
ADN	Acide désoxyribonucléique
Ag	Acide gallique
AlCl₃	Trichlorure d'aluminium
BAW	n-Butanol/Acide acétique/Eau
CAT	Catalase
Cat	Catéchine
CCl₃	Radical trichlorométhyle
CCl₄	Tétrachlorure de carbone
CCM	Chromatographie sur couche mince
Cu/Zn	Cuivre/Zinc (forme cytosolique de la SOD)
D.O	Densité optique
ERO	Espèces réactives de l'oxygène
Fe²⁺	Ions ferreux
Fe³⁺	Ions ferriques
Mg	Magnésium
FeCl₃	Trichlorure de fer
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
GR	Glutathion réductase
GSH	Glutathion réduit
GSSG	Glutathion oxydé
H₂O₂	Peroxyde d'hydrogène
HCl	Acide chlorhydrique
K₃Fe(CN)₆	Ferricyanure de potassium
LDL	Low-Density Lipoprotein (lipoprotéines de basse densité)
Mét	Méthanolique
MI	Millilitre
Mn	Manganèse (forme mitochondriale de la SOD)
NADPH	Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate (forme réduite)
NOX	NADPH oxydase
POP	Polluants organiques persistants
Que	Quercétine
RE	Réticulum endoplasmique
RL	Radicaux libres

ROS	Reactive Oxygen Species
SOD	Superoxyde dismutase
SD	Standard Déviation (Écart-type)
TGR	Thioredoxine-glutathion réductase
TLC	Chromatographie sur couche mince (Thin Layer Chromatography)
Trx	Thioredoxine
UV	Ultra-violet
µg/ml	Microgramme par millilitre
µg EAG/mg d'extrait	Microgramme d'équivalent acide gallique par milligramme d'extrait
µg ECT/mg d'extrait	Microgramme d'équivalent catéchine par milligramme d'extrait
µg EQ/mg d'extrait	Microgramme d'équivalent quercétine par milligramme d'extrait
µl	Microlitre
ARNm	Acide ribonucléique messager
Fv	Flavonoïdes
PPT	Polyphénols Totaux
IC50	Concentration inhibitrice médiane
OH	Radical hydroxyle

Liste des Tableaux

Tableau 1: Principales classes des composés phénoliques.	7
Tableau 2 : L'aspect botanique des différentes parties de <i>Malva sylvestris L.</i>	11
Tableau 3 : principaux constituants chimiques de la feuille et la fleur de <i>M. sylvestris</i>	13
Tableau 4 : Aspect et couleur de l'extrait méthanolique des feuilles du <i>Plantago lanceolata</i> et <i>Malva sylvestris</i>	35
Tableau 5 : Le rendement des deux extraits méthanoliques des feuilles de <i>Plantago lanceolata</i> et <i>Malva sylvestris</i>	35
Tableau 6 : Résultats des tests préliminaires de quelques métabolites secondaires de l'extrait méthanolique du <i>Plantago lanceolata</i>	35
Tableau 7 : Résultats des tests préliminaires de quelques métabolites secondaires de l'extrait méthanolique du <i>Malva sylvestris</i>	36
Tableau 8 : Résultats de CCM après révélation.....	37
Tableau 9 : La teneur en composés phénoliques des deux extraits aqueux et méthanolique .	40

Liste des figures

Figure 1 : Le Papyrus Edwin Smith documente la médecine égyptienne ancienne, y compris le diagnostic et le traitement des blessures.....	2
Figure 2 : Structure chimique des tanins (a) hydrolysables (b) condensés	9
Figure 3 : Structures de l'enchaînement benzo- γ -pyrone.....	10
Figure 4 : Différents types structuraux de flavonoïdes	10
Figure 5 : <i>Malva sylvestris</i>	11
Figure 6 : Aspect générale du plantain lancéol	15
Figure 7 : fruit du plantain	16
Figure 9 : Mode de production des formes réactive de l'oxygène (FRO) résultant en un stress oxydant.....	21
Figure 10 : Les principales sources de génération de radicaux libres et leur catabolisme.....	22
Figure 11 : Séchage des feuilles de le <i>Plantago lanceolata</i> et du <i>Malva sylvetris L</i>	26
Figure 12 : Broyeur utilisé	26
Figure 13 : Extraits méthanoliques de le <i>Plantago lanceolata</i> et du <i>Malva sylvetris L</i>	27
Figure 14 : Evaporateur rotatif (Février 2025).....	27
Figure 15 : Analyse des extraits méhanoliques par chromatographie sur couche mince.....	29
Figure 16 : les étapes du test du pouvoir réducteur du fer par la méthode de FRAP	34
Figure 17 : Chromatographie sur couche mince d'extrait méthanolique des feuilles du <i>Plantago lanceolata</i> et du <i>Malva sylvestris</i>	37
Figure 18 : La teneur en polyphénols, en tanins et en flavonoïdes (ug/Eq Standard/mg) dans l'extrait méthanolique de <i>Plantago lanceolata</i>	41
Figure 19 : La teneur en polyphénols, en tanins et en flavonoïdes (ug/Eq Standard/mg) dans l'extrait méthanolique de <i>Malva sylvestris</i>	41
Figure 20 : Droite d'étalonnage de l'acide gallique (moyenne \pm SD de deux essais).	42
Figure 21 : Droite d'étalonnage de la quercétine (moyenne \pm SD de deux essais).....	42
Figure 22 : Droite d'étalonnage de la catéchine (moyenne \pm SD de deux essais).	43
Figure 23 : L'évolution de la réduction du fer des deux extraits.	44
Figure 24 : L'évolution de la réduction du fer des deux standards	45

Résumé :

Les plantes médicinales sont une source riche en composés biologiquement actifs, en particulier les polyphénols et les flavonoïdes, qui jouent un rôle important dans la protection contre l'oxydation.

Cette étude vise à évaluer l'activité antioxydante des extraits méthanoliques des feuilles de *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris*. Les extraits ont été obtenus en utilisant le méthanol comme solvant. Les analyses chimiques ont révélé la présence de composés phénoliques, de flavonoïdes et de tanins dans les deux plantes. Quantitativement, la teneur en polyphénols était de $(208,913 \pm 29,17 \mu\text{g équivalent acide gallique/mg})$ pour *Plantago lanceolata*, et de $(76,286 \pm 8,37 \mu\text{g équivalent acide gallique/mg})$ pour *Malva sylvestris*. La teneur en flavonoïdes était de $(10,726 \pm 1,53 \mu\text{g équivalent quercétine/mg})$ pour *Plantago lanceolata*, et de $(0,364 \pm 0,22 \mu\text{g équivalent quercétine/mg})$ pour *Malva sylvestris*. Pour les tanins, les valeurs étaient de $(97,197 \pm 16,41 \mu\text{g équivalent catéchine/mg})$ pour *Plantago lanceolata*, et de $(11,61 \pm 9,41 \mu\text{g équivalent catéchine/mg})$ pour *Malva sylvestris*.

Les résultats obtenus par la méthode FRAP montrent que *Plantago lanceolata* possède une capacité de réduction plus élevée que *Malva sylvestris*, ce qui souligne leur potentiel en tant que sources naturelles d'antioxydants pour les applications thérapeutiques.

Mots clés : *Malva sylvestris*, *Plantago lanceolata*, composés phénoliques, flavonoïdes, tanins, activité antioxydante, FRAP.

Abstract

Medicinal plants are a rich source of biologically active compounds, particularly polyphenols and flavonoids, which play an important role in protection against oxidation.

This study aims to evaluate the antioxidant activity of methanolic extracts of *Plantago lanceolata* and *Malva sylvestris* leaves. The extracts were obtained using methanol as a solvent. Chemical analyses revealed the presence of phenolic compounds, flavonoids, and tannins in both plants. Quantitatively, the polyphenol content was $(208.913 \pm 29.17 \mu\text{g equivalent gallic acid/mg})$ for *Plantago lanceolata*, and $(76.286 \pm 8.37 \mu\text{g equivalent gallic acid/mg})$ for *Malva sylvestris*. The flavonoid content was $(10.726 \pm 1.53 \mu\text{g equivalent quercetin/mg})$ for *Plantago lanceolata*, and $(0.364 \pm 0.22 \mu\text{g equivalent quercetin/mg})$ for *Malva sylvestris*. For tannins, the values were $(97.197 \pm 16.41 \mu\text{g equivalent catechin /mg})$ for *Plantago lanceolata*, and $(11.61 \pm 9.41 \mu\text{g equivalent catechin /mg})$ for *Malva sylvestris*.

Results obtained from the FRAP method show that *Plantago lanceolata* has a higher reducing capacity than *Malva sylvestris*, highlighting their potential as natural sources of antioxidants for therapeutic applications.

Key words: *Malva sylvestris*, *Plantago lanceolata*, phenolic compounds, flavonoids, tannins, antioxidant activity, FRAP.

الملخص

تُعد النباتات الطبية مصدرًا غنيًا بالمركيّات النشطة بيولوجيًّا، وخصوصًا البوليفينولات والفلافونويديات، التي تلعب دورًا هامًا في الحماية من التأكسد.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصات الميثانولية لأوراق نباتي لسان الحمل والخبيزة. تم الحصول على المستخلصات باستخدام الميثanol كمذيب، وكشفت التحاليل الكيميائية عن وجود مركبات فينولية وفلافونويديات وتانينات في كلا النباتين. من الناحية الكمية، بلغت نسبة البوليفينولات 208.913 ± 29.17 ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك/ملغ) في لسان الحمل، و 76.286 ± 8.37 ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك/ملغ) في الخبيزة. أما الفلافونويديات، فقد بلغت 10.726 ± 1.53 ميكروغرام مكافئ كيرسيتين/ملغ) في لسان الحمل، و 0.364 ± 0.22 ميكروغرام مكافئ كاتيشين/ملغ) في لسان الحمل، و 16.41 ± 97.197 ميكروغرام مكافئ كاتيشين/ملغ) في الخبيزة. وبالنسبة للتانينات، بلغت القيم 11.61 ± 9.41 ميكروغرام مكافئ كاتيشين/ملغ) في لسان

اظهرت النتائج المحصلّة بواسطة طريقة FRAP أن لسان الحمل تمتلك قدرة احتزاز أعلى من الخبيزة ، مما يبرز إمكانياتهما كمصادر طبيعية لمضادات الأكسدة للاستخدامات العلاجية.

الكلمات المفتاحية: الخبازى البرية، لسان الحمل الرمحية، المركبات الفينولية، الفلافونويديات، العفصيات، النشاط المضاد للأكسدة، FRAP .

Introduction

Depuis des siècles, les plantes médicinales jouent un rôle fondamental dans les pratiques thérapeutiques traditionnelles à travers le monde. La phytothérapie, qui consiste à utiliser les extraits de plantes pour soigner ou prévenir diverses maladies, suscite aujourd’hui un intérêt croissant. Cette tendance s’explique par la richesse des plantes en composés bioactifs naturels, notamment les flavonoïdes, les tanins et les polyphénols, reconnus pour leurs effets antioxydants, anti-inflammatoires et antimicrobiens (**Lans et al., 2022**).

Plantago lanceolata, connue sous le nom de plantain lancéolé, est une plante largement répandue en Europe, en Afrique du Nord et en Asie. Utilisée depuis l’Antiquité dans le traitement des affections respiratoires et des irritations cutanées, elle renferme des composés flavonoïdiques, comme la lutéoline, qui lui confèrent des propriétés biologiques intéressantes (**Ema, 2015 ; Sidroga, 2024**).

De même, *Malva sylvestris*, ou mauve sauvage, est traditionnellement utilisée pour soulager les inflammations, calmer les muqueuses et traiter divers troubles digestifs. Ses feuilles sont particulièrement riches en composés phénoliques et antioxydants naturels, à l’origine de ses effets thérapeutiques (**García-Díaz et al., 2021**).

L’activité antioxydante est une caractéristique importante de ces plantes, car elle joue un rôle clé dans la protection contre les radicaux libres. Ces derniers sont des molécules instables pouvant endommager les cellules et les tissus, ce qui conduit à des pathologies telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires et le vieillissement prématuré (Halliwell, 2015).

La présente étude vise à explorer le potentiel phytochimique et antioxydant des extraits méthanoliques des feuilles de ces deux espèces. Elle inclut des tests qualitatifs pour identifier les principales familles de composés (flavonoïdes, tanins, polyphénols), des dosages quantitatifs, ainsi qu’une évaluation de l’activité antioxydante par le test FRAP (**Ema, 2015 ; García-Díaz et al., 2021**).

Dans ce présent travail, nous avons fixé les objectifs suivants :

- Analyse qualitative de l’extrait méthanolique des feuilles du *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris* en utilisant la CCM et les tests préliminaires.
- Analyse quantitative du contenu en polyphenols, et en flavonoides et tanins de l’extrait méthanolique des feuilles du *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris*.
- Etude de l’activité antioxydante de l’extrait méthanolique des feuilles du *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris* en utilisant la méthode de Frap (Ferric Reducing Antioxidant Power).

1ère Partie :

ETUDE

BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

*La phytothérapie et les plantes
médicinales*

I. La phytothérapie

I. 1. Historique de la phytothérapie

Premier texte à base de plantes connu, inscrit sur une tablette fabriquée en argile et écrit en cunéiforme par les Sumériens en 3000 avant J.-C. Eux, plantes utilisées en décoction, telles que : myrte, chanvre, thym, saule filtre. Le Papyrus Ebers, XVI^e siècle avant Jésus-Christ, est le premier ensemble connu dédié aux plantes médicinales. Le plus grand d'Égypte connu, l'ancien "110 pages". Il a cité des documents plus anciens. Des dizaines de plantes sont accompagnées d'un mode d'emploi.

Les Grecs et les Romains utilisaient également de nombreuses plantes. On en trouve, il est fait référence, entre autres, aux écrits de Dioscoride (médecin grec du Ier siècle).

En Europe, les plantes représentaient la majorité de la pharmacopée jusqu'à la fin du XIX^e siècle et l'émergence de la chimie moderne. Elles sont encore largement utilisées. Après la Seconde Guerre mondiale, elles ont été remplacées par des produits pharmaceutiques utilisant des compositions plus simples.

Le gouvernement de Vichy a abrogé le diplôme d'herboriste en France en septembre 1941. De 4 500 herboristes en 1941, ils sont désormais une dizaine, tandis qu'en Allemagne ou en Italie, on compte plusieurs milliers d'herboristes. Depuis l'Antiquité, les experts en botanique, du médecin à l'herboriste, ont toujours été clairement définis. Cette distinction est encore observée dans de nombreuses sociétés à travers le monde : certaines plantes sont considérées comme sacrées et ne peuvent être préparées que par celui qui joue le rôle de guérisseur (**Ghabiche, 2009**).

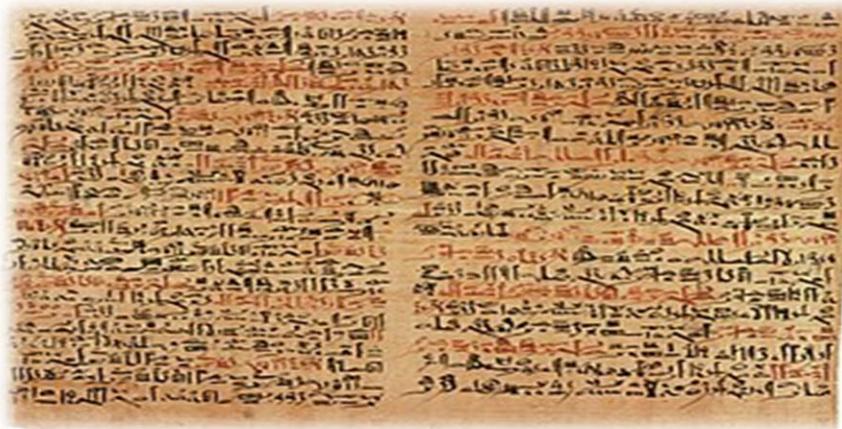


Figure 1 : Le Papyrus Edwin Smith documente la médecine égyptienne ancienne, y compris le diagnostic et le traitement des blessures (**Wilkins, 1992**).

I. 2. Définition de la phytothérapie

Le mot "phytothérapie" se compose étymologiquement de deux racines grecques : phuton et therapeia qui signifient respectivement "plante" et "traitement".

La phytothérapie, également appelée médecine botanique ou phytomédecine, est un système de santé traditionnelle englobe l'utilisation de plantes et d'extraits de plantes à des fins

thérapeutiques. Cette pratique ancienne fait partie intégrante des soins de santé de toutes les cultures, environ 75 % de la population mondiale ayant recours aux plantes médicinales, en particulier dans les régions en développement (**Sangale et al, 2024 ; Onyeaghala, 2024**).

La médecine à base de plantes occupe une place significative dans le dispositif sanitaire, cependant la normalisation et la vérification de la qualité des produits phytothérapeutiques constituent un défi qui freine leur incorporation dans la pratique médicale occidentale (**Gad et al, 2017**).

I. 3. Différents types de la Phytothérapie

I.3.1.Aromathérapie

L'aromathérapie est une thérapeutique implique l'utilisation d'huiles essentielles concentrées extraites de fleurs, de feuilles, de racines et d'autres parties de la plante (**Nugroho et al, 2024**).

I. 3. 2. Gemmothérapie

La gemmothérapie, du latin “gemmae” signifiant “bourgeon”, est une branche de la phytothérapie qui utilise les bourgeons et jeunes pousses de plantes. Contrairement à la phytothérapie, qui se sert des éléments adultes de la plante (feuilles, fleurs, écorces, racines, plante entière), la gemmothérapie se distingue en employant la partie embryonnaire d'un végétal (**Site 1**).

I. 3. 3. Herboristerie

L'herboristerie, également connue sous le nom de phytothérapie ou phytothérapie, est la pratique qui consiste à utiliser des plantes et leurs extraits à des fins thérapeutiques. Cette discipline trouve ses racines dans des traditions anciennes, avec des preuves de l'utilisation de plantes médicinales remontant à environ 60 000 ans (**Matole et al., 2021**).

I. 3. 4. Homéopathie

A recours aux plantes d'une façon prépondérante, mais non exclusive : les trois quarts des souches sont d'origine végétale, le reste étant d'origine animale et minérale. Sont utilisées les plantes fraîches en macération alcoolique. Ces alcoolats sont appelés teintures mères : c'est à partir de ces alcoolats que sont préparées les dilutions qui servent à imprégner les grains de saccharose et de lactose que sont les granules et les globules. La teinture mère la plus utilisée est celle de Calendula officinalis, ou fleur de souci (**Pirard, 2016**).

I. 3. 5. Phytothérapie pharmaceutique

Utilise des produits d'origines végétales obtenus par extraction et qui sont dilués dans de l'alcool éthylique ou un autre solvant. Ces extraits sont dosés en quantités suffisantes pour avoir une action soutenue et rapide. Ils sont présentés sous forme de sirop, de gouttes, de gélules, de lyophilisats (**Strang, 2006**).

I. 4. Avantages et efficacité de la phytothérapie

- ❖ Les plantes médicinales sont beaucoup moins chères que les médicaments de synthèse.
- ❖ La phytothérapie peut être utilisée comme un moyen de prévention.
- ❖ La phytothérapie est accessible pour tout le monde et ne nécessite pas d'obtenir une ordonnance.
- ❖ Le corps humain est mieux adapté à un traitement à base de plantes qu'à une thérapie essentiellement chimique.
- ❖ La production des plantes est très peu polluante contrairement aux médicaments chimiques. (**Iserin, 2001 ; Grunwald et Janick,2006**) (**Site 1**).

I. 5. Les inconvénients et les risques de la phytothérapie

Parmi les risques rencontrés on peut citer :

- ❖ Surdosage involontaire
- ❖ Réaction allergique
- ❖ Contaminations par des toxiques divers (métaux lourds, micro-organismes)
- ❖ Présence d'une substance allop pathique dans la préparation
- ❖ Interaction avec d'autres plantes ou traitements en particulier allop pathique
- ❖ Modification des doses absorbées (**Cavalier et al, 2015**).

I. 6. Mode de préparation

I. 6. 1. Les tisanes :

Les plantes peuvent être utilisées fraîches ou, beaucoup plus fréquemment, sèches, elles peuvent être préparées de trois façons différentes :

I. 6. 1. 1 Infusion :

Une infusion est réservée pour tous les végétaux, dont la partie utilisée est considérée comme délicate c'est-à-dire, les fleurs, les inflorescences et un grand nombre de feuilles notamment. Dans ce procédé, on verse l'eau bouillante sur les fleurs ou les sommités fleuris et on en laissant infuser entre 10 et 20 minutes.

