



DEMOCRATIC AND POPULAR ALGERIAN REPUBLIC
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
CHADLI BENDJEDID EL TARF UNIVERSITY
كلية علوم الطبيعة والحياة
FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES
قسم البيولوجيا



Mémoire de Fin d'Études
Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master en

« **Biologie végétale et environnement** »

Thème

Etude phytochimique et activité antioxydante d'extraits de *Malva sylvestris*

Présenté Par : **-ABED Besma**

-ABED Houda

Soutenue publiquement le : 17/06/2026

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Dr. BOURAIYOU Chiraz	MCB	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Président
Dr. CHEKCHAKI Narimene	MCB	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Directeur de mémoire
Dr. ARKOUB Fatima Zohra	MCB	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Examineur

Année universitaire : 2025/2026

Remerciements

Au terme de ce travail, nous rendons grâce à Allah, le Tout-Puissant, pour la force, la patience et la persévérance qui nous ont permis de mener à bien cette recherche.

Nous exprimons notre profonde gratitude à **Madame le Docteur CHEKCHAKI Narimene**, encadrante de ce mémoire, pour son soutien constant, sa disponibilité, sa patience et ses orientations judicieuses. Son accompagnement bienveillant, ses précieux conseils et la confiance qu'elle nous a accordée ont largement contribué à l'aboutissement de cette étude. Nous prions Dieu Tout-Puissant de la bénir, de la récompenser de la meilleure des récompenses et de lui accorder réussite et prospérité dans sa vie professionnelle et personnelle.

Nous tenons également à remercier les membres du jury : **Madame le Docteur BOURAOUI Chiraz**, pour l'honneur de présider ce jury, et **Madame le Docteur ARKOUB Fatma Zohra**, pour avoir accepté d'examiner ce travail et d'en apprécier le contenu.

Nos remerciements s'adressent aussi à l'ensemble de nos enseignants, dont les connaissances, les conseils avisés et l'encadrement ont grandement contribué à notre formation scientifique et personnelle. Nous remercions particulièrement les enseignants de la **Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**, ainsi que nos collègues de la promotion **Master Biologie Végétale et Environnement 2026**, pour leur collaboration et les échanges enrichissants qui ont marqué cette formation.

Notre reconnaissance s'étend au **personnel administratif**, aux ingénieurs et aux techniciens du **laboratoire de biochimie**, dont la disponibilité et l'assistance ont facilité le bon déroulement de ce travail.

Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire, nous exprimons notre sincère gratitude et notre profond respect.

Dédicace

Louange à **Dieu Tout-Puissant** qui m'a accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail et franchir cette étape importante de mon parcours académique.

Je dédie ce mémoire à mes **très chers parents**, en témoignage de ma profonde gratitude pour leurs sacrifices, leur soutien indéfectible, leurs encouragements constants et leur amour inconditionnel, qui ont été la source de ma motivation et de ma réussite.

À **mon cher époux**, pour son amour, sa patience, sa compréhension et son soutien permanent. Sa présence à mes côtés, ses encouragements et sa confiance en moi ont constitué une source précieuse de force et de motivation tout au long de la réalisation de ce travail.

À **mes frères et sœurs**, pour leur affection, leur présence bienveillante et leur soutien moral tout au long de mon parcours.

À **toute ma famille**, pour sa confiance, son encouragement et son accompagnement précieux.

À **mes amis et collègues**, en reconnaissance des moments de partage, d'entraide et de soutien qui ont enrichi cette expérience.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chers parents, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices, leur soutien constant et leurs précieux conseils tout au long de mon parcours.

À mes frères et sœurs, pour leurs encouragements et leur présence réconfortante à mes côtés.

À toute ma famille, qui a toujours cru en moi et m'a soutenue dans les moments les plus difficiles.

À mes amis(es) et collègues, pour leur aide, leur compréhension et les agréables moments partagés.

HOUDA...