I. 6. 1. 2 Décoction :

Ce procédé s'adresse aux parties « dure » de la plante comme les écorces les parties souterraines, la plupart des fruits et certaines feuilles. Contrairement à l'infusion, on maintient la plante à ébullition pendant un temps variable.

I. 6. 1. 3 Macération :

La macération est une technique largement utilisée pour extraire les composés végétaux, il s'agit de tremper la plante en contact avec l'eau (température ambiante) pendant 30 minutes à 4 heures (**Site 2**).

I. 6. 2. Poudre :

Préparées par pulvérisation suivie d'un tamisage, elles entrent directement dans la composition des gélules mais servent aussi à la fabrication d'autres formes galéniques comme les extraits et les teintures (**Clément, 2008**).

I. 6. 3. Extraits :

Les extraits sont obtenus en traitant la plante dans une solution vaporisable (éther, eau, alcool.....) par divers procédés d'extraction (macération, digestion, infusion, digestion, lixiviation) puis en évaporant ces solutions jusqu'à obtenir une consistance fluide, molle ou sèche. On les classe donc selon leurs consistances (**Aouadhi, 2010**).

I. 6. 4. Teintures :

Les teintures-mères sont des extraits obtenus par macération de plantes fraîches dans un mélange d'alcool et d'eau, permettant d'en extraire les principes actifs. Leur préparation nécessite un alcool pur (idéalement 60° à 90°), une plante finement coupée, un bocal hermétique à l'abri de la lumière et un bon rapport plante/alcool (1/10 pour les plantes fraîches, 1/5 pour les plantes sèches). Après plusieurs jours à semaines de macération avec agitation régulière, la solution est filtrée et la plante pressée. La teinture se conserve longtemps, mais elle est déconseillée aux femmes enceintes, allaitantes et aux personnes sensibles au niveau hépatique ou digestif. (**Site 3**)

I. 6. 6. Alcoolatures :

Ce sont des teintures préparées avec des plantes fraîches n'ayant donc pas subi les effets de la dessiccation (**Clément, 2008**).

I. 6. 7. Huiles essentielles (HE) :

L'obtention d'une huile essentielle peut être réalisée, soit par entraînement à la vapeur d'eau, éventuellement suivi d'une rectification, à partir de drogues végétales sèches ou fraîches, soit, dans le cas des Citrus, par expression du péricarpe frais à l'aide de moyens mécaniques adaptés et sans chauffage (**Wichtl et Anton, 2003**).

I. 6. 8. Crèmes

Une crème est une préparation à usage cutané généralement destinée à être appliquée sur la peau. Les crèmes sont des émulsions semi-solides, c'est-à-dire des mélanges d'huile ou un autre corps gras à de l'eau (**Pawar et al, 2013**).

II. Les plantes médicinales**II. 1. Définition**

Les plantes médicinales sont des plantes utilisées en médecine traditionnelle dont au moins une partie possède des propriétés thérapeutiques (**Sanogo, 2006**).

Une plante médicinale est une drogue végétale dont l'un des organes, possède des propriétés curatives et parfois toxiques selon son dosage. Ensuite il s'agit d'une plante qui est utilisée pour prévenir, soigner ou soulager divers maux (**Debuigne, 1974 ; Farnsworth et al, 1986**).

Environ 35 000 espèces de plantes sont employées par le monde à des fins médicinales, ce qui constitue le plus large éventail de biodiversité utilisé par les êtres humains (**Elqaj et al, 2007**)

Des plantes médicinales peuvent avoir également des usages alimentaires ou condimentaires, ou encore hygiéniques (**jean, 2010**).

Beaucoup de plantes médicinales sont également employées comme herbes et épices, améliorant ainsi le goût des aliments et des boissons (**Inoue et Craker, 2014**)

Leur action provient de leurs composés chimiques (métabolites primaires ou secondaires) ou de la synergie entre les différents composés présents (**Sanogo, 2006**).

Toutefois ces plantes peuvent être toxiques selon leurs dosages comme Paracelse dit dans sa citation célèbre : « Tout est poison et rien n'est sans poison, c'est la dose qui fait le poison » (**Chevallier, 2001 ; Lhuillier, 2007**).

II. 2. Composant des plantes médicinales

II. 2. 1. Principes actifs

Le métabolisme d'une plante verte produit une grande variété certains sont dits primaire car ils sont indispensables à la croissance et au fonctionnement de la plante et d'autre secondaire, utilisés par la plante comme moyens de protection...etc, et que l'homme utilise dans son arsenal thérapeutique (**Merad et Mahiout, 2019**).

Les principes actifs des plantes sont définis comme des composés chimiques qui ont une activité physiologique marqué et peuvent apporter des avantages thérapeutiques (**Patel et Patel, 2016**).

La valeur thérapeutique de ces substances s'étend à leurs applications dans le traitement des maladies tels que leur propriétés antitumorales, antivirales, antioxydantes, antiallergiques (**Zhao et al, 2024**).

II.2.1.1. Métabolites primaires

Ils sont des molécules organiques se trouvent dans toutes les cellules de l'organisme. Elles sont impliquées dans la croissance le développement et la reproduction normale d'un organisme ou d'une cellule. Les métabolites primaires rassemblent les acides aminés, les lipides, les sucres (**Labed, 2020**).

II. 2. 1. 2. Métabolites secondaires

Les métabolites secondaires ne sont pas indispensables aux fonctions vitales de la plante mais ils sont nécessaires à la survie et à la propagation de l'espèce impliqués dans différents phénomènes chimiques tels que la croissance, la reproduction. . . etc (**Cours de Phytochimie – Les métabolites secondaires, 2020**)

II.2.1.3. Classement des métabolites secondaires :

Ils sont regroupés en quatre classes principales, chacune renferme une très grande diversité biologique : (**Ávalos García et Pérez-Urría Carril, 2009**)

- Terpènes
- Composés phénoliques
- Glycosides
- Alcaloïdes

II. 3. Composés phénoliques :

II. 3. 1. Définition :

Les composés phénoliques se retrouvent dans la majorité des tissus végétaux, y compris les fruits et les légumes sont issus de deux grandes voies métaboliques : la voie de l'acide shikimique et des phénylpropanoïdes (**Raho Ghalem et Benali, 2021**).

Les polyphénols représentent le groupe le plus répondu chez les végétaux et comptabilise plus de 8000 structures (**Matou, 2019**).

Les polyphénols jouent un rôle dans leur défense contre les rayons UV et les agents pathogènes. Ils sont utilisés comme additifs alimentaires (**Pandey et Rezvi, 2000**) et contribuent à la prévention du diabète et les maladies cardiovasculaires (**Mattera et al, 2017**).

Ils sont divisés en plusieurs catégories :

- Les tanins.
- Les acides phénoliques.
- Les flavonoïdes.

II. 3. 2. Classification :

Tableau 1: Principales classes des composés phénoliques (**Harbone, 1980 ; Macheix et al. 1990**).

Nombre d'atomes de carbones	Squelette de Base	Classe	Plante alimentaire (exemple)
6	C6	Phénol simples	Hydroquinine,

			Catéchol
7	C6-C1	Acides phénols	Acide salicylique, Acide p(OH) benzoïque
9	C6-C3	Acide cinnamique Coumarines	Acide caféïque, férulique
15	C6-C3-C6	Flavonoïdes Isoflavonoïdes Anthocyanes	Apigénine,Lutéoline. Génistéine(Soja) Pélargonidine
18	(C6-C3)2	Lignanes	Pinorésinol(Pin)
30	(C6-C3-C6)2	Biflavonoïdes	Amentoflavone
N	(C6-C3)n	Lignines	Bois, noyau des fruits
N	(C6-C3-C6)n	Proanthocyane (Tanins)	Procyanidines Prodelphinidines (raisin rouge)

II. 3. 3. Tanins (C6-C3-C6) n :

Les tanins sont l'un des métabolites secondaires les plus importants. Ils sont définis comme des composés phénoliques de haut poids moléculaire allant de 500 à plus de 3000, que l'on trouve dans les feuilles, l'écorce et le bois des plantes, et liés à des protéines formant des complexes tanin-protéine insolubles ou solubles (Hassanpour et al, 2011)

Les tanins sont principalement classés en deux groupes : les tanins hydrolysables (HT) et les tanins condensés (CT) (Hassanpour et al, 2011)

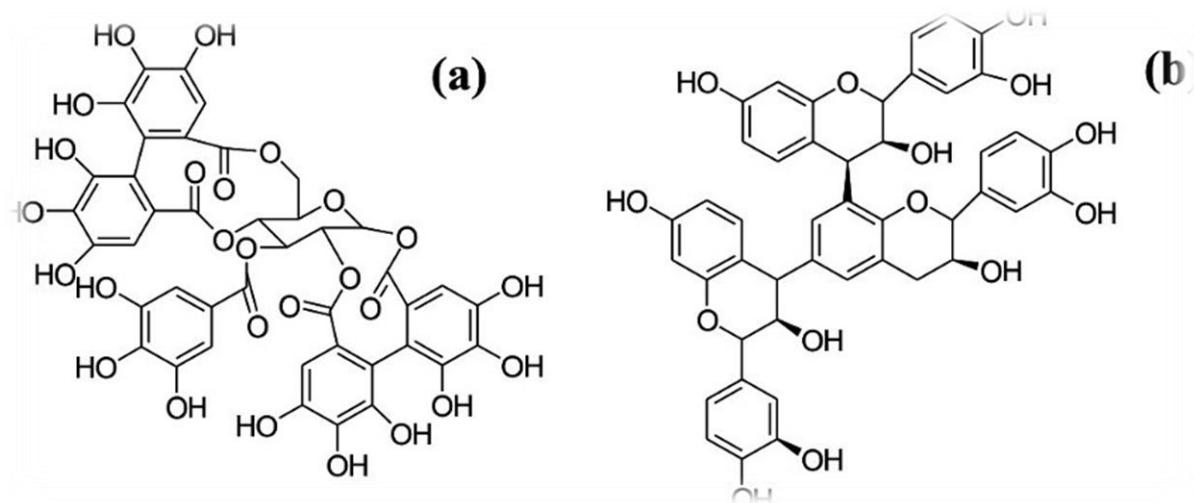


Figure 2 : Structure chimique des tanins (a) hydrolysables (b) condensés (**Site 4**)

II. 3. 3. 1. Classifications des tanins

Elles peuvent être divisées en 2 :

Les tannins hydrolysables : appelés tanins pyrogalliques sont des hétéropolymères dont l'hydrolyse libère du glucose, de l'acide gallique ou ses formes oligomériques.

Les tannins condensés : résultent de la condensation de molécules de type flavane 3 ol et sont difficiles à hydrolyser. Ils sont aussi appelés proanthocyanidines (**Merghem, s. d.**)

II. 3. 4. Acide phénolique C6-C1 ou C6-C3 :

Les acides phénoliques constituent des métabolites secondaires aromatiques produits par les plantes, que l'on retrouve de manière abondante au sein du règne végétal (**Robbins, 2003**). Structuralement, les acides hydroxybenzoïques sont des produits métaboliques fréquents dérivés des flavonoïdes et de divers acides hydroxycinnamiques. Ils se caractérisent par la présence d'un maximum de quatre groupes hydroxyles autour d'un unique cycle benzénique (C6). Un grand nombre de fruits, et en particulier de baies, contiennent de l'AHB (Marinho et al., 2024). La présence de groupes hydroxyles améliore leur capacité à éliminer les radicaux libres. Ils présentent des propriétés biologiques telles que antioxydantes, anticancéreuses, anti-inflammatoires et cardioprotectrices (**Afnan et al, 2022**).

II. 3. 5. Flavonoïdes :

Les flavonoïdes sont un groupe de plus de 2000 composés phénoliques avec de nombreuses propriétés thérapeutiques. Ils se présentent dans le monde végétal principalement sous forme de pigments jaunes, mais aussi rouges, violets, bleus ou bruns des pétales, ils possèdent des propriétés anticancéreuses. Ils sont basés sur le noyau flavan (2-phénylbenzopyran) et peuvent se trouver à l'état libre ou sous forme de glycosides (**Fig. 2**) (**Flavonoids, 2022**).

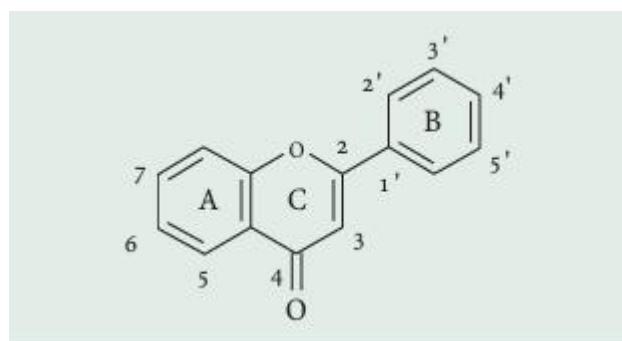


Figure 3 : Structures de l'enchaînement benzo- γ -pyrone (Di Carlo et al., 1999).

II.3. 5.1. Structure chimiques et classification des flavonoïdes :

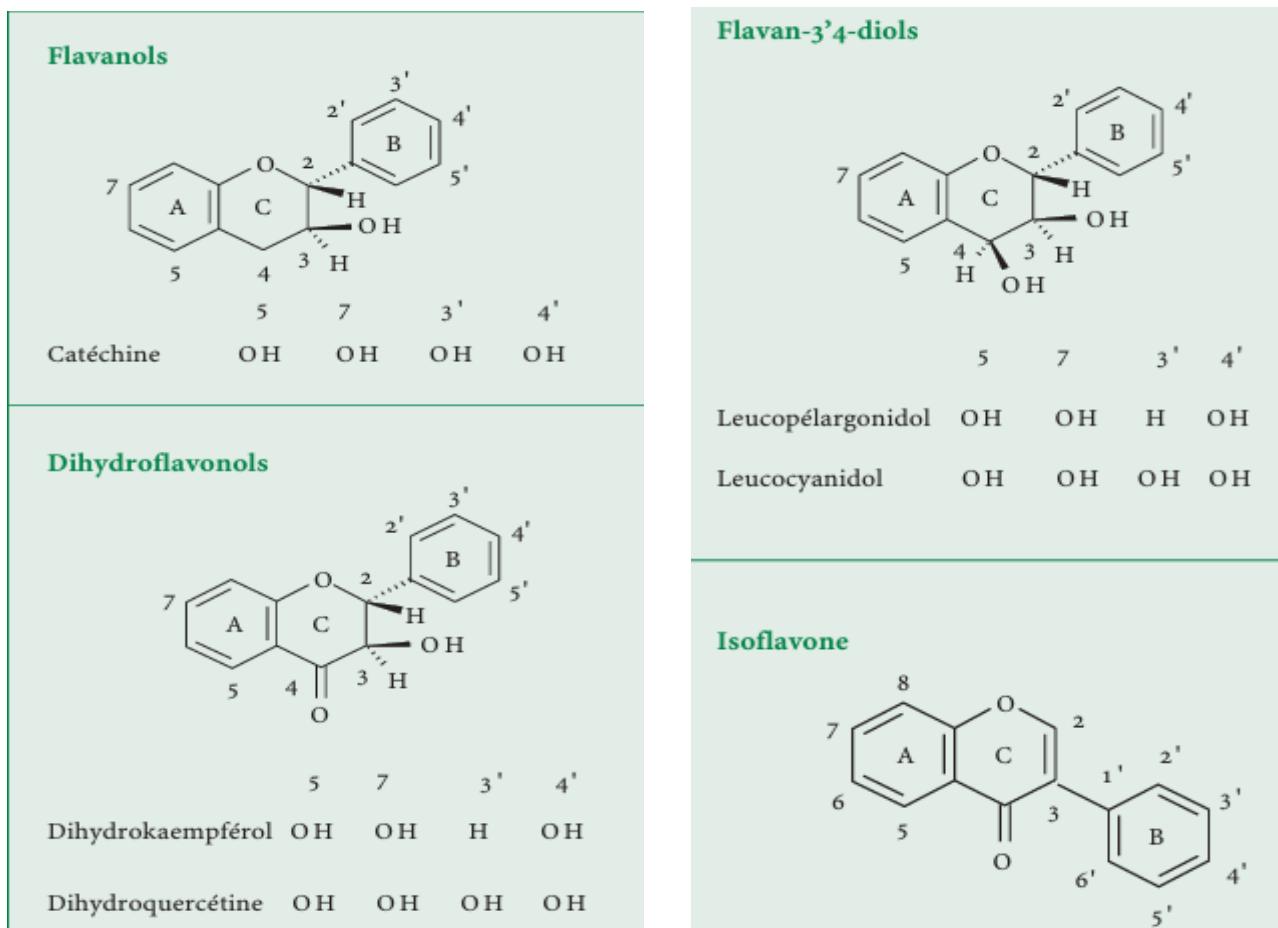


Figure 4 : Différents types structuraux de flavonoïdes (Ghedira, 2005).

CHAPITRE II

GENERALITES SUR

Malva sylvestris L.

II.1. Description botanique

La Mauve, *Malva sylvestris* (**Figure 5**) appartient à la famille des Malvaceae (**Llopis, 2017**), appelée localement « El khoubeiza »

C'est une herbacée plante bisannuelle ou pérenne (**Llopis, 2017**). Elle mesure de 20 à 70 cm et est munie de poils étalés.



Figure 5 : *Malva sylvestris* (Llopis, 2017).

Elle présente des caractéristiques résumées sur le tableau 02 (**Flores, 2011**).

Tableau 2 : L'aspect botanique des différentes parties de *Malva sylvestris L.* (**Flores, 2011**)

La partie de la plante	Aspect botanique
La racine	La racine principale est fusiforme, blanche et riche en mucilage, tandis que les racines secondaires sont fines et peu développées.
La tige	Ronde et velue, forte, dressé, le plus souvent rameuse de taille moyenne à assez grande peuvent atteindre jusqu'à 70cm de hauteur.
Les feuilles	Large, de couleur vert foncé, arrondies à long pétiole, possèdent 3 à 7 lobes à bords dentés et une nervation palmée.

Les fleurs	Les grandes fleurs d'un rose tirant sur le violet, regroupées en petits bouquets de deux ou plus, sont portées par de courts pédicelles, à l'extrémité des rameaux ou issues de l'aisselle des feuilles. Elles s'épanouissent de juin à octobre. Le calicule est formé de trois pièces courtes, oblongues ou lancéolées, suivi d'un calice à cinq sépales, pubescents, soudés à divisions triangulaires. La corolle comprend cinq pétales rose pourpre veinés de trois stries ramifiées plus foncées et violettes. Les fleurs de Malvaceae sont de type 5, à filaments soudés, pédicellées, et possédant un calice et un calicule.	
-------------------	--	--

II.2. Classification botanique de la plante

Cette plante a été classée selon **Ghédira et Goetz (2016)** comme suit :

- **Règne** : Plantae (plantes)
- **Super division** : Embryophyta
- **Division** : Tracheophyta
- **Subdivision** : Spermatophytina (Spermatophytes)
- **Classe** : Magnoliopsida
- **Super ordre** : Rosanae
- **Ordre** : Malvales
- **Famille** : Malvaceae
- **Genre** : *Malva*
- **Espèce** : *Malva sylvestris L.*

II.3. Dénomination vernaculaire de *Malva sylvestris L*

Les noms communs de *Malva sylvestris* (**Ait youssef, 2006, Ghédira et Goetz, 2016**)

- ❖ **Nom scientifique** : *Malva sylvestris L*
- ❖ **Nom Français** : Mauve des bois, Grande Mauve, mauve sauvage, fromageon
- ❖ **Nom Anglais**: Bleu Mallow, High Mallow
- ❖ **Nom Arabe** : El khoubeiza (الخبيزة- بربة خبازة)
- ❖ **Nom berbère** : Mejyer, amedjir

II.4. Origine et répartition géographique

La mauve *sylvestre* a des origines eurasiatiques. Elle est répandue dans toute l'Afrique du Nord et très commune en Algérie (**Ait Youssef, 2006**). C'est une espèce sauvage de l'Europe, Asie occidentale et Afrique, elle se rencontre à l'état subspontané dans la plupart des pays tempérés du globe terrestre (**Flores, 2011**). C'est une plante très commune partout ; bords des champs, remblais, talus (**Schauenberg et Paris, 2006**).

Cette espèce sauvage se développe préférentiellement dans des régions humides, tout en redoutant les fortes chaleurs estivales. Elle prospère généralement dans des climats tempérés et sur des sols de texture moyenne, légèrement argileux. Son habitat typique correspond aux friches vivaces xérophiles (**Quézel et Santa, 1963**).

II.5. Usages traditionnels

II.5.1. Usage alimentaire

Les usages alimentaires de cette plante relèvent principalement de la gastronomie populaire et s'inscrivent dans le cadre de l'alimentation dite mineure (**Guarrera, 2003** ; **Carvalho, 2005**). La mauve est traditionnellement utilisée comme légume cru ou cuit notamment en soupe. Les fruits immatures de la mauve sont parfois mâchés ou sucés sur le terrain, en particulier par les enfants ou les usagers de la nature comme les bergers et les chasseurs (**Neves et al., 2009**, **Barros et al., 2010**).

II.5.2. Usage dans la médecine traditionnelle

En médecine traditionnelle, la mauve est utilisée par voie orale comme traitement symptomatique de la toux, A cause de sa propriété anti inflammatoire, elle est utilisée principalement pour traiter des troubles gastro-intestinaux, les affections dermatologiques, les troubles urinaires, les inflammations de la voie respiratoire, les maladies bucco dentaires, les piqûres d'insectes, les brûlures (**Gasparetto et al., 2012**).

II.6. Les principaux constituants chimiques

Les principales molécules présentes de la partie aérienne (feuilles et fleurs) de *Malva sylvestris L* sont présentés dans le **tableau 3**

Tableau 3 : principaux constituants chimiques de la feuille et la fleur de M. sylvestris (**Ghédira et Goetz, 2016**)

Organe végétal	Composition chimique
Fleurs	-Mucilages (3,8 7,3%), Flavonoïdes, Tanins et coumarines. -Anthocyanosides et anthocyanidols : Malvidine, malvine, delphinidine.

Feuilles	<p>-Mucilages (6,0 7,2%), Flavonoïdes.</p> <p>-Dérivés phénoliques (386,5 mg/g) :</p> <p style="text-align: right;">4</p> <p>Acides 4-hydroxybenzoïque, 4-méthoxybenzoïque, hydroxydihydro-cinnamique, férulique et Tyrosol.</p> <p>-Acides organiques :</p> <p>Acides Oxalique, Malonique, Fumarique Succinique, Benzoïque, Glutarique, Phenylacétique</p>
-----------------	---

II.7. Activités biologiques et thérapeutiques *Malva sylvestris L*

II.7.1. Activités antioxydantes

La *Malva sylvestris* possède de fortes propriétés antioxydantes, principalement en raison de sa forte teneur en composés phénoliques. L'extrait aqueux de ses feuilles, lorsqu'il est combiné à de l'albumine sérique, présente des capacités importantes de piégeage des radicaux, les valeurs de la CI50 pour les radicaux DPPH, OH et H₂O₂ étant particulièrement basses (**Moualek et al., 2024**).

II.7.2. Activités anti-inflammatoires

La plante est également connue pour ses effets anti-inflammatoires, bien que certaines études suggèrent que son association avec l'albumine sérique ne stabilise pas les membranes érythrocytaires contre le stress osmotique (**Moualek et al., 2024**).

II.7.3. Activités antimicrobiennes et anticancéreuses

Malva sylvestris a démontré une activité antimicrobienne, en particulier contre les agents pathogènes courants, qui est attribuée à des composés tels que la Malvone A (**Paul et al., 2023**).

Les coumarines présentes dans la plante ont montré une activité anticancéreuse potentielle, ce qui en fait un candidat pour de nouvelles recherches dans le traitement du cancer (**Paul et al., 2023**).

CHAPITRE III

GENERALITES SUR

Plantago lanceolata

III.1. Historique

Le plantain est une plante vivace à répartition presque mondiale. On recense environ 250 espèces appartenant au genre *Plantago* à travers le monde. Les deux espèces les plus largement répandues sont le Grand Plantain (*Plantago major* L.) et le Petit Plantain (*Plantago lanceolata* L.), dont les propriétés médicinales sont connues et utilisées depuis l'Antiquité grecque. Leur usage thérapeutique est reconnu tant en Orient qu'en Occident.

Connu des plus grands médecins de l'Antiquité, de Dioscoride et Pline jusqu'à Galien, le plantain fut par la suite utilisé par l'école salernitaine comme astringent, notamment dans le traitement des métrorragies (Bianchini et Corbetta, 1975).

Selon Leclerc (1994), les Anciens attribuaient de nombreuses vertus au plantain, au point que cela compliquait sa classification selon une action pharmacodynamique précise. En raison de son efficacité réelle dans le traitement des affections externes, Leclerc a finalement considéré le plantain comme un topique : les feuilles fraîches, lavées, bouillies ou macérées quelques heures, peuvent accélérer la cicatrisation. Ce remède a été utilisé notamment dans le traitement des ulcères variqueux (Leclerc, 1994).

III.2. Description botanique

Le *Plantago lanceolata* est une plante herbacée vivace caractérisée par un rhizome épais et des racines fibreuses. Ses tiges florales mesurent entre 15 et 60 cm de hauteur. Les feuilles, de forme lancéolée et légèrement pubescentes, sont disposées en rosette à la base de la tige. Elles présentent une couleur allant du vert jaunâtre au vert brun, avec une longueur pouvant atteindre 30 cm et une largeur d'environ 4 cm. Le bord des feuilles est faiblement denté et souvent ondulé. Chaque feuille possède généralement 3, 5 ou 7 nervures principales, de longueur similaire et disposées presque parallèlement (Schauenburg et Paris, 2001) (Figure 6)

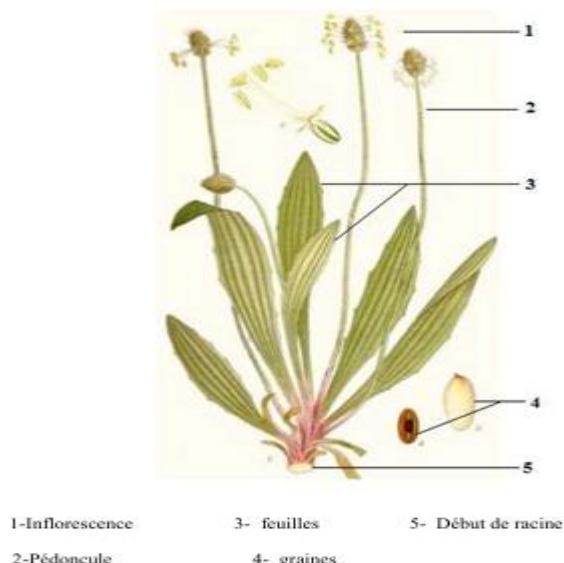


Figure 6 : Aspect générale du *plantain lancéol*

- la racine : La racine est un organe généralement souterrain, distinct de la tige par l'absence de bourgeons et par la disposition particulière de ses tissus conducteurs, notamment le xylème et le phloème. Elle permet l'ancrage de la plante dans le sol et assure l'absorption de l'eau et des éléments minéraux grâce aux poils absorbants. Certaines racines, dites adventives, se développent à partir d'une tige et ne présentent pas de croissance secondaire (**Sartre, 2006**).

-les fruits : Le fruit du plantain est une capsule allongée et cylindrique, de couleur jaunâtre, contenant deux akènes, des fruits secs à graine unique. À maturité, les akènes sont bruns, longs et ovales (**Sartre, 2006**) (**Figure 7**).



Figure 7 : fruit du plantain (**site 6**)

III.3 Classification botanique de la plante

Cette plante a été classée selon **Ghédira et Goetz (2008)** comme suit :

- **Règne :** Plantae
- **Sous-règne :** Tracheobionta
- **Embranchement :** Magnoliophyta
- **Superclasse :** Tricolpées
- **Classe :** Magnoliopsida
- **Sous-classe :** Asteridae
- **Superordre :** Euastéridées I
- **Ordre :** Lamiales
- **Famille :** Plantaginaceae
- **Tribu :** Plantagineae
- **Genre :** *Plantago*
- **Espèces :** *Plantago lanceolata L.*

III.4. Dénomination vernaculaire de *Plantago lanceolata L.*

Dans de nombreuses langues, les noms vernaculaires attribués au plantain témoignent souvent de ses vertus médicinales reconnues depuis l'Antiquité. Chez les anciens Écossais, il était désigné par le terme « **Slan-lus** », signifiant littéralement *plante qui guérit*. En Australie, les populations autochtones l'ont surnommé « **Englishman's Foot** » ou « **White Man's Foot** », en référence à sa tendance à pousser sur les traces laissées par les colons européens. Ce nom reflète une rare reconnaissance, de la part des peuples autochtones, d'un bienfait ou d'un pouvoir attribué à la présence occidentale.

Concernant *Plantago lanceolata L.*, cette espèce est communément connue sous le nom de **plantain lancéolé**, mais aussi sous d'autres appellations populaires telles qu'**herbe à cinq côtes, herbe à cinq coutures**, ou encore **oreille de lièvre**. En anglais, elle est appelée **Ribwort plantain**, et en kabyle, **Tahchicht n Ahmed**.

Le nom scientifique de l'espèce est également évocateur : le genre *Plantago* dérive du latin *planta*, signifiant **plante ou plante de pied**, tandis que l'**épithète lanceolata** fait référence à la forme des feuilles, allongées et en forme de lance (**Quezel et Santa, 1963**).

III.5. Origine et répartition géographique

La principale aire de répartition de *Plantago lanceolata* se situe dans la région eurasiatique, où il est largement répandu à travers l'Europe, à l'exception des régions septentrionales de la Scandinavie (Cabaret, 1986). On le rencontre également en Asie septentrionale et centrale, ainsi qu'en Amérique du Nord et dans l'ensemble des zones tempérées du globe (**Thurzova, 1985**).

Dans la région méditerranéenne, notamment dans des pays tels que l'Espagne, le Portugal et l'Italie, la plante est bien implantée. Elle est également présente dans toute l'Afrique du Nord, en particulier dans les pays du Maghreb tels que l'Algérie, le Maroc et la Tunisie (**Beauquesne et Bezanger, 1980**).

Le plantain lancéolé colonise une grande diversité de milieux. Il peut croître aussi bien à haute altitude, jusqu'à 2 000 mètres, que dans des environnements littoraux, sur les talus, les bords de chemins, dans les prairies, les marais et les plaines (**Flück, 1977**).

III.6 Usages traditionnels

Plantago lanceolata fait partie des plantes médicinales les plus couramment utilisées dans le monde, notamment en médecine traditionnelle (**Kolak et al., 2011**). Elle est surtout connue pour ses effets astringents et cicatrisants, ainsi que pour ses usages liés à la santé des yeux. Depuis longtemps, elle est utilisée pour ses propriétés anti-inflammatoires et antitussives. Lorsqu'elle est fraîche, ses feuilles peuvent être appliquées directement sur les contusions ou les piqûres d'insectes, et son jus est parfois employé pour stopper un saignement de nez. Ses vertus antiseptiques, émollientes et vulnéraires expliquent aussi pourquoi elle est utilisée en application locale sur les plaies, les ecchymoses ou encore les ulcères de la peau (**Ticli, 1999 ; Tutel et al., 2005 ; Hassawi et Kharma, 2006 ; Kolak et al., 2011**).

En infusion, elle est traditionnellement consommée pour soulager divers troubles digestifs et respiratoires : diarrhée, entérite, toux, rhume, amygdalite, etc. En usage externe, les feuilles sont parfois utilisées pour calmer les yeux irrités. Certains usages populaires attribuent également à cette plante des effets bénéfiques contre l'hypertension artérielle, les ulcères, voire certaines tumeurs, et elle est parfois utilisée comme analgésique ou antirhumatismal (**Kolak et al., 2011 ; Al-Jumaily et al., 2012**).

III.7. Les principaux constituants chimiques

Le plantago renferme plusieurs principes actifs et de ce fait on y retrouve :

- ❖ **Des iridoïdes thermosensibles**, dont l'hydrolyse enzymatique est très rapide ; dérivés de l'acide désoxy-7-liganique et secoiridoïdes glucoside du sécotogunoside(aucuboside, catalpol, aspéroluloside, globularine, majoroside...) (**Groger et al., 1967**)
- ❖ **Des coumarines** dont l'esculétol
- ❖ **Des flavonoïdes** : libres (apigénine, baicaléine, gentisique, hispiduline, lutéoline, néopetine, quercétine, scutellareine, 6-hydroxy-lutéine...) et hétérosides flavoniques (glucoside de lutéoline, d'hispiduline, de quercétine, de kaempférol, de scutellareine...)
- ❖ **Des acides phénols** : libres (parahydroxybenzoïques, chlorogénique, férulique,fumarique, gentisique, paracoumarique, salicylique...) et combinés (rhamnoside de l'acide caféïque, plantamajoside, acteoside..)
- ❖ **Des esters hétérosidiquesphényltropaniques** : acteoside, lavendulifolioside, verbascoside, plantamajoside(=purpureaside A) (**Ravnetal., 1988**)
- ❖ **Des tanins 6%**
- ❖ **Des mucilages** riches en D-galactose, en L-arabinose et contenant près de 40% d'acides uroniques (**Ahmad et al., 1980**)
- ❖ **Des stérols et triterpènes** (acide ursolique)
- ❖ **Des traces d'alcaloides** : arénaine, plantagonine, indicaine, noscapine = narcotine, choline
- ❖ **Des saponosides**
- ❖ **Des minéraux** (forte teneur en Z+ et K+ et acide silicique)
- ❖ **Le mucilage** du plantain lanceolé contient L-arabinose (20%), D-galactose (28%), Dglucose (6%), D-mannose (2%), L-rhamnose (4%), D-galacturonique acide (31%), Dglucuronique acide (7%) et en quantité moindre du L-fucose et D-xylose (**Brautigam et al, 1985**).

III.8. Activités biologiques et thérapeutiques du *Plantago lanceolata*

III.8.1. Propriété antispasmodique

L'extrait éthanolique des parties aériennes de *Plantago lanceolata* a montré une activité antispasmodique en inhibant les contractions de l'iléon et de la trachée chez le cobaye, induites par l'acétylcholine. Cette action est attribuée à des composés tels que la lutéoline, l'acteoside, le plantamajoside et le péracétate de catalpol (**Fleer et al., 2007**).

III.8.2. Propriété anti-inflammatoire

Un extrait méthanolique de feuilles de plantain a provoqué, sur des macrophages, une réduction dose-dépendante de la production de monoxyde d'azote (NO), accompagnée d'une inhibition de la synthèse d'ARNm codant pour la NO-synthase, ce qui explique son effet anti-inflammatoire (**Vigo et al., 2005**).

III.8.3 Propriété utérotonique

Des tests sur un utérus isolé de lapin ont révélé que l'extrait méthanolique et l'huile essentielle de *P. lanceolata* induisaient des contractions utérines notables (**Shipochliev, 1981**).

III.8.4 Propriété antitussive

Les parties aériennes de la plante ont démontré une activité antitussive efficace, confirmant son usage traditionnel contre la toux (**Matev et al., 1982**).

III.8.5 Propriété adoucissante

Les feuilles de *Plantago lanceolata* sont traditionnellement utilisées pour apaiser les affections dermatologiques (crevasses, gerçures, écorchures), soulager les piqûres d'insectes et calmer les irritations oculaires (**Bruneton, 1999**).

CHAPITRE IV

STRESS OXYDATIF

IV. L'Activité antioxydante

IV.1. Définition

L'équilibre entre les systèmes de défense antioxydants et les sources oxydantes (protoxydants) est essentiel au maintien de l'homéostasie cellulaire (**Choi et al., 2011, Almasiova et al., 2012**). Le stress oxydatif est généralement défini comme un déséquilibre entre les espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les capacités antioxydantes d'un organisme, d'une cellule ou d'un compartiment cellulaire (**Thorin-Trescases et al., 2010**). Cette définition permet de détecter facilement un stress oxydatif aigu, caractérisé par une élévation rapide des ERO. En revanche, l'identification d'un stress oxydatif chronique est plus complexe, car les augmentations des ERO peuvent être compensées par des mécanismes de régulation, tandis que la production des enzymes antioxydantes et réparatrices reste limitée, ces dernières pouvant elles-mêmes subir des altérations oxydatives (**Almasiova et al., 2012**).

Le stress oxydatif peut entraîner des dommages au niveau des macromolécules, notamment par l'oxydation des lipides — en particulier des acides gras insaturés, ce qui perturbe les membranes cellulaires. Il peut aussi affecter les protéines, altérant ainsi les récepteurs et les enzymes, ainsi que les acides nucléiques. Ces effets peuvent contribuer au développement de tumeurs (**Reichl, 2010, Choi et al., 2011, Jalady et Dorandeu, 2013**).



Figure 8 : Représentation du stress oxydant, un état de déséquilibre entre le système de défense antioxydant et la surproduction de radicaux libres (**Belaïch & Boujraf, 2016**).

IV.2. Les radicaux libres

Un peu plus de 55 ans après la découverte des radicaux libres (RL) dans les systèmes biologiques, une hypothèse formulée dès 1956 suggère que l'accumulation progressive des dommages moléculaires et cellulaires causés par les RL centrés sur l'oxygène pourrait être à l'origine du vieillissement (**Migdal et Serres, 2011**). Ces radicaux sont des espèces chimiques caractérisées par la présence d'un électron non apparié sur leur couche externe, ce qui les rend extrêmement réactifs. Longtemps perçus comme des éléments nuisibles, ils sont impliqués dans des altérations de l'ADN, des protéines et des lipides (**Carrière et al., 2006, Migdal et Serres, 2011**).

IV.2.1. Les sources des radicaux libres :

Les radicaux libres (RL) sont générés par divers processus, qu'ils soient internes (endogènes) ou liés à l'environnement (exogènes). Leur production peut être déclenchée par l'activation des mécanismes de défense cellulaire ou par des signaux intracellulaires spécifiques.

✓ Sources endogènes :

La chaîne respiratoire située dans les mitochondries est le principal site de consommation d'oxygène dans le corps, mais elle est également l'une des principales sources de production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO). Les complexes I et III de cette chaîne peuvent libérer l'anion superoxyde ($O_2\cdot^-$), un radical libre largement impliqué dans les processus oxydatifs (Faitg et al., 2017). En outre, les mitochondries entretiennent une relation fonctionnelle étroite avec le réticulum endoplasmique (RE), qui constitue la principale réserve intracellulaire de calcium. Cette coopération joue un rôle essentiel dans la régulation du calcium cellulaire et contribue à l'équilibre global de la cellule (Faitg et al., 2017).

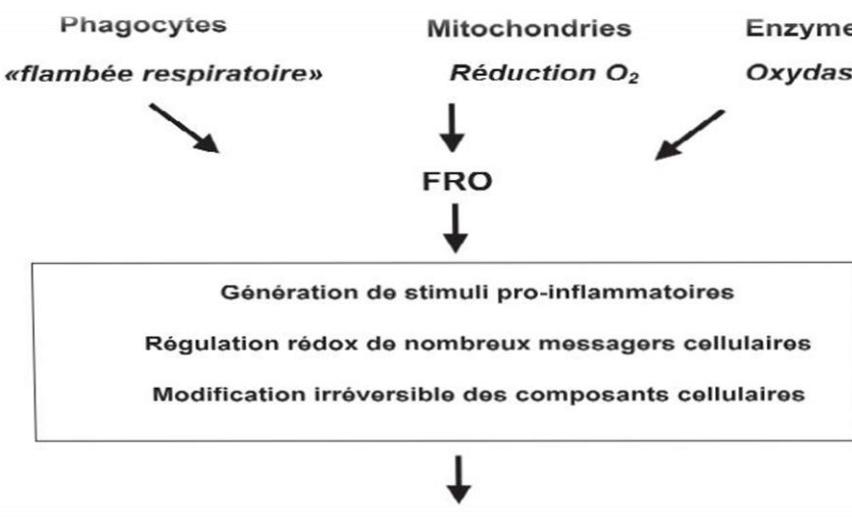


Figure 8 : Mode de production des formes réactive de l'oxygène (FRO) résultant en un stress oxydant (De Moffarts et al., 2005).

Les NOX (NADPH oxydases) sont des sources importantes d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) dans les cellules endothéliales, où elles participent à la régulation de nombreuses fonctions physiologiques. Cependant, les ERO jouent également un rôle dans divers processus pathologiques. Ainsi, bloquer l'activité enzymatique des NOX représente une stratégie potentielle pour limiter la production des ERO à leur source (Garrido-Urbani et al., 2014)

✓ Les sources exogènes :

L'organisme humain est constamment exposé à divers agents extérieurs capables d'induire la production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO). Ces sources environnementales ou exogènes incluent notamment les polluants organiques persistants (POP) ainsi que certains composés halogénés comme le tétrachlorométhane (CCl_4), qui est métabolisé dans le foie en radical trichlorométhyle (CCl_3) (Bastard & Fève, 2013). Les alcaloïdes, tels que

la cocaïne, peuvent également favoriser la formation d'ERO par inhibition du système nerveux sympathique impliqué dans la thermorégulation (**Reichl et al., 2010**).