ESUME

Le stress oxydatif, impliqué dans de nombreuses pathologies chroniques, peut être atténué par les antioxydants naturels présents dans les plantes médicinales. *Malva sylvestris*, connue pour sa richesse en métabolites secondaires, a été étudiée afin de comparer l'impact de deux procédés d'extraction aqueuse : macération (EA-MF) et infusion à chaud (EA-INF).

L'analyse phytochimique a révélé la présence de phénols totaux, flavonoïdes et tanins condensés. Les résultats montrent que l'infusion à chaud favorise une meilleure extraction des phénols totaux (77,92 %) et des flavonoïdes (105 %), tandis que la macération conserve légèrement plus de tanins condensés (≈ 9 %). L'activité antioxydante, évaluée par le test DPPH, s'est révélée plus importante pour l'infusion, caractérisée par une CI_{50} plus faible (60,76 %). Les corrélations confirment le rôle majeur des tanins condensés ($r = 0,95$) et des phénols totaux ($r = 0,88$) dans l'activité antiradicalaire, avec une contribution plus modérée des flavonoïdes ($r = 0,60$).

En conclusion, cette étude met en évidence le potentiel antioxydant des extraits de *Malva sylvestris* ainsi que l'influence des conditions d'extraction sur la disponibilité et l'efficacité des composés bioactifs. Ces résultats confirment que les polyphénols, et en particulier les tanins condensés, jouent un rôle majeur dans l'activité antiradicalaire de la plante.

Des investigations complémentaires, notamment l'identification et la caractérisation des molécules spécifiques présentes dans chaque extrait, seraient nécessaires afin de mieux comprendre les mécanismes responsables des effets observés et d'optimiser la valorisation pharmacologique de *Malva sylvestris*.

Mots-clés : *Malva sylvestris*, Stress oxydatif, Antioxydants naturels, Polyphénols, Activité antiradicalaire (DPPH).

ABSTRACT

Oxidative stress, which is involved in numerous chronic diseases, can be mitigated by natural antioxidants found in medicinal plants. *Malva sylvestris*, known for its richness in secondary metabolites, was investigated to compare the impact of two aqueous extraction methods: maceration (EA-MF) and hot infusion (EA-INF).

Phytochemical analysis revealed the presence of total phenolics, flavonoids, and condensed tannins. The results showed that hot infusion promoted a higher extraction yield of total phenolics (77.92%) and flavonoids (105%), whereas maceration preserved slightly higher levels of condensed tannins (approximately 9%). Antioxidant activity, evaluated using the DPPH assay, was found to be greater in the infusion extract, which exhibited a lower IC₅₀ value (60.76%). Correlation analyses confirmed the major contribution of condensed tannins ($r = 0.95$) and total phenolics ($r = 0.88$) to the antiradical activity, while flavonoids showed a more moderate contribution ($r = 0.60$).

In conclusion, this study highlights the antioxidant potential of *Malva sylvestris* extracts and demonstrates the influence of extraction conditions on the availability and efficacy of bioactive compounds. The findings confirm that polyphenols, particularly condensed tannins, play a key role in the plant's antiradical activity. Further investigations, especially the identification and characterization of specific molecules present in each extract, are needed to better understand the mechanisms underlying the observed effects and to optimize the pharmacological valorization of *Malva sylvestris*.

Keywords: *Malva sylvestris*, Oxidative stress, Natural antioxidants, Polyphenols, Antiradical activity (DPPH).

التخفيف من آثاره نكميو، تمز ملا ضارملاً نم ديدعلا يف ططروتملا لماوعلا نم يدسكأتلا داهجلاً ادعي بواسطة مضادات الأكسدة الطبيعية الموجودة في النباتات الطبية. وقد تمت دراسة نبات الخبازى البرية (*Malva sylvestris*) المعروف بغناه بالمستقلبات الثانوية، بهدف مقارنة تأثير طريقتين للاستخلاص المائي: النقع، (EA-MF) والتسريب الساخن (EA-INF).