La consommation d'alcool (éthanol), l'exposition aux rayonnements ionisants (X ou gamma), ainsi qu'aux rayons ultraviolets (UV), sont autant de facteurs pouvant générer des anions superoxydes ou de l'oxygène singlet par activation de photosensibilisants. Par ailleurs, l'inhalation de la fumée de cigarette entraîne également l'oxydation de nombreux composés toxiques (**Favier, 2003**).

Le fer, bien qu'essentiel à la vie, peut contribuer à la formation d'ERO via la réaction de Fenton. Cette dernière repose sur la capacité du fer à osciller entre sa forme oxydée (ferrique, Fe^{3+} , insoluble) et sa forme réduite (ferreuse, Fe^{2+} , pro-oxydante), ce qui, en cas de déséquilibre, peut mener à un stress oxydatif et activer des voies de signalisation liées à la survie ou à la mort cellulaire (**Hamaï et Mehrpour, 2017**). Enfin, certains métaux lourds comme le cadmium ou le mercure sont également capables d'induire la formation de radicaux libres, entraînant ainsi des lésions cellulaires (**Birben et al., 2012**).

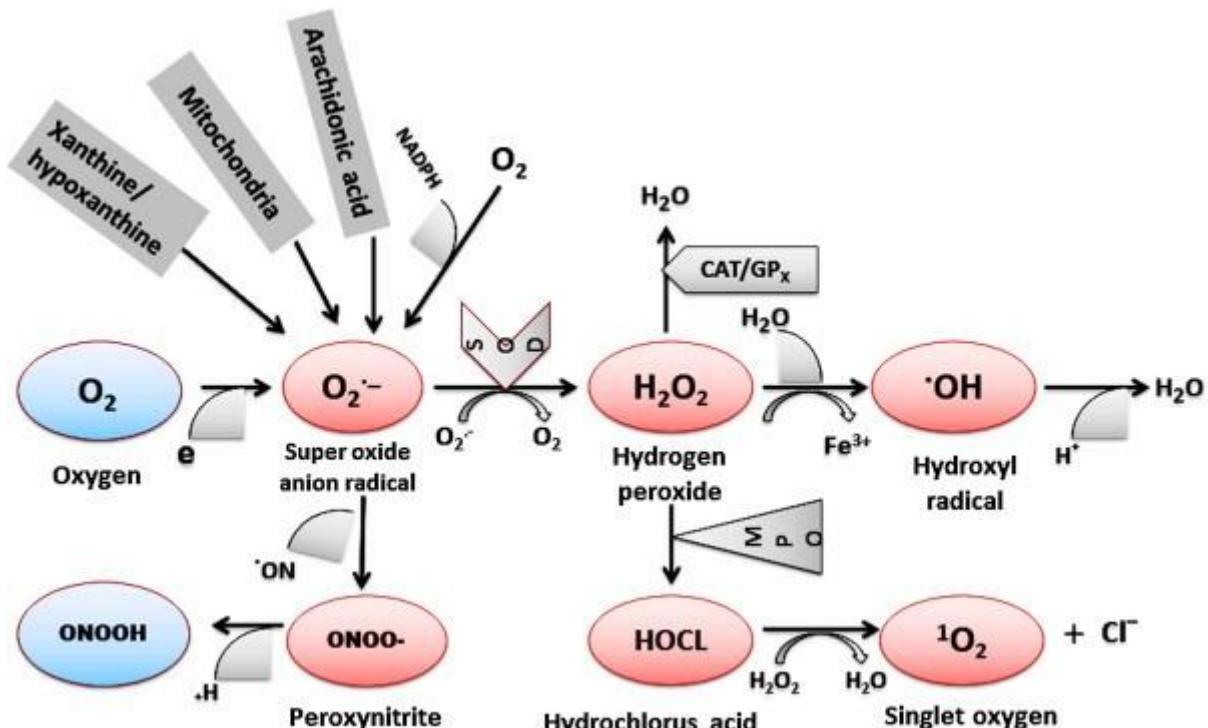


Figure 9 : Les principales sources de génération de radicaux libres et leur catabolisme (**Shah et al., 2014**).

IV.3. Antioxydant :

Les antioxydants sont des substances qui ont la capacité de neutraliser ou de limiter les effets néfastes des radicaux libres dans l'organisme. Ils jouent un rôle essentiel en maintenant des niveaux non toxiques d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) au sein des cellules. L'organisme met ainsi en œuvre une défense continue contre la production constante de ces radicaux libres (**Favier, 2003**).

On distingue deux types principaux d'antioxydants :

1. Les antioxydants enzymatiques
2. Les antioxydants non enzymatiques

IV.3.1. Antioxydant enzymatique :**✓ Les superoxyde dismutases (SODs) :**

Sont des enzymes essentielles qui protègent les cellules contre le stress oxydatif causé par les radicaux libres, en particulier l'anion superoxyde ($O_2\cdot-$) (**Fukai et Ushio-Fukai, 2011**). Chez les mammifères, on retrouve trois types principaux de SOD :

SOD1, présente dans le cytoplasme (forme Cu/Zn),

SOD2, située dans les mitochondries (forme Mn),

SOD3, qui se trouve à l'extérieur des cellules (forme Cu/Zn) (**Fukai et Ushio-Fukai, 2011**).

Toutes ces enzymes ont besoin d'un métal (cuivre ou manganèse) pour être actives (**Fukai et Ushio-Fukai, 2011**).

Elles transforment le radical superoxyde ($O_2\cdot-$), nuisible pour les cellules, en peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et en oxygène (O_2) (**Kurutas et al., 2005**).

Cela permet de réduire le stress oxydatif ainsi que l'activation des médiateurs de l'inflammation (**Fukai et Ushio-Fukai, 2011**).

Les enzymes SOD se trouvent presque partout dans notre corps, à l'intérieur des cellules et dans les liquides autour d'elles. Elles ont un rôle très important : elles bloquent les radicaux libres, qui peuvent abîmer nos cellules.

En empêchant ces dommages, les SOD aident à ralentir le vieillissement.

Mais si les gènes des SOD changent (ce qu'on appelle un polymorphisme) ou si leur fonctionnement est perturbé, cela peut endommager l'ADN et augmenter le risque de cancer (**Blaurock, 2014**).

✓ La catalase (CAT) :

Est une enzyme très importante qu'on retrouve chez presque tous les êtres vivants (**Abu-Amero et al., 2013, Samanta et al., s.d.**) Son rôle principal est de protéger les cellules contre les substances toxiques, en particulier le peroxyde d'hydrogène, qu'elle transforme en eau et en oxygène inoffensifs (**Xu et al., 2018**).

Grâce à cela, la catalase aide à garder l'équilibre dans le corps et évite la mort prématurée des cellules.

Elle est aussi utilisée comme indicateur du stress oxydatif : si son activité change, cela peut montrer qu'il y a un problème dans l'équilibre chimique du corps (**Xu et al., 2018**).

✓ **La thiorédoxine :**

Est une petite protéine qu'on retrouve chez tous les êtres vivants (**Horard et Loppin, 2017**). Elle aide à garder l'équilibre chimique dans les cellules, appelé équilibre redox, en réduisant les ponts disulfures, ce qui protège les cellules contre le stress oxydatif.

Elle participe à la détoxicification des molécules oxydantes (ERO) avec une autre molécule appelée glutathion. Pour bien fonctionner, elles utilisent deux enzymes spéciales :

La thiorédoxine réductase (Trx) et la glutathion réductase (GR), toutes deux dépendantes du NADPH.

Chez certains parasites comme le schistosome, ces deux systèmes sont réunis en une seule enzyme : la TGR (thiorédoxine-glutathion réductase) (**Dissous et al., 2009**).

La thiorédoxine peut influencer les signaux à l'intérieur de la cellule liés au stress oxydatif, notamment grâce à son interaction avec le glutathion (équilibre GSH/GSSG) (**Migdal et Serres, 2011**).

IV.3.2. Antioxydant non enzymatique :

✓ **La vitamine C :**

La vitamine C est un antioxydant trouvé chez les animaux et les plantes mais ne peut pas être synthétisé chez l'homme et doit être obtenu à partir du régime alimentaire. Il peut réduire et neutraliser les espèces réactives de l'oxygène telles que le peroxyde d'hydrogène (**Kabel, 2014**). Elle est capable de céder un électron à pratiquement tous les RL pouvant intervenir dans un système biologique, comme les radicaux superoxydes, hydroxyles, tocophéroxyles, peroxyles. L'acide ascorbique ainsi régénéré peut à nouveau participer à la réaction de détoxicification radicalaire (**Vergely et Rochette, 2003**). Il fournit une protection contre le stress oxydatif en agissant comme capteur d'ERO, directement ou indirectement, en recyclant l'antioxydant liposoluble, l' α -tocophérol (vitamine E) (**Kirkwood et al., 2012**).

✓ **La vitamine E :**

La vitamine E est un groupe de huit molécules lipophiles antioxydantes, dont quatre sont des tocophérols et quatre sont des tocotriénols. On la trouve principalement dans les légumes verts, les céréales, les noix et diverses huiles végétales, ainsi que dans les œufs et le lait (**Farbstein et al., 2010**). La vitamine E et d'autres antioxydants comme la vitamine C réduisent les maladies cardiovasculaires en piégeant les RL organiques et/ou en désactivant les molécules d'oxygène excitées pour prévenir les dommages tissulaires (**Sesso et al., 2008**). La vitamine E peut protéger contre les RL de l'oxygène et la peroxydation des lipides et, en conséquence, inhiber le développement de l'athérosclérose (**Knek et al., 2004**).

IV.3. 3. L'acide urique :

L'acide urique est le produit final du catabolisme des bases puriques chez l'homme. Bien qu'il soit peu soluble dans l'eau, il possède des propriétés antioxydantes puissantes. Il est formé par l'enzyme xanthine déshydrogénase. Chez les individus en bonne santé, l'acide urique

représente plus de 60 % du pouvoir antioxydant du plasma. Il joue un rôle crucial dans la neutralisation des radicaux libres, en particulier en éliminant de 10 à 15 % du radical hydroxyle produit quotidiennement. De plus, il est capable de neutraliser les radicaux peroxydes ainsi que l'oxygène singulet. Il possède également la capacité unique de fixer le fer, ce qui peut contribuer à stabiliser l'acide ascorbique plasmatique (**Descamps et al., 2006**).

Mécanisme d'action des antioxydants :

- Les antioxydants aident à protéger le corps contre les effets nocifs des molécules instables appelées radicaux libres. Ils agissent de plusieurs façons :
- Ils empêchent la formation de ces radicaux.
- Ils les neutralisent avant qu'ils ne causent des dégâts.
- Ils renforcent les défenses naturelles de l'organisme.
- Ils participent à la réparation des cellules endommagées par les radicaux libres (**Lamina et al., 2013 ; Liochev, 2013**).

IV.3.4. Les polyphénols et flavonoïdes :

Les flavonoïdes sont un groupe vaste de composés polyphénoliques, produits par la voie du phénylpropanoïde. Ils sont principalement présents dans les fruits et légumes, mais aussi dans des boissons comme le thé et le vin. Ces molécules sont bien connues pour leur capacité à piéger les radicaux libres et à exercer une activité antioxydante, ce qui aide à prévenir certaines maladies cardiovasculaires. L'efficacité antioxydante des flavonoïdes est étroitement liée à la structure de leur noyau, notamment à la disposition des groupes fonctionnels (**Kumar et Pandey, 2013**).

Certains polyphénols, notamment ceux du vin rouge, ont des propriétés antioxydantes marquées, permettant de protéger les lipoprotéines de basse densité (LDL) contre l'oxydation, un facteur clé dans le développement de l'athérosclérose (**Martin et Andriantsitohaina, 2002**). En tant que groupes d'antioxydants les plus abondants dans notre alimentation, les polyphénols jouent un rôle fondamental dans la protection des cellules contre l'oxydation et la réduction du stress oxydatif, ce qui a été confirmé par de nombreuses études sur leurs effets bénéfiques chez l'homme (**Morand, 2010**).

2ème Partie :

ETUDE

EXPERIMENTALE

CHAPITRE I

Matériel et méthodes

I.1. Matériel :

I.1.1. Matériel végétale :

Nous utilisons des feuilles du *Plantago lanceolata* (plantain) des feuilles *Malva sylvestris L* (malvaceae)

Le *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris L* sont récoltés dans la région d’Oued el athmania Wilaya de Mila en Mars 2025. Après la récolte, ces échantillons sont séchés à l’abri de la lumière, à température ambiante.



« *Plantago lanceolata* » & « *Malva sylvestris L* »

Figure 10 : Séchage des feuilles de le *Plantago lanceolata* et du *Malva sylvestris L*

Après séchage sont broyées pour obtenir une poudre fine, qui sert pour la préparation de l’extract méthanolique



Figure 11 : Broyeur utilisé

I.2. Méthodes

I.2.1. Préparation des extraits méthanoliques

Une masse de (50g) des poudres obtenues à partir des 2 plantes est mise à macérer dans 500 ml de méthanol absolu sous agitation magnétique pendant 30 minutes. L'extrait est ensuite conservé à 4°C durant 24 h. Après filtration du mélange, l'extrait est évaporé à sec sous pression réduite à 45 °C à l'aide d'un évaporateur rotatif afin d'obtenir l'extrait sec (**Bougandoura et Bendimerad, 2012**).



Figure 12 : Extraits méthanoliques de le *Plantago lanceolata* et du *Malva sylvestris L*

✚ Evaporateur

Un évaporateur rotatif est un instrument de laboratoire essentiel utilisé pour éliminer efficacement les solvants des échantillons par évaporation. Il agit en réduisant la pression, ce qui permet aux solvants de se vaporiser à des températures plus basses, ce qui est particulièrement utile dans les laboratoires de chimie pour les processus de distillation et d'extraction (**Sumalatha et al, 2022**)



Figure 13 : Evaporateur rotatif (Février 2025)

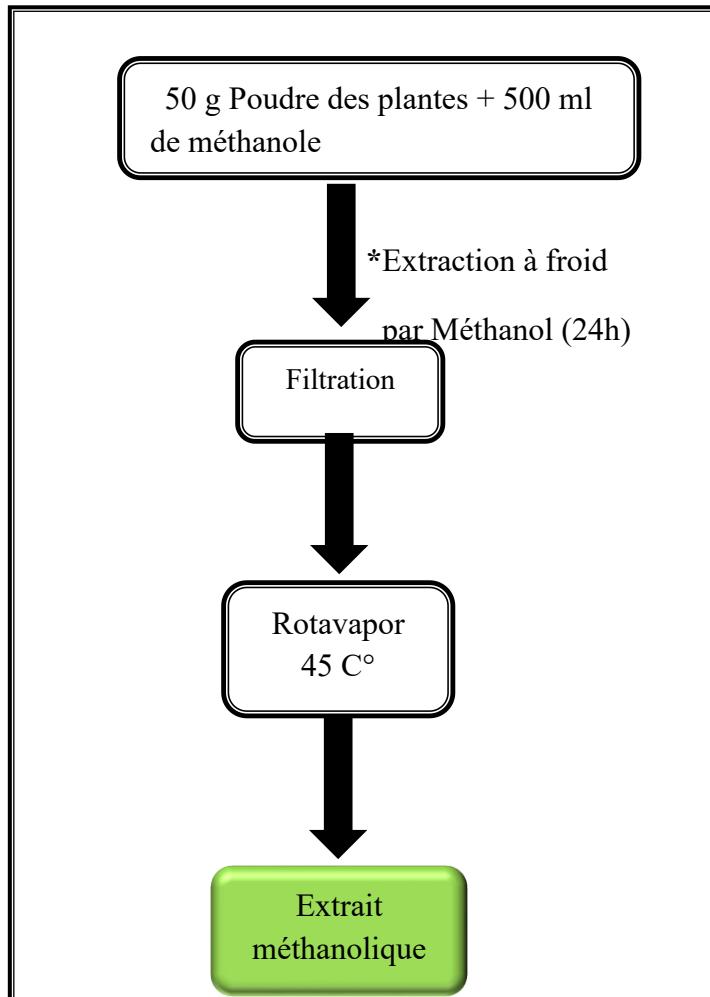


Schéma 1 : Schéma général d'extraction méthanolique

I.2.2. Analyses des extraits du *Plantago lanceolata* et du *Malva sylvestris L*

I.2.2.1. Screening phytochimique

I.2.2.1.1. Caractérisation des composés phénoliques

On ajoute à 3 ml de notre extrait 5 gouttes de FeCl_3 . L'apparition d'une couleur qui vire au verdâtre indique la présence des phénols (**Rosine et Momo, 2009**).

I.2.2.1.2. Caractérisation des Flavonoïdes

A 2ml d'extrait on ajoute quelques gouttes d' AlCl_3 à 1%. En présence de flavonoïdes, une coloration rose- ou jaune apparaît (**Shraim et al., 2021**).

I.2.2.1.3. Caractérisation des Tanins

3 gouttes de FeCl_3 à 1% est ajoutées à 1ml de chaque extrait après 2min d'incubation. La couleur vire au bleu noir en présence des tanins galliques, et au bleu verdâtre en présence des tanins catéchiques (**Dohou et al ,2003**).

I.2.2.1.1.4. Différentiation des tanins

Pour déterminer le type de tanins (tanins condensés, tanins hydrolysables), on emploie la méthode suivante :

- **Précipitation par le réactif de stiasny**

On incorpore 8 ml du réactif de STIASNY (formaldyéhyde à 30% ; 2 volumes + HCl concentré ; 1 volume) à 15 ml de l'extrait, on chauffe le mélange à ébullition pendant 30 min.

On note la présence de précipités, donc la présence des tanins condensés. On filtre, puis au filtrat on ajoute l'acétate de sodium jusqu'à saturation, on met quelques gouttes de FeCl_3 à 2 %. L'apparition de coloration bleue-noire indique la présence de tanins hydrolysables non précipités par le réactif de STIASNY.

I.2.2.1.2. Chromatographie sur couche mince (TLC)

La chromatographie sur couche mince (CCM) est une technique analytique largement utilisée en chimie pour séparer et identifier les composants d'un mélange. La plaque de chromatographie sur couche mince se compose d'un support plat tel que du verre, du plastique ou une feuille d'aluminium, sur lequel a été étendue une fin couche de matériau adsorbant tel que du gel de silice ou de l'alumine. Ces plaques sont immergées dans la phase mobile. Cette dernière La phase mobile, est un solvant ou mélange de solvants, traverse la phase stationnaire par capillarité, ce qui facilite la séparation des composants du mélange en fonction de leur dynamique d'adsorption et de désorption (**J et al., 2017 ; Akash et Rehman, 2020 ; Ahluwalia, 2023 ; Hameed et al, 2023**)

L'analyse d'extrait du *Plantago lanceolata* et l'extrait du *Malva sylvestris L* a été réalisée sur des plaques de gel de silice déposée sur une feuille d'aluminium, la meilleure séparation a été obtenue avec le système de solvant BAW (butanol/acide acétique/eau) avec des proportions (60/15/30)



Figure 14 : Analyse des extraits méhanoliques par chromatographie sur couche mince

Après migration, les plaques sont séchées puis visualisées par les systèmes de révélation :

Après le séchage des plaques on a fait une pulvérisation de shinoda (Mg+HCL) \longrightarrow La coloration orange ou rouge indique la présence des flavonoïdes.

Sur d'autres plaques on a fait une pulvérisation de FeCl₃ \longrightarrow la coloration violette ou bleue indique la présence des phénoles.

Pour l'autre plaque on utilise le réactif de vanilline sulférique \longrightarrow la coloration rouge brique indique la présence des tanins.

I.2.2.2. Analyses quantitatives et dosages biochimiques

I.2.2.2.1. Dosage des polyphénols totaux (PPT) par FolinCiocalteu

Le dosage des polyphénols totaux dans les extraits des feuilles est déterminé par spectrophotométrie, selon la méthode colorimétrique utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu (**Singleton et al., 1999**).

➤ Principe

Le réactif folinciocalteau est un mélange d'acide phosphotungstique(H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMo₁₂O₄₀), qui est réduit, lors de l'oxydation des polyphénols, en un mélange d'oxyde bleu de tungstène (W₈O₂₃) et molybdène (MO₈O₂₃) (**Boizot et Charpentier, 2006**).

Brièvement, dans des tubes en verre, un volume de 200 µl de chaque extrait est ajouté à 1ml de réactif Folin-Ciocalteu dilué 10 fois. Après 4 min, 800 µl d'une solution de carbonate de sodium à (75g/l) sont ajoutés, Les tubes sont agités et conservés pendant 2 heures, à température ambiante et à l'obscurité. L'absorbance est lue à 765 nm.

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle, dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique à différentes concentrations (0 à 200 µg/ml). Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme de l'extrait (µg Eq AG/mg d'extrait) (**Singleton & Rossi, 1965**) Modifiée.

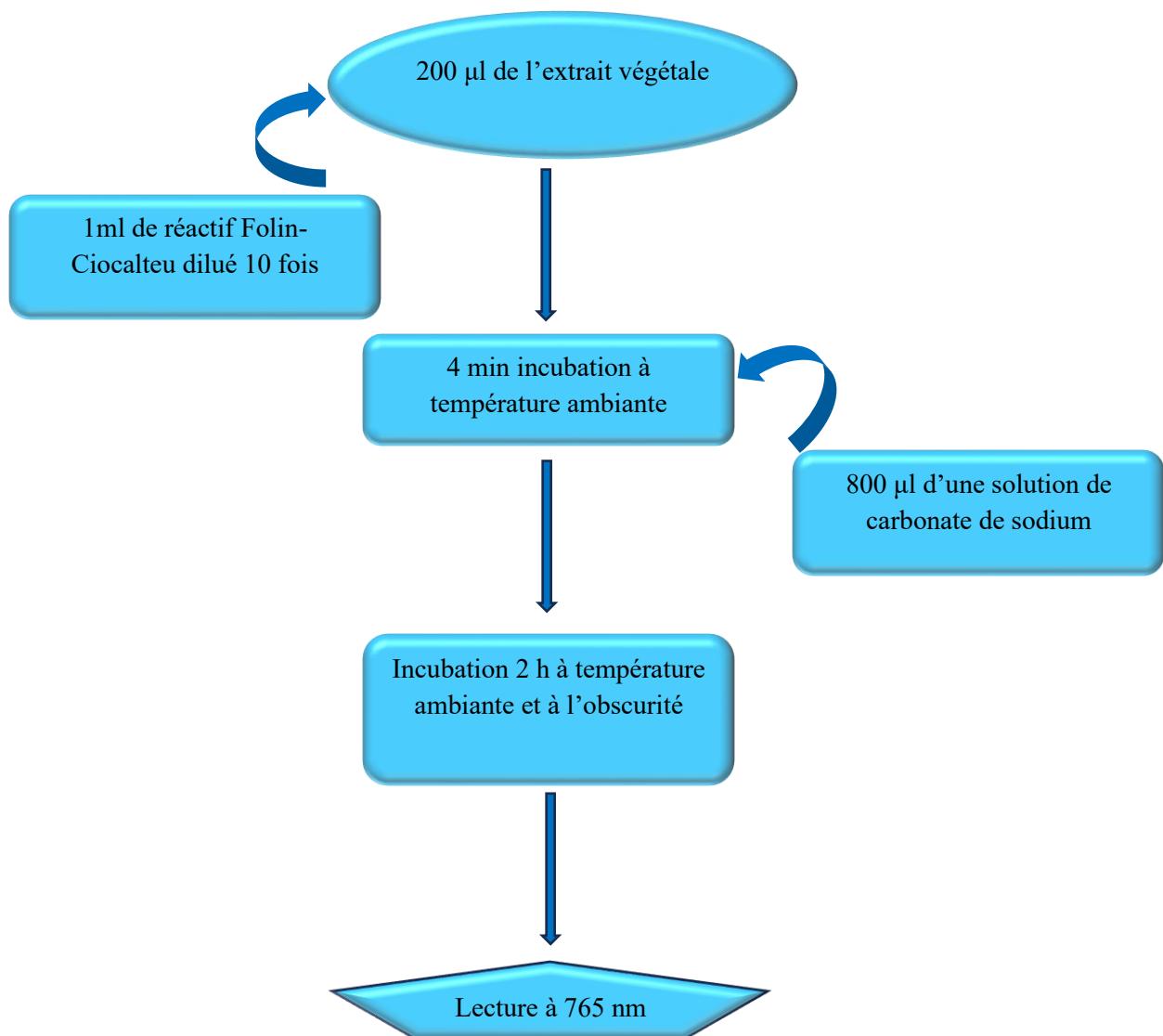


Schéma 2 : Schéma récapitulatif du dosage des polyphénols totaux

I.2.2.2. Dosage des flavonoïdes (FV) par le trichlorure d'aluminium

Le dosage des flavonoïdes, ainsi que celui du groupe dominant parmi eux, a été réalisé par la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium (**Hudz et al, 2017**).

➤ Principe

Le principe de la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium repose sur la formation de complexes entre le chlorure d'aluminium et les flavones ainsi que les flavanols, par réaction avec le groupe céto en C-4 et les groupes hydroxyles des cycles C, A et/ou B (**Hudz et al., 2017**).

➤ Protocole

1 mL de chaque extrait et 1 mL d'AlCl₃ (2 % dans le méthanol) a été ajouté, suivis d'une incubation à l'obscurité pendant 10 minutes, l'absorbance a été mesurée à 430nm.

Les résultats sont exprimés en microgrammes équivalents de quercétine (QE) par milligramme d'extrait (**Ayoola et al., 2008**).

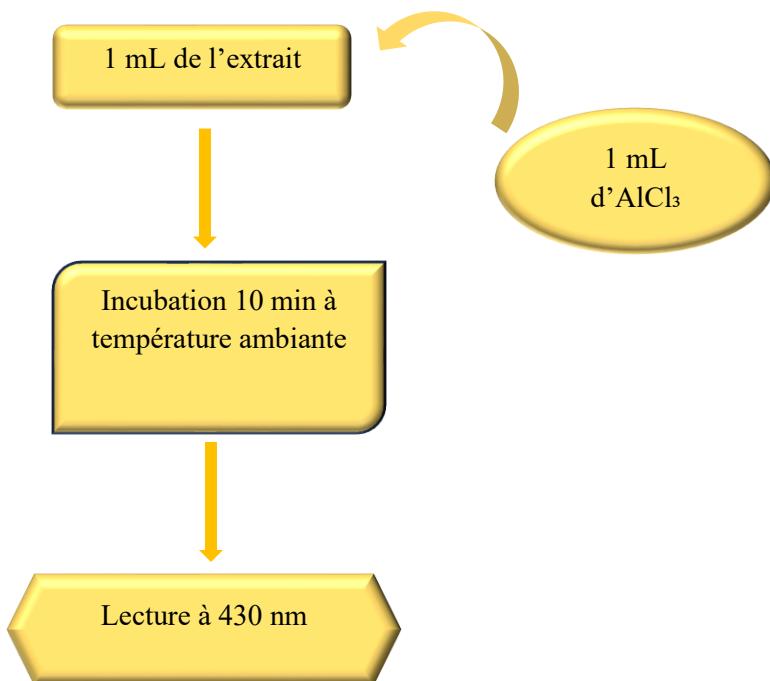


Schéma 3 : Schéma récapitulatif du dosage des flavonoïdes totaux

I.2.2.2.3. Dosage des tanins condensés

Le dosage des tanins condensés a été effectué selon la méthode de la vanilline décrite par Julkumen-Titto.

➤ Principe

Le principe de cette méthode repose sur la réactivité du groupement aldéhydique de la vanilline avec le carbone en position 6 du cycle A des unités de catéchine, entraînant la formation d'un complexe coloré de teinte rouge. Ce complexe présente une absorption maximale à une longueur d'onde de 500 nm (**Schofield et al., 2001 ; Mahmoudi et al., 2013**).

➤ Protocole

Pour 400 μ l de l'échantillon ou du standard, on ajoute 3ml d'une solution de vanilline (4% dans le méthanol), et 1,5ml d'acide hydrochlorique concentré. Le mélange est incubé durant 15min et l'absorbance est lue à 500nm.

Les concentrations des tanins sont déduites à partir des gammes d'étalonnage établies avec la catéchine (0-300 μ g/ml), et sont exprimées en microgramme d'équivalent catéchine par milligramme d'extrait (μ g ECT/mg d'extrait).

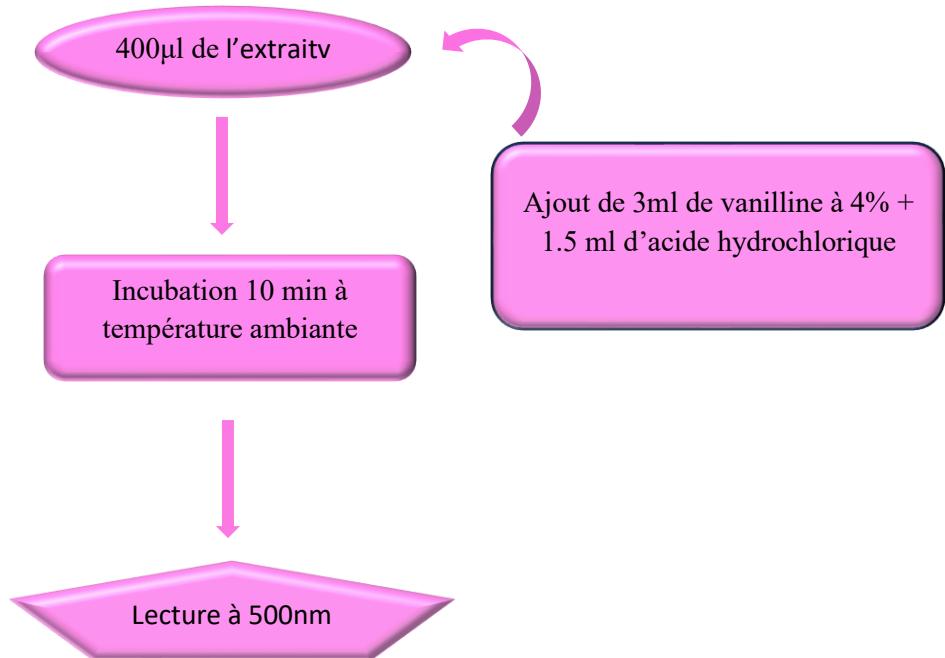


Schéma 4 : Schéma récapitulatif du dosage des tanins condensés

I.2.3. Activité antioxydant

I.2.3.1 Test du pouvoir réducteur du fer par la méthode de FRAP (FerricReducing-Antioxidant power)

➤ Principe

Le pouvoir réducteur d'un extrait est associé à son pouvoir antioxydant. Cette technique est développée pour mesurer la capacité des extraits testés à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) présent dans le complexe ferricyanure de potassium $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ en fer ferreux (Fe^{2+}). En effet, le Fe^{3+} participe à la formation du radical hydroxyle par la réaction de Fenton, la réaction est révélée par le virement de couleur jaune du fer ferrique (Fe^{3+}) en couleur bleu-vert du fer ferreux (Fe^{2+}). L'absorbance du mélange réactionnel est ensuite mesurée à 700 nm, reflétant l'intensité de cette activité réductrice (Oyaizu, 1986).



Complexé Jaune

Complexé Bleu

➤ Protocole

Le pouvoir réducteur a été déterminé suivant la méthode préconisée par Oyaizu (1986).

2.5 ml de différentes concentrations (10. 9. 8,5. 7. 6,5. 5. 2. 1 et 0.8 mg/ml) des deux extraits de chaque plante étudiée ont été mélangées avec 2,5 ml de la solution tampon phosphate (pH 6.6) et 2,5 ml de ferricyanure de potassium $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ à 1%. L'ensemble est incubé au bain-marie à 50°C pendant 20min. Ensuite, 2,5ml d'acide trichloracétique à

10% sont ajoutés pour stopper la réaction. 2,5ml du mélange est combinée avec 2,5ml d'eau distillée et 0,5ml d'une solution aqueuse de FeCl₃ à 0,1%.

L'absorbance du mélange réactionnel est mesurée à 700 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Vis, en utilisant un blanc préparé de manière identique, dans lequel l'extrait est remplacé par de l'eau distillée afin de calibrer l'appareil.

L'acide ascorbique, l'acide gallique sont des utilisés comme des contrôles positifs à différentes concentrations (0,2 à 1 mg/ml) dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons.

Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (**Singleton et Rossi, 1965 ; Ghaisas et al, 2008**).



Figure 15 : les étapes du test du pouvoir réducteur du fer par la méthode de FRAP

CHAPITRE II

RESULTATS ET DISCUSSION

II.1. Préparation de l'extrait méthanolique à partir des feuilles du *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris*

II.1.1 Extrait méthanolique

Préparation de l'extrait à partir des feuilles du *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris* a été effectuée selon la méthode décrite par Boughandoura et al. (2012). Cette méthode est basée sur l'utilisation de solvant polaire (méthanol).

L'aspect et la couleur de chaque extrait sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Aspect et couleur de l'extrait méthanolique des feuilles du *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris*

La plante	Extrait	Aspect	Couleur
<i>Plantago lanceolata</i>	MET	Pate	Vert foncé
<i>Malva sylvestris</i>	MET	Pate	Marron foncé

II.1.2 Détermination du rendement d'extraction

Le rendement d'extraction est exprimé en gramme de masse d'extrait par rapport à cent gramme de la plante fraîche (Mahmoudi et al., 2012 modifier), le rendement le plus élevé a été observé dans l'extrait méthanolique du *Plantago lanceolata* par rapport à l'extrait méthonliques du *Malva sylvestris* qui est moins élevé.

Tableau 5 : Le rendement des deux extraits méthanoliques des feuilles de *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris*

Extrait méthanolique	Rendement (g/100g de plante fraîche)
<i>Plantago lanceolata</i>	16.3%
<i>Malva sylvestris</i>	14.6%

II.2. Analyse des deux extraits du *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris*

II.2.1. Screening phytochimique

Les résultats des tests de mise en évidence de certains métabolites secondaires dans les deux extraits méthanoliques : des polyphénols, des flavonoïdes, des tanins se traduisent dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 6 : Résultats des tests préliminaires de quelques métabolites secondaires de l'extrait méthanolique du *Plantago lanceolata*

Métabolite testé	Remarque	Résultats
Flavonoïde	Couleur orange	++++
Composés phénoliques	Couleur verdâtre	++++
Tanins	Couleur bleu verdâtre	+++
Tanins condensés	Formation de précipité	++
Tanins hydrolysables	Couleur bleu-noir	-

Tableau 7 : Résultats des tests préliminaires de quelques métabolites secondaires de l'extrait méthanolique du *Malva sylvestris*

Métabolite testé	Remarque	Résultats
Flavonoïde	Couleur orange	++
Composés phénoliques	Couleur verdâtre	+++
Tanins	Couleur bleu verdâtre	+
Tanins condensés	Formation de précipité	+
Tanins hydrolysables	Couleur bleu-noir	-

+++ = importante quantité ; ++ = quantité moyenne ; + = petite quantité ; - = absence.

Les essais phytochimiques effectuées sur l'extrait MET des feuilles *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris* révèlent la présence de flavonoïdes, dont la couleur orange dans les 2 plantes désigne la présence plus importante des flavonoïdes dans l'extrait du *Plantago lanceolata* et en faible présence dans l'extrait du *Malva sylvestris*.

L'apparition de la couleur bleu-verdâtre (test de FeCl₃) reflète la présence des tanins catéchiques dans les deux extraits.

Pour la séparation entre les deux types de tanins (tanins hydrolysables et Tanins condensés), le test Stiasny a été réalisé dont les résultats confirment la présence des tanins condensés et montrent l'absence de tanins hydrolysables dans les extraits.

II.2.1.2. Chromatographie sur couche mince

Pour une caractérisation partielle de l'extrait méthanolique des deux plantes, une chromatographie sur couche mince (CCM) a été réalisée par l'utilisation de système de migration (BAW) butanol-acide acétique-eau (60/15/35).



Révélation UV 254 nm

de *Plantago lanceolata*

Révélation UV 254 nm

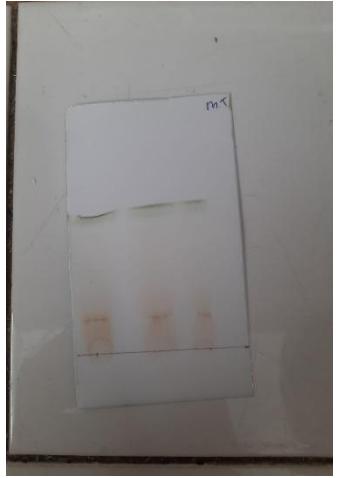
de *Malva sylvestris*

Figure 16 : Chromatographie sur couche mince d'extrait méthanolique des feuilles du *Plantago lanceolata* et du *Malva sylvestris*

Tableau 8 : Résultats de CCM après révélation

Plante	Composé	Révélateur	Couleur	Résultat
<i>Plantago lanceolata</i>	Flavonoïde	Shinoda (Mg+HCL)	Orange	

	Composés phénoliques	FeCl3 (1%)	Mauve	
	Tanins	Vanilline sulférique	Rouge brique	
<i>Malva sylvestris</i>	Flavonoïde	Shinoda (Mg+HCL)	Orange	

	Composés phénoliques	FeCl3 (1%)		
	Tanins	Vanilline sulférique	Rouge brique	

Ces résultats indiquent que : les deux plantes *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris* contiennent des flavonoïdes, composés phénoliques et tanins. Les substances actives sont visualisées comme des taches (**Tableau 8**).

Globalement, l'intensité des taches est plus dense dans l'extrait du *Plantago lanceolata* que l'extrait du *Malva sylvestris*, donc il est riche en molécules actives plus que dans *Malva sylvestris* et la faible densité des taches dans cette dernière ne doit pas exclure la présence de substances actives dans cet extrait.

Les tests préliminaires ont révélé la présence de **flavonoïdes, polyphénols et tanins** dans les extraits méthanoliques des deux plantes. Ces résultats ont été confirmés par la **chromatographie sur couche mince (CCM)** :

- **Flavonoïdes** : détectés par une coloration orange dans les deux extraits aux tests préliminaires, et visualisés sous forme de taches orangées après le test de Shinoda en CCM. La densité plus intense de ces taches dans *Plantago lanceolata* reflète une plus grande quantité de flavonoïdes, en accord avec les tests préliminaires.

- **Composés phénoliques** : mis en évidence par une couleur verdâtre dans les tests préliminaires, confirmés par la coloration mauve avec FeCl₃ en CCM.
- **Tanins** : leur présence (catéchiques) a été détectée dans les tests (bleu verdâtre avec FeCl₃ et formation de précipité), et confirmée par des taches rouge brique avec la vanilline sulfurique en CCM.

II.2.2. Analyse quantitative et dosages biochimiques

Un dosage des polyphénols totaux, des flavonoïdes ainsi que des tanins a été effectué afin de caractériser la teneur des extraits méthanolique préparés à partir des *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris*.

Le contenu en polyphénols totaux est déterminé par la méthode du Folin ciocalteu (**Ragaee et al., 2006 ; Wong et al., 2006 ; Anthony, 2010**), où l'acide gallique a été utilisé comme standard (765 nm). Pour les flavonoïdes, le dosage est réalisé selon la méthode du trichlorure d'aluminium (**Bahorum, 1997 ; Djeridane et al., 2006 ; Ayoola et al., 2008 ; Mbaebie, 2012**), en utilisant la quercétine comme standard (430 nm). Les tanins condensés sont été quantifiés selon la méthode de Heimler et ses assistants en 2006 par la vanilline en utilisant la catéchine comme standard (500 nm).

Les résultats sont représentés dans le (**tableau 9**), les diagrammes, et les gammes d'étalonnage dans les (**figures**).

Tableau 9 : La teneur en composés phénoliques des deux extraits aqueux et méthanolique

EXTRAIT	Polyphénols (a)	Flavonoides (b)	Tanins ©
<i>PLANTAGO</i>	208,913±29,17	10,726±1,53	97,197±16,41
<i>MALVA</i>	76,286±8,37	0,364±0,22	11,61±9,41

(a) µg d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait.

(b) µg d'équivalent de catéchine par milligramme d'extrait.

(c) µg d'équivalent de quercitrine par milligramme d'extrait.

Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures ± SD.