ظهر التحليل الكيميائي النباتي وجود الفينولات الكلية والفلافونويدات والتانينات المكثفة. وقد بينت النتائج أ لاختسا حيتي نخاسلا بيرستلا نأ في حين 105% (والفلافونويدات) 77.92% (تيلكلا تلافونيفل لضفاً اصً، كما أظهرت دراسة النشاط المضاد 9ة (حوالي فتكملا تانيناتلا نم لأ يلق ربكاً قيمك بلع عقنلا قيلمع تظفاح أقل. (% (r للأكسدة، المقيم بواسطة اختبار DPPH تفوق المستخلص الناتج عن التسريب الساخن، حيث تميز بقيمة CI_{50} ، (وأكدت معاملات الارتباط الدور الرئيس للتانينات المكثفة 60.76. (% (r = 0.95) والفينولات الكلية (r = 0.88) = 0.60). (r = 0.60) تدايونوفلافل لأ ادتعا رثكاً قمهاسم عم، قرحلا روجلل داضملا طفي النشا (r = 0.60).

قيربلا بزايخلا تابن تاصلختسمل قدسكلأل قداضملا تاناكملإ قسار دلا هذه زربت، ماتخلا يفو ثبت (*Malva*) النتائج أن تو. اهتءافكو ةلاعفلا قيويحلا تابكرملا رفاوت بلع صلاختسلا فورظ ريثأت دكؤت امك نقتو. تابنلا اذهل قرحلا روجلل داضملا طاشنلا يف اي ساساً ار ود يدؤت، فتكملا تانيناتلا (*sylvestris*)، قصاخو، تلافونيفيلوبلا هناك حاجة إلى دراسات إضافية، لا سيما تلك المتعلقة بتحديد وتوصيف الجزيئات النوعية الموجودة في كل وولة عن التأثيرات الملاحظة وتحسين الاستفادة الدوائية من نبات مستخلص، من أجل فهم أفضل للآليات المس

الخبازى البرية.

الخبازى البرية: الكلمات المفتاحية (*Malva sylvestris*)، الإجهاد التأكسدي، مضادات الأكسدة الطبيعية، البوليفينولات،

النشاط المضاد للجذور الحرة، النشاط المضاد للأكسدة، المستخلصات المائية، المركبات الفينولية DPPH.

Dédicace

Remerciements

SOMMAIRE

RESUME	I
الملخص.....	II
ABSTRACT.....	III
SOMMAIRE.....	IV
TABLE DES MATIERES.....	V
LISTE DES FIGURES.....	VII
LISTE DES TABLEAUX	VIII
LISTE DES ABREVIATIONS	IX
INTRODUCTION.....	01
<u>PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE :</u>	
CHAPITRE 01 : PLANTES MEDICINAL, METABOLITES SECONDAIRES ET STRESS OXIDATIF.....	03
CHAPITRE 02 : PRESENTATION BOTANIQUE ET PHYTOCHIQUE DE <i>MALVA SYLVESTRIS</i>.....	08
<u>PARTIE EXPERIMENTALE :</u>	
CHAPITRE 01 : MATERIEL ET METHODES.....	13
CHAPITRE 02 : RESULTATS ET DISCUSSION.....	18
CONCLUSION.....	24
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	26
ANNEXES.....	30

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	01
-------------------	----

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE :

CHAPITRE 01 : PLANTES MEDICINAL, METABOLITES SECONDAIRES ET STRESS OXIDATIF.....	03
---	----

1.Les plante médicinales.....	03
2.Les métabolites secondaires des plantes	03
2.1.Définition	03
2.2.Classification	03
3.Le stress oxydatif.....	06
4.Les radicaux libres.....	6
5.L'évaluation de stress oxydatif.....	6
6.Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante	7
6.1.Principaux tests utilisés	08
6.2. Intérêt scientifique.....	08

CHAPITRE 02 : PRESENTATION BOTANIQUE ET PHYTOCHIQUE DE <i>Malva sylvestris</i>	08
---	----