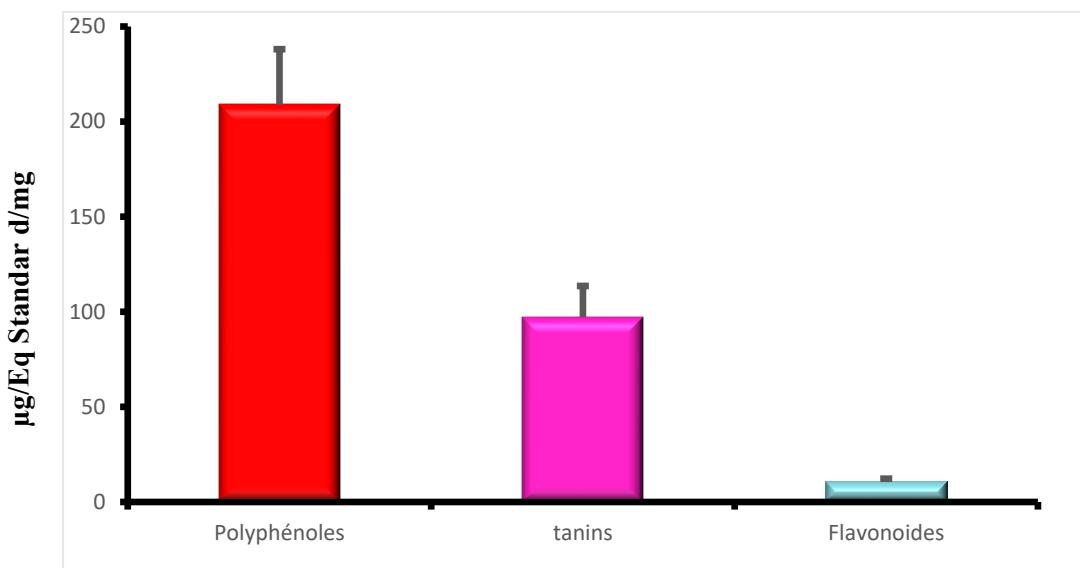


Figure 17 : La teneur en polyphénols, en tanins et en flavonoïdes ($\mu\text{g}/\text{Eq Standard/mg}$) dans l'extract méthanolique de *Plantago lanceolata*.

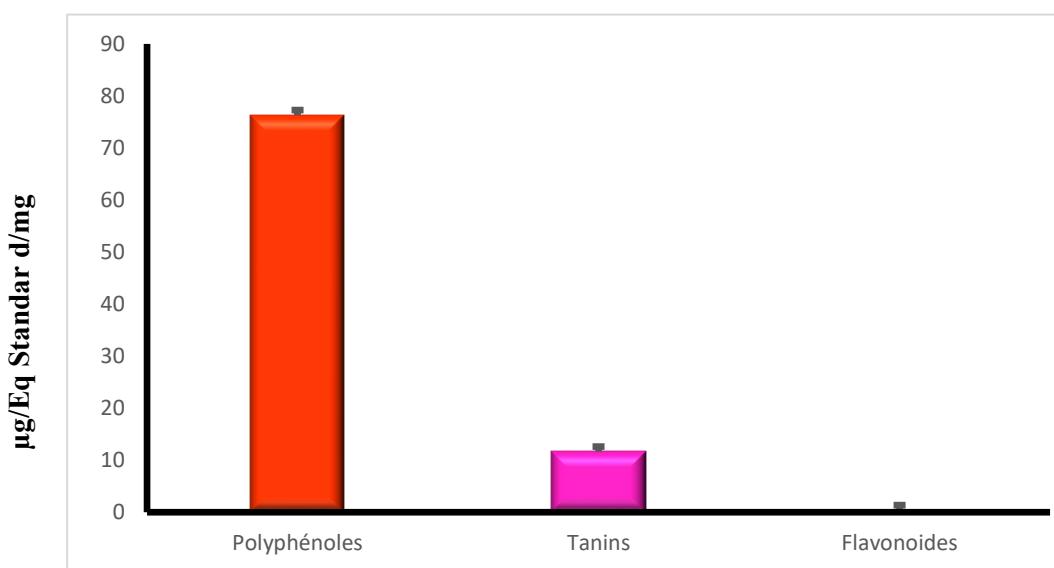


Figure 18 : La teneur en polyphénols, en tanins et en flavonoïdes ($\mu\text{g}/\text{Eq Standard/mg}$) dans l'extract méthanolique de *Malva sylvestris*.

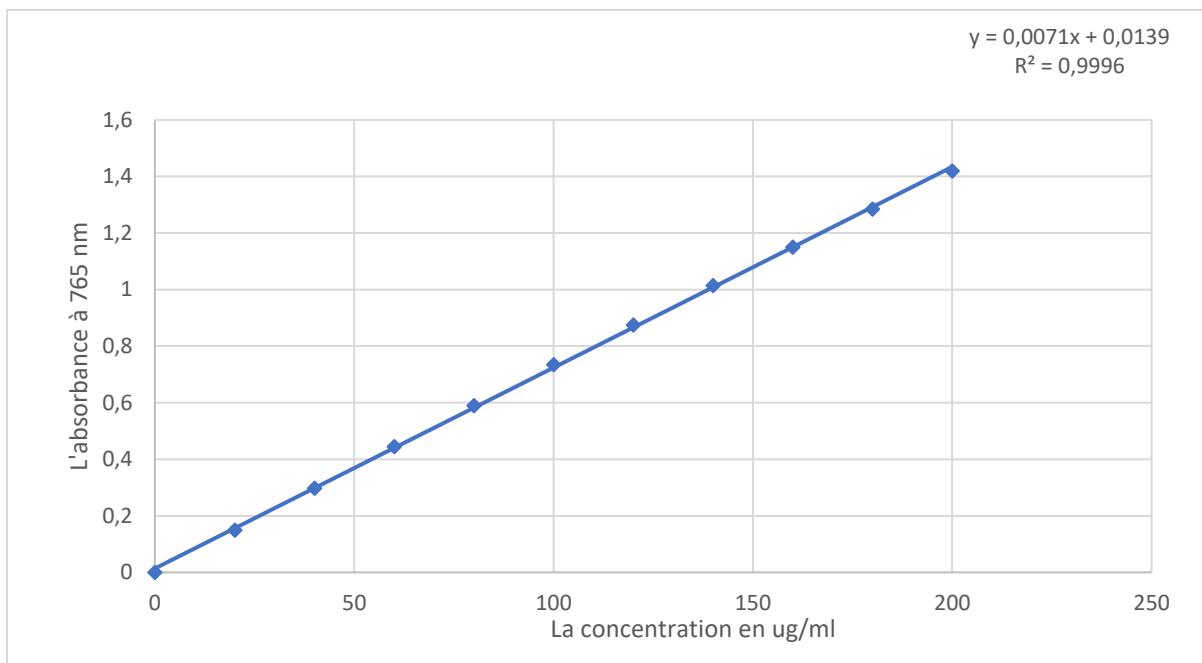


Figure 19 : Droite d'étalonnage de l'acide gallique (moyenne \pm SD de deux essais).

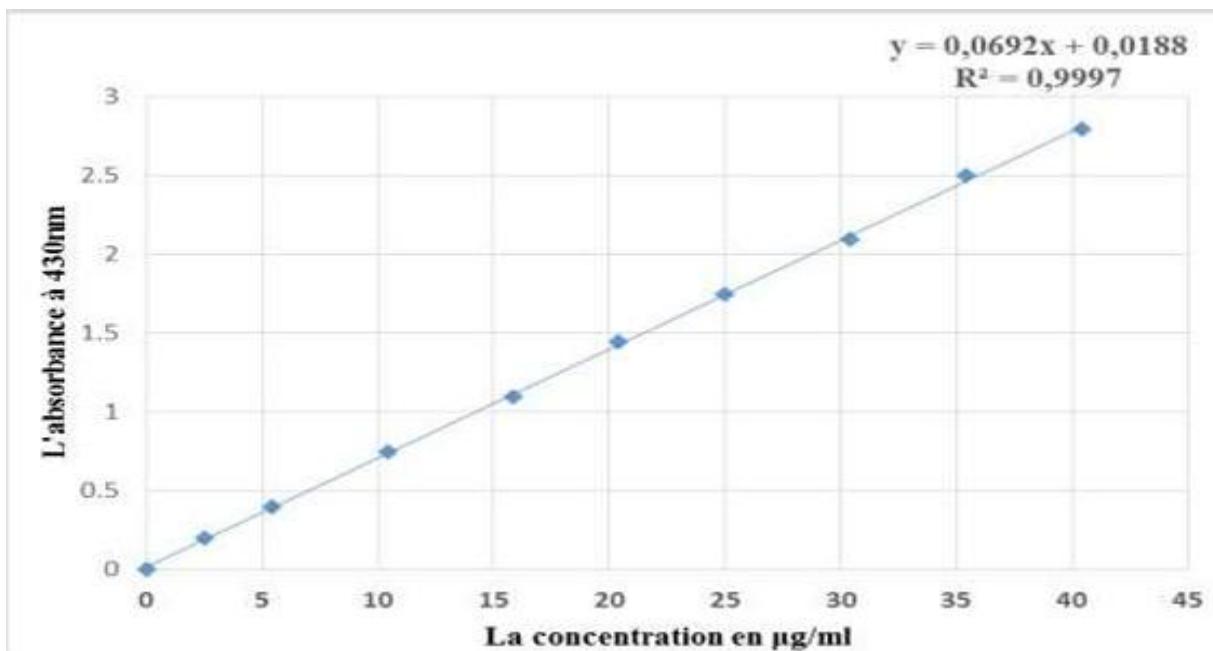


Figure 20 : Droite d'étalonnage de la quercétine (moyenne \pm SD de deux essais).

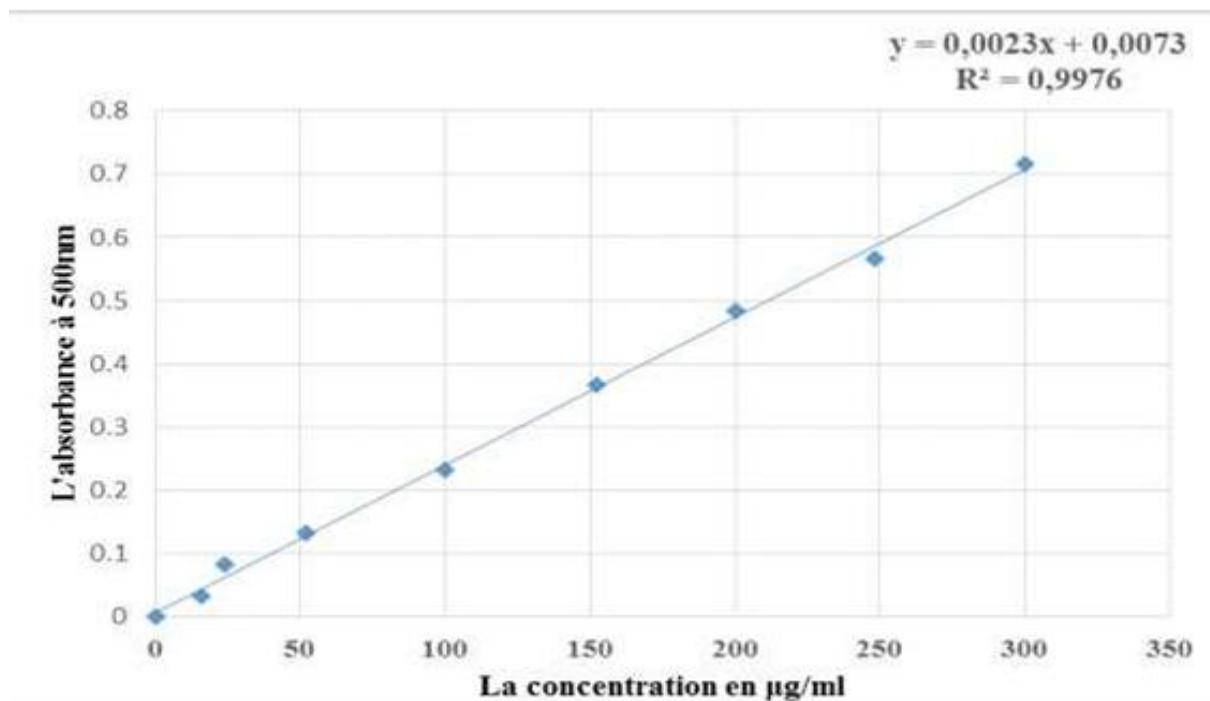


Figure 21 : Droite d'étalonnage de la catéchine (moyenne \pm SD de deux essais).

Les résultats de dosage montrent la présence des polyphénols, des flavonoïdes et des tanins condensés dans les deux extraits méthanoliques.

Par comparaison avec l'étude faite par (**Tabaraki, Yosefi, et Asadi Gharneh, 2012**) qui rapportent une teneur en tanins (2.18 ± 0.03 ug/mg) des feuilles de *Malva sylvestris*, notre plante apparaît plus riche en tanins ($11,61 \pm 9,41$ ug/mg).

La teneur en flavonoïdes de l'extrait méthanolique de *Malva sylvestris* est de ($0,364 \pm 0,22$ ug/mg) d'extrait respectivement qui sont des valeurs inférieures avec celles rapportée par (**Terninko et al, 2014**) (2.00 ± 0.01) g.

Concernant les polyphénols, notre valeur ($76,286 \pm 8,37$ µg/mg) dépasse celle de (**Irfan et al, 2021**) ($59,91 \pm 0,08$ mg GAE/g).

Les feuilles de *Plantago lanceolata* contiennent une quantité importante en tanins ($97,197 \pm 16,41$ ug/mg), et par comparaison avec l'étude faite par (**Nizioł et al, 2019**) sur le dosage des Flavonoïdes et polyphénols de l'extrait éthanolique des feuilles de *Plantago lanceolata* (0.40 ± 0.10 ug/mg) (2.60 ± 0.31 ug/mg), l'extrait méthanolique de notre plante apparaît riche en flavonoïdes et polyphénols ($10,726 \pm 1,53$ ug/mg) ($208,913 \pm 29,17$ ug/mg).

Donc, on peut dire qu'il y a une différence hautement significative pour les polyphénols et tanins dans les deux plantes ($p \leq 0,01$), et une différence très hautement significative pour les flavonoïdes dans les deux plantes ($p \leq 0,001$).

L'analyse **qualitative** (tests préliminaires + CCM) et l'analyse **quantitative** (dosages biochimiques) montrent également une **concordance** :

- Pour *Plantago lanceolata*, la richesse qualitative en flavonoïdes, polyphénols et tanins (taches intenses en CCM, réactions positives fortes aux tests) est confirmée par des teneurs quantitatives élevées (208,91 µg/mg en polyphénols, 10,73 µg/mg en flavonoïdes, 97,2 µg/mg en tanins).
- Pour *Malva sylvestris*, la présence est plus modérée qualitativement (taches moins denses, intensité plus faible des réactions) et les teneurs quantitatives sont également plus faibles (76,29 µg/mg en polyphénols, 0,36 µg/mg en flavonoïdes, 11,61 µg/mg en tanins).

La cohérence entre ces deux types d'analyses renforce la conclusion que *Plantago lanceolata* est plus riche globalement en métabolites secondaires que *Malva sylvestris*.

Cette différence des teneurs des polyphénols, flavonoïdes et tanins peut être attribuée non seulement à l'espèce, mais aussi aux conditions de croissance, comme le sol, les conditions environnementales et géographiques durant le développement de la plante, le degré de maturation et la différence génétique.

II.3. Activité antioxydante par la méthode de réduction de fer (FRAP)

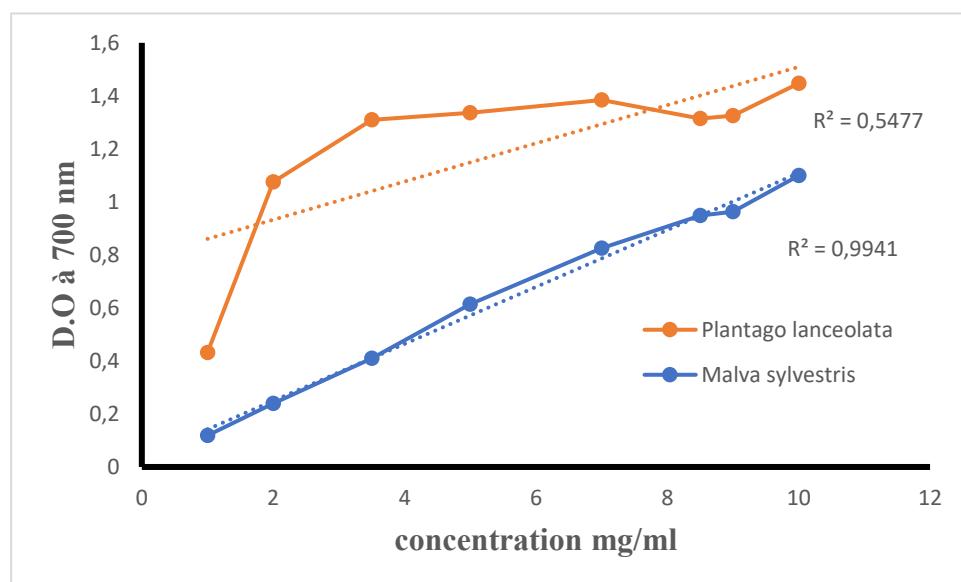


Figure 22 : L'évolution de la réduction du fer des deux extraits.

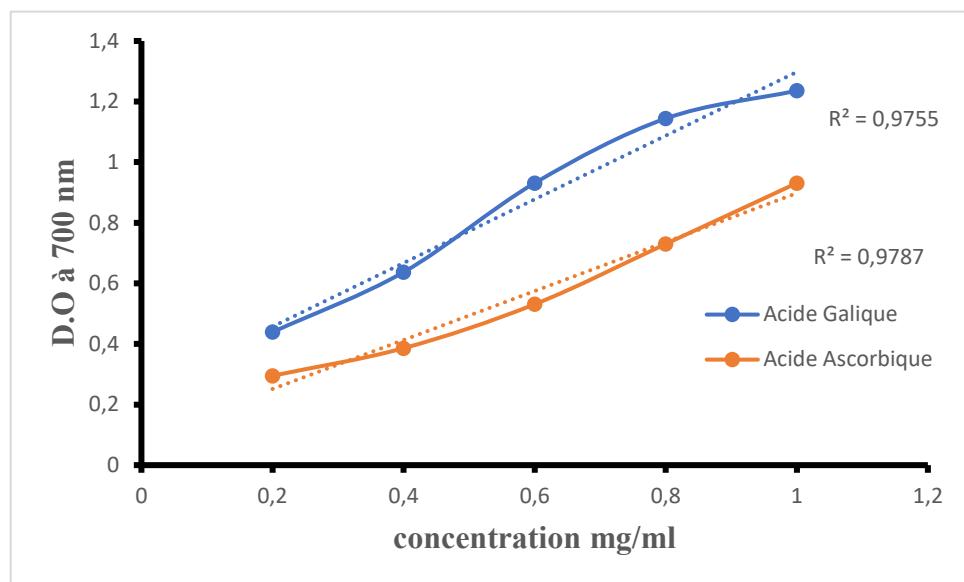


Figure 23 : L'évolution de la réduction du fer des deux standards.

D'après les résultats obtenus, il est observé que la capacité de la réduction est proportionnelle à la concentration des échantillons. C'est-à-dire le pouvoir réducteur et les concentrations dépendantes.

Par comparaison, l'acide gallique présente une activité antioxydante supérieure à celle de l'acide ascorbique.

Les deux extraits des deux plantes ont une activité antioxydante, mais l'extrait de *Plantago lanceolata* avec une grande capacité.

Donc ces résultats montrent la présence des composés biologiquement actifs dans les deux plantes qui donnent la grande capacité de réduction.

Le profil de la figure montre qu'il existe une corrélation hautement significative ($p \leq 0,01$) entre les différentes concentrations d'acide ascorbique et l'activité antioxydante ($R^2 = 0,97$).

Pour l'acide gallique : il y a : il y a une corrélation hautement significative ($p \leq 0,01$) entre leur concentration et l'activité antioxydante ($R^2=0,98$).

Pour les concentrations (0.2 mg/ml et 1 mg/ml) : l'acide gallique est plus actif que l'acide ascorbique avec une différence hautement significative ($p \leq 0,01$).

L'acide gallique présente une activité plus forte que l'acide ascorbique, ces résultats sont en accord avec les travaux de Alothmane et al., en 2009, qui ont montré que les composés phéno-liques et principalement les flavonoïdes des différentes sources botaniques, agissent comme puissant antioxydant encore plus que la vitamine C (Acide ascorbique).

Il y a une corrélation très hautement significative ($p \leq 0,001$) entre les concentrations d'extrait de *Malva sylvestris* et l'activité antioxydante ($R^2=0,99$).

Pour l'extrait de *Plantago lanceolata* : il y a une corrélation significative ($p \leq 0,05$) entre leur concentration et l'activité antioxydante ($R^2=0,55$).

Pour les concentrations (1 mg/ml et 10 mg/ml) : l'extrait du *Plantago lanceolata* est plus actif que l'extrait *Malva sylvestris* avec une différence hautement significative ($p \leq 0,01$).

Sur la base de la courbe d'étalonnage utilisant l'acide ascorbique et l'acide gallique comme antioxydants de référence (**Figure 24**), Pour la concentration (1 mg/ml) : les résultats révèlent que l'activité antioxydante des extraits méthanoliques est plus faibles que celle de l'acide ascorbique avec une différence hautement significative ($p \leq 0,01$) et plus faibles que celle de l'acide gallique avec une différence très hautement significative ($p \leq 0,001$).

Les résultats obtenus montrent que *Plantago lanceolata* possède une activité antioxydante plus élevée que *Malva sylvestris*. Cette différence peut s'expliquer par la composition chimique des deux plantes.

En effet, *Plantago lanceolata* contient des teneurs plus élevées en polyphénols, flavonoïdes et tanins, qui sont des composés connus pour leurs fortes propriétés antioxydantes

(Abate et al., 2022). Ces substances ont la capacité de neutraliser les radicaux libres et de protéger les cellules contre le stress oxydatif (Abajy, Nayal et Takla, 2020).

De plus, *Plantago lanceolata* contient de la quercétine, un flavonoïde puissant reconnu pour son activité antioxydante très efficace. La quercétine agit en piégeant directement les radicaux libres et en stimulant les enzymes antioxydantes naturelles de l'organisme. (Abate et al., 2022).

À l'inverse, *Malva sylvestris* présente des teneurs plus faibles en ces composés bioactifs, ce qui explique en grande partie son activité antioxydante inférieure (Beghdad et al., 2014 ; Barros et al., 2010).

Conclusion

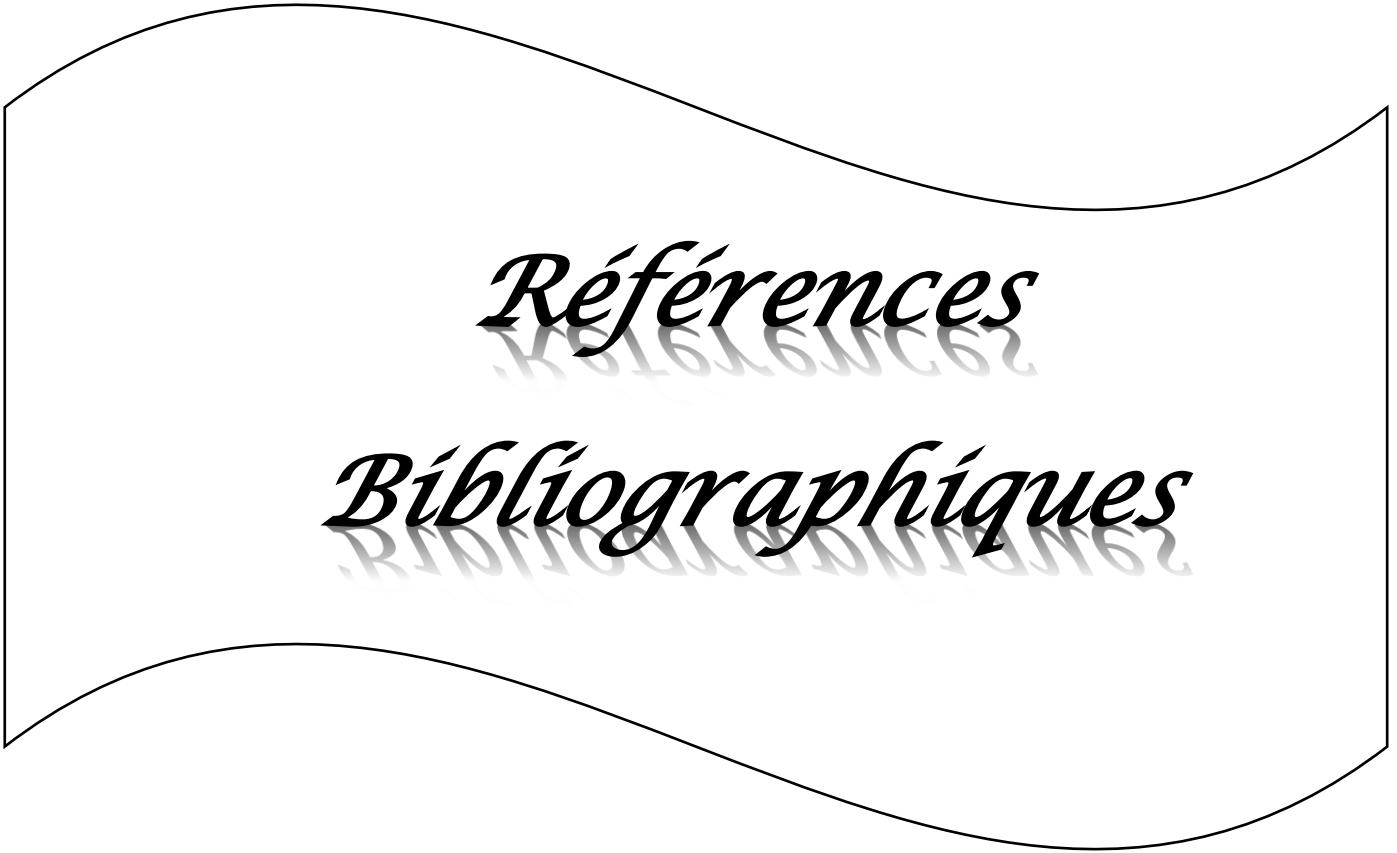
Conclusion :

Les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances et composés naturels bioactifs

Cette étude visait à explorer les propriétés photochimiques et biologiques des extraits méthanoliques des feuilles des plantes *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris*. Les résultats ont montré que les deux plantes contiennent un ensemble de composés actifs tels que des flavonoïdes, des tanins et des polyphénols, qui contribuent à leurs propriétés thérapeutiques.

Les résultats du test d'activité antioxydante à l'aide de la méthode FRAP ont révélé que les extraits méthanoliques des deux plantes possèdent une capacité notable à neutraliser les radicaux libres. Cela renforce leur capacité à lutter contre les effets néfastes de l'oxydation dans le corps, mettant en évidence leur potentiel dans la protection contre le stress oxydatif.

En conclusion, les résultats obtenus indiquent que *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris* représentent des sources importantes de composés actifs antioxydants, ouvrant ainsi la voie à leur utilisation dans les médicaments naturels et les compléments alimentaires. L'étude souligne la nécessité d'élargir les recherches scientifiques afin de mieux comprendre les mécanismes d'action de ces plantes dans le traitement de diverses maladies, ce qui en fait des candidates prometteuses pour intégrer la médecine alternative à l'avenir.



Références Bibliographiques

Références bibliographiques

A

- ✓ **Abajy, M. Y., Nayal, R., & Takla, S. (2020).** *Plantago lanceolata as a source of health-beneficial phytochemicals: Phenolics profile and antioxidant capacity.* Food Bioscience, 34, Article 100536. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100536>
- ✓ **Abate, G., Dejene, T., Muleta, D., & Habte, T. (2022).** *Phytochemical screening and antioxidant activity of selected medicinal plants used for the treatment of malaria in Ethiopia.* Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2022, Article ID 1532031. <https://doi.org/10.1155/2022/1532031>
- ✓ **Abu-Amero, K. K., Azad, T. A., Mousa, A., Osman, E. A., Sultan, T., & Al-Obeidan, S. A. (2013).** A catalase promoter variant rs1001179 is associated with visual acuity but not with primary angle closure glaucoma in Saudi patients. Molecular Vision, 19, 1365–1371.
- ✓ **Afnan, A., Saleem, M., Akhtar, A., Sharif, B., Akhtar, R. A., Siddique, G. M., Ashraf, B. S. & Alghamdi, S. A. (2022).** Anticancer, Cardio-Protective and Anti-Inflammatory Potential of Natural-Sources-Derived Phenolic Acids. Molecules, 27(21), 7286.
- ✓ **Ahluwalia, V. K. (2023).** *Thin Layer Chromatography* (pp. 27–36). https://doi.org/10.1007/978-3-031-38355-7_4
- ✓ **Ahmad, M. S., Ahmad, M. U., & Osman, S. M. (1980).** A new hydroxyolefinic acid from *Plantago major* seed oil. *Phytochemistry*, 19, 2137–2139.
- ✓ **Ait youcef, M. (2006).** Plantes médicinales de Kabylie. Ibis press, Paris ; p199-202.
- ✓ **Akash, M. S. H., & Rehman, K. (2020).** *Thin Layer Chromatography* (pp. 157–165). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1547-7_12
- ✓ **Al-Jumaily, E. F., Abdul-Ratha, H. A., & Raheema, R. H. (2012).** Extraction and purification of tannins from *Plantago lanceolata* L. and assessment of their antibacterial activity on the pathogenesis of enteropathogenic *E. coli* in vitro and in vivo. DAMA International, 1(1), 17–21.
- ✓ **Almasiova, V., Holovska, K., Tarabova, L., Cigankova, V., Lukacina, A., & Nistiar, F. (2012).** Structural and ultrastructural study of the rabbit testes exposed to carbamate insecticide. Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering, 47(9), 1319–1328.
- ✓ **Allothman M., Bhat R., et Karim A. A. (2009).** Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. Food Chemistry, 115: 785-788.

- ✓ **Anonyme. (2020).** Cours de Phytochimie – Les métabolites secondaires. Master 1: Biodiversité et Environnement S2.
- ✓ **Ávalos García, A., & Pérez-Urria Carril, E. (2009).** Metabolismo secundario de plantas. Reduca (Biología), Serie Fisiología Vegetal, 2(3), 119–145.
- ✓ **Ayoola G. A., Ipav S., Solidiya M. O., Adepoju-Bello A. A., Coker H. A. B., et Odugbemi T. O., 2008.** Phytochemical screening and free radical scavenging activities of the fruits and Leaves of Allanblackia floribunda oliv (Guttiferae). International journal of health research., 1 (2) : 81-93

B

- ✓ **Barros, L., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. F. R. (2010).** Leaves, flowers, immature fruits and leafy flowered stems of *Malva sylvestris*: A comparative study of the nutraceutical potential and composition. Food and Chemical Toxicology, 48(6), 1466–1472.
- ✓ **Bastard, J.-P., & Fève, B. (2013).** Physiologie et physiopathologie du tissu adipeux (pp. 305–307). Springer-Verlag France.
- ✓ **Beghdad, M. C., Benammar, C., Bensalah, F., Sabri, F.-Z., Belarbi, M., & Chemat, F. (2014).** *Antioxidant activity, phenolic and flavonoid content in leaves, flowers, stems and seeds of mallow (*Malva sylvestris L.*) from North Western of Algeria.* African Journal of Biotechnology, 13(3), 486–491.
- ✓ **Belaïch, R., & Boujraf, S. (2016).** Facteurs inflammatoires et stress oxydant chez les hémodialysés : effets et stratégies thérapeutiques. Néphrologie & Thérapeutique, 12(1), 38–42. [https://doi.org/10.1016/S1957-2557\(16\)30009-8](https://doi.org/10.1016/S1957-2557(16)30009-8)
- ✓ **Bezanger, B., Beauquesne, L., Pinkas, M., Torck, M., & Trotin, F. (1980).** Plantes médicinales des régions tempérées. Paris, France : Maloine.
- ✓ **Bianchini et corbetta. (1975).** « Atlas des plantes médicinales » Paris. 128-129p
- ✓ **Birben, E., Sahiner, U. M., Sackesen, C., Erzurum, S., & Kalayci, O. (2012).** Oxidative stress and antioxidant defense. WAO Journal, 5(1), 9–19.
- ✓ **Blaurock, E. (2014).** La désintoxication douce : Programme de détoxication naturelle (1re éd.). Édition Papier Broché.
- ✓ **Boizot N., et 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.
- ✓ **Bougandoura N., et Bendimerad N. (2012).** Effet antifongique des extraits aqueux et méthanolique de *Saturejacalaminthassp.* (*Nepeta*) briq. Revue des Bio Ressources, 2 :1-7.

- ✓ **Brautigam, M., & Franz, G. (1985).** Structural features of *Plantago lanceolata* mucilage. **Planta Medica**, 51, 293–297.
- ✓ **Bruneton, J. (1999).** Pharmacognosie : Phytochimie, plantes médicinales (3e éd.). Paris, France : Tec & Doc Lavoisier.

C

- ✓ **Cabaret, J. (1986).** 167 plantes pour soigner les animaux. Maisons-Alfort, France : Éditions du Point Vétérinaire, 40–147.
- ✓ **Carrière, A., Galinier, A., Fernandez, Y., Carmona, M.-C., Pénicaud, L., & Casteilla, L. (2006).** Les espèces actives de l’oxygène : le yin et le yang de la mitochondrie. Médecine/Sciences, 22(1), 47–53.
<https://doi.org/10.1051/medsci/200622147>
- ✓ **Carvalho, A. M. (2005).** Ethnobotanique du Parc Naturel de Montesinho : Plantes, tradition et savoir-faire populaire dans un territoire du nord-est du Portugal (Thèse de doctorat, Université Autónoma de Madrid).
- ✓ **Cavalier, C., Dupriez, C., Huret, J. M., Louisar, L., Nebon, D., Mence, L., et al. (2015).** La phytothérapie ou « l’art de soigner par les plantes... » : La phytothérapie parmi les autres moyens thérapeutiques (Unité d’enseignement 2.11, semestre 5 « pharmacologie et thérapeutiques », p. 12)
- ✓ **Chevallier A. (2001).** Encyclopedia of Medicinal plants. 2ème Edition DorlingKindersieglimited, Londres. Pp. 9-205.
- ✓ **Choi, H. D., Kim, J. H., Chang, M. J., Youn, Y. K., & Shin, W. G. (2011).** Effects of astaxanthin on oxidative stress in overweight and obese adults. Phytotherapy Research, 25(12), 1813–1818. <https://doi.org/10.1002/ptr.3494>
- ✓ **Clément, R.-P. (2008).** Aux racines de la phytothérapie : Entre tradition et modernité (1ère partie). À Législation, 4, 171–175.

D

- ✓ **DeMoffarts, B., Kirschvink, N., Pincemail, J., & Lekeux, P. (2005).** Impact physiologique et pathologique du stress oxydant chez le cheval. Annales de Médecine Vétérinaire, 149(9).
- ✓ **Debuigne, G. (1974).** Larousse des plantes qui guérissent. Éditions Larousse.
- ✓ **Descamps, E., Gelé, P., Bordet, R., & Vamecq, J. (2006).** Modulation pharmacologique du stress oxydatif. La Lettre du Pharmacologue, 20(4), octobre–décembre.

- ✓ **Di Carlo, G., Mascolo, N., Izzo, A. A., & Capasso, F. (1999).** Flavonoids: Old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life Sciences*, 65(4), 337–353.
- ✓ **Dissous, C., Ahier, A., & Long, T. (2009).** Un nouvel espoir dans le traitement de la schistosomiase : A new promising drug against schistosomiasis. *Médecine/Sciences*, 25(1), 24–26. <https://doi.org/10.1051/medsci/200925010024>
- ✓ **Dohou N., Yani K., Thahrouch S., Idrissi Hassani L-M., Badoc A., G mira N. (2003).** Screening phytochimique d'une endémique ibéro- Marocaine; *Thynelaea lythroides*. *Bull.Soc. Pharm. Bordeaux*. 142:61-78.
- ✓ **Dr leclerc, H. (1994).** « Précis de la Phytothérapie ». Paris, 264-275-276-277p.

E

- ✓ **Elqaj M., Ahami A. et Belghyt D. (2007).** La phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antiparasitaires. *Journal scientifique,ressources naturelles et antibiotiques. Maroc*.
- ✓ **EMA. (2015).** Assessment report on *Plantago lanceolata* L., folium. European Medicines Agency.

F

- ✓ **Faitg, J., Reynaud, O., Leduc-Gaudet, J.-P., & Gouspillou, G. (2017).** Dysfonctions mitochondrielles et vieillissement musculaire : Une mise à jour. *Médecine/Sciences*, 33, 955–962.
- ✓ **Farbstein, D., Kozak-Blickstein, A., & Levy, A. P. (2010).** Antioxidant vitamins and their use in preventing disease. *Molecules*, 15(11), 8098–8110.
- ✓ **Farnsworth, N. R., Akerele, O., Bingel, A. S., Soejarto, D. D., & Guo, Z. (1986).** Place des plantes médicinales dans la thérapeutique. *Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé*, 64(2), 159–175
- ✓ **Favier, A. (2003).** Le stress oxydant : Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'Actualité Chimique*, (108), 11–17.
- ✓ **Flavonoids (pp. 297–318). (2022).** IGI Global eBooks. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-9258-8.ch014>
- ✓ **Fleer, H., & Verspohl, E. J. (2007).** Antispasmodic activity of an extract from *Plantago lanceolata* L. and some isolated compounds. *Phytomedicine*, 14(6), 409–415.

- ✓ **Fleer, H., & Verspohl, E. J. (2007).** Antispasmodic activity of an extract from *Plantago lanceolata* L. and some isolated compounds. *Phytomedicine*, 14(6), 409–415.
- ✓ **Flores, M. (2011).** *Malva sylvestris* L. et autres mauves de France ; Diplôme d'état de docteur en pharmacie ; Université de Nantes ; France ; p.74-157.
- ✓ **Flück, H. (1977).** Herbes médicinales. Paris, France : Éditions 10/18.
- ✓ **Fukai, T., & Ushio-Fukai, M. (2011).** Superoxide dismutases: Role in redox signaling, vascular function, and diseases. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 31(7), 1763–1772.

<https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.110.219031>

G

- ✓ **Gad H. A., et Bouzabata A. (2017).** Application of chemometrics in quality control of turmeric (*Curcuma longa*) based on Ultra-violet, Fourier transform-infrared and 1H NMR spectroscopy. *Food chemistry*, 237: 857-864.
- ✓ **García-Díaz, D. F., García-Domínguez, M. T., Blanco, C. A., & Caballero, I. (2021).** Phytochemical composition and antioxidant activity of *Malva sylvestris*. *Journal of Plant Physiology*, 64(2), 172–178
- ✓ **Garrido-Urbani, S., Jaquet, V., & Imhof, B. A. (2014).** ERO, NADPH oxydases et vascularisation des tumeurs. *Médecine/Sciences*, 30, 415–451.
- ✓ **Gasparetto, J. C., Martins, C. A. F., Hayashi, S. S., Otuky, M. F., & Pontarolo, R. (2012).** Ethnobotanical and scientific aspects of *Malva sylvestris* L.: a millennial herbal medicine. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 64(2), 172–189.
- ✓ **Ghabiche S. (2009).** La phytothérapie, Certificat Thalassothérapie, Ecole supérieure des
- ✓ **Ghaisas M., Navghare V., Takawale A., Zope V., et Deshpande A. (2008).** Invitroantioxidant Activity of *tectona grandis* linn. *Pharmacology online*. (3) : 300.
- ✓ **Ghedira, K. (2005).** Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 3(4), 162–169.
- ✓ **Ghédira, K., & Goetz, P. (2016).** *Malva sylvestris* L. (Malvaceae) : Mauve. *Phytothérapie*, 14(1), 68-72.
- ✓ **Ghedira, K., Goetz, P., & Le Jeune, R. (2008).** *Plantago major* L. et *Plantago lanceolata* L. (Plantaginaceae). *Phytothérapie*, 6, 367–371.
- ✓ **Gröger, D., & Simchen, P. (1967).** Zur Kenntnis iridoider Verbindungen in *Plantago*. *Pharmazie*, 22, 315–321.

- ✓ **Grunwald J. et Janick C. (2006).** Guide de la phytothérapie. 2ème édition. Italie : marabout.
- ✓ **Guarrera, P. M. (2003).** Food medicine and minor nourishment in the folk traditions of central Italy (Marche, Abruzzo and Latium). *Fitoterapia*, 74, 515–544.