1.Classification botanique	08
1.1. Noms vernaculaires	08
1.2. Classification taxonomique.....	08
2.Description morphologique et distribution géographique.....	09
3. Usages traditionnels et propriétés thérapeutiques.....	10
4.Composition chimique rapportée dans la littérature.....	10
5.Etude antérieures sur l'activité antioxydante de <i>Malva sylvestris</i>	11

PARTIE EXPERIMENTALE :

BUT ET OBJECTIFS.....	12
-----------------------	----

CHAPITRE 01: MATERIEL ET METHODES	13
1.Etude de la composition chimique et des propriétés antioxydante de <i>Malva sylvestris</i>	13
1.1.Matériel végétal et extraction.....	13
2.Dosage colorimétriques des composés phénoliques	13
2.1.Dosage des phénols totaux.....	13
2.2.Dosage des flavonoïdes totaux.....	14
2.3. Dosage des tanins condensés.....	15
3.Evaluation de l'activité antioxydante <i>in vitro</i> :Méthode DPPH.....	16
4.Traitement statistique.....	17
CHAPITRE 02 : RESULTATS ET DISCUSSION.....	18
1. La composition chimique & les propriétés antioxydantes des deux extraits de <i>Malva sylvestris</i>	18
1.1.Dosage des composés phénolique.....	18
1.2.Activité Antioxydante.....	20
1.3.Etude des corrélations.....	21
Discussion.....	22
CONCLUSION.....	24
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	26
ANNEXES.....	30

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
01	Quelque alcaloïdes physiologiquement actifs	04
02	Structure générale des flavonoïdes	05
03	Planche botanique de <i>Malva sylvestris</i>	09
04	Schéma du protocole expérimentale réalisé sur la plante <i>Malva sylvestris</i>	12
05	Concentration des phénols totaux de l'extrait aqueux(EA-MF) et de l'extrait aqueux(EA-INF) de <i>Malva sylvestris</i>	19
06	Concentration des flavonoïdes totaux de l'extrait aqueux (EA-MF) et de l'extrait aqueux (EA-INF) de <i>Malva sylvestris</i>	20
07	Concentration des tanins condensés de l'extrait aqueux (EA-MF) et de l'extrait aqueux (EA-INF) de <i>Malva sylvestris</i> .	20
08	Concentration de l'extrait aqueux(EA-MF) et de l'extrait aqueux(EA-INF) pour 50% d'inhibition de radicaux libres de DPPH DE <i>Malva sylvestris</i> .	21

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
01	Classification botanique de <i>Malva sylvestris L</i>	09
02	Les étapes de préparation de la gamme étalon de l'acide gallique	14
03	Les étapes de préparation de la gamme étalon de la quercitrine	15
04	Les étapes de préparation de la gamme étalon de la catéchine	16
05	Les étapes de préparation de la gamme étalon du DPPH	17
06	Corrélations entre la teneur en composés phénoliques des extraits et l'activité antioxydante (test DPPH).	21

LISTE DES ABREVIATIONS

ABTS :	Acide 2,2'-azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique).
ADN :	Acide Désoxyribonucléique .
CI50 :	Concentration Inhibitrice 50% 2,2-diphényl-1-
DPPH :	picrylhydrazyl.
EAG :	Equivalents acide gallique.
EC :	Equivalents catéchine.
EA-MF :	Extraction par macération à froid.
EA-INF :	Extraction par infusion.
EQ :	Equivalents quercitrine.
FRAP :	Pouvoir antioxydant réducteur du fer ferrique (Ferric Reducing Antioxidant Power).
HAT :	Transfert d'atome d'hydrogène (Hydrogen Atom Transfer).
NADPH :	Nicotinamide Adénine Dinucleotide Phosphate (réduit).
ORAC :	Oxygen radicalabsorbance capacity.
PI :	Pourcentage d'inhibition.
RFC :	Réactif de folin-Ciocalteu.
ROS :	Espèces réactives de l'oxygène (Reactive Oxygen Species).
SET:	Transfert d'un électron unique (Single Electron Transfer).
TAC :	Total antioxydant capacity

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Depuis l'Antiquité, l'être humain a eu recours aux plantes médicinales pour se soigner. Aujourd'hui, elles occupent une place centrale dans la médecine moderne, comme l'attestent de nombreuses études et recherches scientifiques (Batiha et *al.*, 2022).