H

- ✓ **Halliwell, B. (2015).** Antioxidants and human disease: A general introduction. *Nutrition Reviews*, 73(1), 6-11.
- ✓ **Hamaï, A., & Mehrpour, M. (2017).** Homéostasie du fer et autophagie. *Médecine/Sciences*, 33, 260–267.
- ✓ **Hameed, K., Khan, M. S., Fatima, A. T., Shah, S. M., & Abdullah, M. A. (2023).** Exploring the World of Thin-Layer Chromatography: A Review. *Asian Journal of Applied Chemistry Research*.
<https://doi.org/10.9734/ajacr/2023/v14i3268>
- ✓ **Harbone, J., 1993.** Introduction to Ecological Biochemistry,, s.l.: 4th Ed; Academic Press: London.
- ✓ **Hassanpour, S., Maher-Sis, N., Eshratkhah, B., & Baghbani Mehmandar, F. (2011).** Plants and secondary metabolites (Tannins): A Review. *International Journal of Forest, Soil and Erosion*, 1(1), 47–53.
- ✓ **Hassawi, D., & Kharma, A. (2006).** Antimicrobial activity of some medicinal plants against Candida albicans. *Journal of Biological Sciences*, 6(1), 109–114.
- ✓ **Hensel, W. (2007).** *350 plantes médicinales : Les indispensables*. Paris : Delachaux et Niestlé, p. 256.
- ✓ **Horard, B., & Loppin, B. (2017).** Fécondation : Le noyau spermatique déverrouillé par une thiorédoxine ultraspecialisée. *Médecine/Sciences*, 33(6), 585–587. <https://doi.org/10.1051/medsci/201733060585>
- ✓ **Hudz, N., Korzeniowska, K., Wieczorek, P. P., Schubertová, Z., Brindza, J., & Ivanišová, E. (2017).** *Approaches to the identification and assay of flavonoids in bee bread extracts by spectrophotometric method*. 1, 168–173.
<https://agrobiodiversity.uniag.sk/scientificpapers/article/view/50>

I

- ✓ **Inoue, M., & Craker, L. E. (2014).** Medicinal and aromatic plants—Uses and functions. In J. M. Pezzuto & D. M. Kinghorn (Eds.), Medicinal plants (pp. 645–669).
- ✓ **Irfan, A., Imran, M., Khalid, M., Ullah, M. S., Khalid, N., Assiri, M. A., Thomas, R., Muthu, S., Basra, M. A. R., Hussein, M., Al-Sehem, A. G., & Shahzad, M. (2021).** Phenolic and flavonoid contents in Malva sylvestris and exploration of active drugs as antioxidant and anti-COVID19 by quantum chemical and molecular docking studies. Journal of Saudi Chemical Society, 25, 101277.
- ✓ **Iserin, P., Masson, M., Restellini, J. P., Ybert, E., De Laage de Meux, A., Moulard, F., et al. (2001).** Larousse des plantes médicinales : Identification, préparation, soins (pp. 6–12). Éditions Larousse.

J

- ✓ **J, P., B, H., & T, R. (2017).** *Review on Thin Layer Chromatography*. 2017. <https://www.omicsonline.org/open-access/review-on-thin-layer-chromatography.pdf>
- ✓ **Jalady, A.-M., & Dorandeu, F. (2013).** Interest of the cholinesterase assay during organophosphate poisonings. Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation, 32(12), 856–862.
- ✓ **Jean-Yves C. (2010).** Plantes médicinales et formes d'utilisation en Phytothérapie. Thèse pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Université Henri Poincaré – Nancy1.

K

- ✓ **Kabel, A. M. (2014).** Free radicals and antioxidants: Role of enzymes and nutrition. World Journal of Nutrition and Health, 2(3), 35–38.
- ✓ **Kirkwood, J. S., Lebold, K. M., Miranda, C. L., Wright, C. L., Miller, G. W., Tanguay, R. L., ... & Stevens, J. F. (2012).** Vitamin C deficiency activates the purine nucleotide cycle in zebrafish. The Journal of Biological Chemistry. <https://doi.org/10.1074/jbc.M111.332130>
- ✓ **Knekt, P., Ritz, J., Pereira, M. A., O'Reilly, E. J., Augustsson, K., Fraser, G. E., ... & Liu, S. (2004).** Antioxidant vitamins and coronary heart disease risk: A pooled analysis of 9 cohorts. The American Journal of Clinical Nutrition, 80(6), 1508–1520.
- ✓ **Kolak, U., Boğa, M., Akalmı, U. A. K., & Ulubele, A. (2011).** Constituents of Plantago major subsp. intermedia with antioxidant and anticholinesterase capacities. TUBITAK, 35, 637–645.

- ✓ **Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013).** Chemistry and biological activities of flavonoids: An overview. *The Scientific World Journal*, 2013, Article ID 162750. <https://doi.org/10.1155/2013/162750>
- ✓ **Kurutas, E. B., Arican, O., & Sasmaz, S. (2005).** Superoxide dismutase and myeloperoxidase activities in polymorphonuclear leukocytes in acne vulgaris. *Acta Dermatovenerologica Alpina, Panonica et Adriatica*, 14(3), 123–128.

L

- ✓ **Labed, H. (2020).** Chapitre III: Métabolites microbiens d’importances économiques [Diapositive de cours]. Université de Batna 2.
- ✓ **Lamina, S., Ezema, C. I., Theresa, A. I., & Anthonia, E. U. (2013).** Effects of free radicals and antioxidants on exercise performance. *Oxidants and Antioxidants in Medical Science*, 2(2), 83–91.
- ✓ **Lans, C., Harper, T., Georges, K., & Bridgewater, E. (2022).** Ethnobotanical uses, chemical constituents, and application of *Plantago lanceolata* L. Wiley Online Library.
- ✓ **Lhuillier A. (2007).** Contribution à l’étude phytochimique de quatre plantes malgaches : *agauriasalicifolia* Hook. F ex Oliver, *Agauriopolyphylla* Baker (Ericaceae), *Tambourissatrichophylla* Baker (Monimiaceae) et *Embeliaconcinna* Baker (Myrsinaceae) Thèse de doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse (France). 200p
- ✓ **Liochev, S. I. (2013).** Reactive oxygen species and the free radical theory of aging. *Free Radical Biology and Medicine*, 60, 1–4.
- ✓ **Llopis, L. (2017).** Les plantes médicinales pyrénéennes et leur utilisation thérapeutique dans les pathologies bénignes (Thèse de doctorat en pharmacie, Université de Bordeaux). pp. 50–54.

M

- ✓ **Macheix, J., Fleuriet, A. et Jay-Allemand, C., 2005.** Les composés phénoliques des végétaux (Un exemple de métabolites secondaires d’importance économique)., s.l.: Edition technique et documentation, Lavoisier.
- ✓ **Mahmoudi S., Khali M., et Mahmoudi N. (2012).** Étude de l’extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d’artichaut (*Cynara scolymus* L.). *Revue « Nature & Technologie »*. B- Sciences Agronomiques et Biologiques 2013, 9 : 36.

- ✓ **Mahmoudi, S., Khali, M et Mahmoudi, N. (2013).** Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynarascolymus L.*). *nature & Technologie*, n° 09, Pages 35 à 40.
- ✓ **Matole, V., Thorat, Y. S., Ghurghure, S. M., Ingle, S., Birajdar, A., Nangare, G., Safwan, M., Madur, S., Patil, S., Bagalkote, Z., & Sakhare, A. (2021).** A Brief Review on Herbal Medicines. *Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 13(2), 101–102. <https://doi.org/10.52711/0975-4385.2021.00016>
- ✓
- ✓ **Marinho, L. de F., Sganzerla, W. G., Velásquez-Piñas, J. A., Gomes da Silva, A. P., Rostagno, M. A., & Forster-Carneiro, T. (2024).** A bibliometric analysis of phenolic acids over the last five years. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 56, 103044.
- ✓ **Martin, S., & Andriantsitohaina, R. (2002).** Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. *Médecine/Sciences*, 18(10), 977–983.
<https://doi.org/10.1051/medsci/20021810977>
- ✓ **Matou, M. (2019).** Composition et propriétés biologiques d'extraits de *Phyllanthus amarus Schumacher & Thonning (1827)* utilisés en médecine traditionnelle aux Antilles [Thèse de doctorat, Université des Antilles]. Université des Antilles.
- ✓ **Mattera, R, Benvenuto, M, Giganti, M. G, Tresoldi, I, Pluchinotta, F. R, Bergante, S, Tettamanti, G, Masuelli, L, Manzari, V, Modesti, A, & Bei, R. (2017).** Effects of polyphenols on oxidative stress-mediated injury in cardiomyocytes. *Nutrients*, 9(5), 523.
- ✓ **Merad F, Mahiout T. (2019).** Contribution à l'étude de conformité des drogues pour tisanes vendues en officines. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université Mouloud Mammeri-Tizi Ouzou.
- ✓ **Merghem, R. (s. d.).** Valorisation des substances d'origine végétale – Chapitre 2: Les composés phénoliques. Université Constantine 1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Biochimie.
- ✓ **Migdal, C., & Serres, M. (2011).** Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant. *Médecine/Sciences*, 27(4), 405–412.
<https://doi.org/10.1051/medsci/2011274017>
- ✓ **Morand, C. (2010).** Quel rôle pour les polyphénols dans la protection cardiovasculaire. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 45(3–4), 143–150.
- ✓ **Moualek, I., Benarab, K., & Houali, K. (2024).** Evaluation of Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Aqueous Extract of *Malva Sylvestris* Leaves in Association with Serum Albumin. *The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics*, 30, 56–63.

- ✓ Neves, J. M., Matos, C., Moutinho, C., Queiroz, G., & Gomes, L. R. (2009). Ethnopharmacological notes about ancient uses of medicinal plants in Trás-os-Montes (northern Portugal). *Journal of Ethnopharmacology*, 124, 270–283.

N

- ✓ Nizioł-Łukaszewska, Z., Gawel-Bęben, K., Rybczyńska-Tkaczyk, K., Jakubczyk, A., Karaś, M., & Bujak, T. (2019). Biochemical properties, UV-protecting and fibroblast growth-stimulating activity of *Plantago lanceolata* L. extracts. *Industrial Crops and Products*, 138, 111453.
- ✓ Nugroho, N., Riyadi, A., & Pardosi, P. (2023). Pemberdayaan masyarakat dalam promosi lilin aromaterapi di wilayah Sukaraja Kabupaten Seluma tahun 2023. *Jurnal Mitra Persadr*, 1(1).

O

- ✓ Onyeaghala, A. A., & Aderibigbe, M. A. (2024). Evaluation of kidney injury molecule-1 (KIM-1) and alpha glutathione transferase (α GST) among selected motor park workers in Ado-Ekiti consuming herbal-based products: A cross-sectional study. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 54(5).
- ✓ Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction prepared from glucose amine. *Japonaise Journal of Nutrition*, 44(6), 307-315.

P

- ✓ Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(5), 270–278.
- ✓ Patel, V., & Patel, R. N. (2016). The active constituents of herbs and their plant chemistry, extraction and identification methods. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8(4).
- ✓ Paul, Z. A., Malla, A. T., Dar, M. A., & Masoodi, M. H. (2023). Phytochemistry and Pharmacological Activity of *Malva sylvestris* L: A Detailed Insight. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*.
- ✓ Pawar, S., Bakliwal, S. R., Rane, B. R., & Gujarathi, N. A. (2013). A short review on novel approch of cream.
- ✓ Pirard, M. (2016). Initiation à la phytothérapie : Guide pratique d'une herboriste. Édilivre-Aparis.

Q

- ✓ **Quezel P. & Santa S. (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I et II. Ed. C.N.R.S., Paris, pp :1170.
- ✓ **Quézel, P., & Santa, S. (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (Vol. 1, 864 p.). Paris, France : Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).

R

- ✓ **Raho Ghalem, B, & Benali, M. (2021).** Phenolic compounds: structures and activities. *Journal of Medical Cornvus (JMC)*, 2(5), 6–24.
- ✓ **Ravn, H., & Brimer, L. (1988).** Structure and antibacterial activity of plantamajoside, a caffeic acid sugar ester from *Plantago major* subsp. *major*. *Phytochemistry*, 27, 3433–3437.
- ✓ **Reichl, F.-X. (2010).** Guide pratique de toxicologie (2e éd.). De Boeck.
- ✓ **Robbins, R. J. (2003).** Phenolic acids in foods: An overview of analytical methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(10), 2866–2887. <https://doi.org/10.1021/jf026182t>
- ✓ **Rosine C., et Momo D. (2009).** Évaluation de l'activité antidermatophytique des extraits au méthanol et fractions d'*Acalyphammahirtum* (melastomatacees). Université de Dschang – Master en biochimie clinique et pharmacologie.

S

- ✓ **Samanta, P., Pal, S., Mukherjee, A. K., & Ghosh, A. R. (n.d.).** Biochemical effects of glyphosate-based herbicide, Excel Mera 71, on enzyme activities of acetylcholinesterase (AChE), lipid peroxidation (LPO), catalase (CAT), glutathione-S-transferase (GST), and protein content in teleostean fish. *Journal details not available*.
- ✓ **Sangale, Y. A., Shinde, V. S., & Somwanshi, S. B. (2024).** Review article on herbal medicines. In *Futuristic trends in pharmacy & nursing* (Vol. 3, pp. 62–70). IIP Series.
- ✓ **Sanogo, R. (2006, juin).** Le rôle des plantes en médecines traditionnelle. Communication présentée à la 10e école d'été de l'IEPF et du SIFEE, Bamako, Mali. sciences et techniques de la santé, Sousse, p 7.

- ✓ **Schauenberg, P., & Paris, F. (2001).** Guide des plantes médicinales d'Europe. Delachaux et Niestlé.
- ✓ **Schauenberg, P., & Paris, F. (2006).** Guide des plantes médicinales (pp. 8–61). Paris : Delachaux et Niestlé.
- ✓ **Schofield P., Mbugua D. M., et Pell A. N. (2001).** Analyses of condensed tannins : a review. *Animal Food and Technology*, 91 : 21-40.
- ✓ **Sesso, H. D., Buring, J. E., Christen, W. G., Kurth, T., Belanger, C., MacFadyen, J., ... & Gaziano, J. M. (2008).** Vitamins E and C in the prevention of cardiovascular disease in men: The Physicians' Health Study II randomized trial. *JAMA*, 300(18), 2123–2133.
- ✓ **Shah, D., Mahajan, N., Sah, S., Nath, S. K., & Paudyal, B. (2014).** Oxidative stress and its biomarkers in systemic lupus erythematosus. *Journal of Biomedical Science*, 21(1), 23. <https://doi.org/10.1186/1423-0127-21-23>
- ✓ **Shipochliev, T. (1981).** Uterotonic action of extracts from a group of medicinal plants. *Veterinarno-Meditsinski Nauki*, 18(6), 94–98.
- ✓ **Shipochliev, T. (1981).** Uterotonic action of extracts from a group of medicinal plants. *Veterinarno-Meditsinski Nauki*, 18, 94–98.
- ✓ **Shraim, A. M., Ahmed, T. A., Rahman, M. M., & Hijji, Y. M. (2021).** *Determination of total flavonoid content by aluminum chloride assay: A critical evaluation*. *LWT - Food Science and Technology*, 150, 111932. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111932>
- ✓ **Sidroga. (2024).** Plantain lancéolé – fiche plante.
- ✓ **Singleton V. L., et Rossi J. A. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Journal of American Technology and Viticulture*, (16) : 144-153.
- ✓ **Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144–158.
- ✓ **Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999).** Analysis of total phenols and other oxidant substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- ✓ **Strang C. (2006).** Larousse médical : Ed Larousse, p.6-7.
- ✓ **Sumalatha, M., PhaniDeepthi, A. N., Vamsi, S. S., Raman, N., Gopi, Y., & Student, K. (2022).** *Modeling and Static Analysis of Rotary Evaporator Parts using Solidworks*. <https://doi.org/10.46254/in02.20220258>

T

- ✓ **Tabaraki, R., Yosefi, Z., & Asadi Gharneh, H. A. (2012).** Chemical composition and antioxidant properties of *Malva sylvestris* L. *Journal of Research in Agricultural Science*, 8(1), 59–68.
- ✓ **Terninko, I. I., Onishchenko, U. E., & Frolova, A. (2014).** Research phenolic compounds *Malva sylvestris* by high performance liquid chromatography. *The Pharma Innovation Journal*, 3(4), 45–49.
- ✓ **Thorin-Trescases, N., Voghel, G., Farhat, N., Drouin, A., Gendron, M.-È., & Thor, É. (2010).** Âge et stress oxydant : vers un déséquilibre irréversible de l'homéostasie endothéliale. *Médecine/Sciences*, 26(10), 875–880.
<https://doi.org/10.1051/medsci/20102610875>
- ✓ **Thurzová, D. (1985).** Les plantes-santé qui poussent autour de nous. Bruxelles, Belgique : Éditions Bordas.
- ✓ **Ticli, B. (1999).** Les herbes médicinales les plus puissantes et les plus efficaces. Milan, Italie : Éditions De Vecchi S.A.
- ✓ **Tutel, B. I., Kandemür, Ü., Kuş, S., & Kence, A. (2005).** Classification of Turkish *Plantago* L. species using numerical taxonomy. *Turkish Journal of Botany*, 29, 50–51.

V

- ✓ **Vergely, C., & Rochette, L. (2003).** Stress oxydant dans le domaine cardiovasculaire. *Médecine/Sciences*, 19(3), 257–265.
- ✓ **Vigo, E., Cepeda, A., Gualillo, O., & Perez-Fernandez, R. (2005).** In vitro anti-inflammatory activity of *Pinus sylvestris* and *Plantago lanceolata* extracts: Effect on inducible NOS, COX-1, COX-2 and their products in J774A.1 murine macrophages. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 57(3), 383–391.
- ✓ **Vigo, E., Cepeda, A., Gualillo, O., & Pérez-Fernández, R. (2005).** In vitro anti-inflammatory activity of *Pinus sylvestris* and *Plantago lanceolata* extracts: Effect on inducible NOS, COX-1, COX-2 and their products in J774A.1 murine macrophages. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 57(3), 383–391.

W

- ✓ **Wichtl, M., & Anton, R. (2003).** Plantes thérapeutiques : Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Tec & Doc / Éditions médicales internationales (EMI).

- ✓ **Wilkins, R. H. (1992).** Neurosurgical classics. Park Ridge, IL: American Association of Neurological Surgeons.

X

- ✓ **Xu, M., Cui, Z., Zhao, L., Hu, S., Zong, W., & Liu, R. (2018).** Characterizing the binding interactions of PFOA and PFOS with catalase at the molecular level. Chemosphere, 201, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.101>

Z

- ✓ **Zhao, Y, Qi, B. Tianxiang, W, & Tan, Y. (2024).** Plant-Derived Antiallergic Active Ingredients for Food Allergies (pp. 175–196).

Webographie

[Site 1] <https://www.compagnie-des-sens.fr/gemmotherapie/>

[Site 2] http//: hilinaruthnadia.e-monsite.com/Hilinaruthnadia. Les bénéfices et les inconvénients de la phytothérapie.

[Site 3] <https://www.gueris-toi-toi-meme.fr/l/la-maceration-principe-et-methodes/>

[Site 4] <https://www.compagnie-des-sens.fr/comment-utiliser-les-plantes-medicinales/>

[Site 5] https://www.researchgate.net/figure/Structure-chimique-des-tanins-a-hydrolysables-b-condenses-97-Les-principales_fig20_336603986

[Site 6] https://vigenature.openkeys.science/sauvage/Plantain_lanceole.html

Année universitaire : 2024-2025	Présenté par : GUETATLIA Cheyma MERABET Selsabil
--	---

**Étude phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des extraits
méthanoliques de *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris***

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biochimie Appliquée

Résumé :

Les plantes médicinales sont une source riche en composés biologiquement actifs, en particulier les polyphénols et les flavonoïdes, qui jouent un rôle important dans la protection contre l'oxydation.

Cette étude vise à évaluer l'activité antioxydante des extraits méthanoliques des feuilles de *Plantago lanceolata* et *Malva sylvestris*. Les extraits ont été obtenus en utilisant le méthanol comme solvant. Les analyses chimiques ont révélé la présence de composés phénoliques, de flavonoïdes et de tanins dans les deux plantes. Quantitativement, la teneur en polyphénols était de $(208,913 \pm 29,17 \mu\text{g équivalent acide gallique/mg})$ pour *Plantago lanceolata*, et de $(76,286 \pm 8,37 \mu\text{g équivalent acide gallique/mg})$ pour *Malva sylvestris*. La teneur en flavonoïdes était de $(10,726 \pm 1,53 \mu\text{g équivalent quercétine/mg})$ pour *Plantago lanceolata*, et de $(0,364 \pm 0,22 \mu\text{g équivalent quercétine/mg})$ pour *Malva sylvestris*. Pour les tanins, les valeurs étaient de $(97,197 \pm 16,41 \mu\text{g équivalent catéchine/mg})$ pour *Plantago lanceolata*, et de $(11,61 \pm 9,41 \mu\text{g équivalent catéchine/mg})$ pour *Malva sylvestris*.

Les résultats obtenus par la méthode FRAP montrent que *Plantago lanceolata* possède une capacité de réduction plus élevée que *Malva sylvestris*, ce qui souligne leur potentiel en tant que sources naturelles d'antioxydants pour les applications thérapeutiques.

Mots-clefs : *Malva sylvestris*, *Plantago lanceolata*, composés phénoliques, flavonoïdes, tanins, activité antioxydante, FRAP.

Laboratoires de recherche : laboratoire de Biochimie RDC (U Constantine 1 Frères Mentouri).

Président du jury : Mme.KHELLALFA Khaoula (MCB- Université FrèresMentouri,Constantine 1).

Encadrant : Mme.DJEMAI ZOUGHLACHE Soumia (MAA- Université FrèresMentouri,Constantine 1).

Examinateur(s) : Mme. BENSMIRA Soumia (MAA - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