Face à l'augmentation des maladies chroniques (diabète, maladies cardiovasculaires, etc.) et aux limites des traitements chimiques, l'intérêt pour les thérapies naturelles ne cesse de croître. Les plantes médicinales représentent une alternative prometteuse grâce à leur richesse en composés bioactifs dotés de propriétés antioxydantes, antimicrobiennes, antiinflammatoires, entre autres (Pinto et *al.*, 2010).

Le stress oxydatif, considéré comme un facteur commun à plusieurs pathologies métaboliques telles que le diabète, l'hypertension artérielle et l'obésité, résulte d'un déséquilibre entre les systèmes de défense antioxydants endogènes (enzymes, vitamines, etc.) et la production excessive d'espèces pro-oxydantes, notamment les espèces réactives de l'oxygène (Auberval, 2010).

Dans cette perspective, la recherche de solutions naturelles capables de renforcer les défenses antioxydantes s'avère essentielle. Les plantes médicinales, grâce à leur richesse en polyphénols, flavonoïdes et autres métabolites secondaires, constituent une source précieuse de molécules bioactives. Ces composés sont capables de piéger les radicaux libres, de stimuler les enzymes antioxydantes et de réduire les dommages oxydatifs, offrant ainsi une alternative complémentaire aux traitements conventionnels (Batiha et *al.*, 2022).

Dans ce contexte, les plantes médicinales telles que *Malva sylvestris* occupent une place importante en médecine traditionnelle en raison de leur richesse en composés phytochimiques (Pinto et *al.*, 2010). Cette plante sauvage, aux fleurs mauves, connue sous le nom vernaculaire « khobiz », appartient à la famille des Malvacées. Elle est utilisée traditionnellement comme laxatif, tonique, dans le traitement des abcès, des douleurs dentaires ainsi que des affections respiratoires (Batiha et *al.*, 2022).

L'objectif de ce travail est de réaliser une étude comparative entre deux extraits aqueux de feuilles de *Malva sylvestris*, obtenus par décoction et par macération, afin d'évaluer l'influence de la méthode d'extraction sur leur composition phytochimique (en étudiant la teneur

en certains métabolites secondaires) et leur activité antioxydante. Cette approche permettra de mettre en évidence le rôle des composés bioactifs de *Malva sylvestris* dans la lutte

INTRODUCTION

contre le stress oxydatif et de valoriser scientifiquement une plante largement utilisée en médecine traditionnelle.

Ainsi notre mémoire est structuré en deux parties :

- ✚ **Une première partie** consacrée aux généralités bibliographiques, abordant les plantes médicinales, leurs richesses et leurs importances ; ainsi que, la description botanique et phytochimique de *Malva sylvestris*.
- ✚ **La seconde partie** correspond au volet pratique de l'étude, présentant de manière comparatifs des deux extraits de *Malva sylvestris* ; la teneur en certains composés phénoliques, ainsi que, l'activité antioxydante.

**PARTIE
BIBLIOGRAPH
IQUE**

1. Les plantes médicinales

Les plantes médicinales représentent une ressource stratégique majeure pour les pharmacopées mondiales. Elles fournissent de nombreuses molécules bioactives à l'origine de médicaments modernes et sont utilisées sous diverses formes galéniques (fraîches, sèches, extraits standardisés, associations végétales) selon des procédés pharmaceutiques rigoureux (Ouedraogo et *al.*, 2021).

Depuis l'Antiquité, elles ont constitué la principale source de soins dans de nombreuses civilisations et continuent aujourd'hui d'occuper une place importante, tant en médecine traditionnelle qu'en recherche pharmaceutique. On estime qu'environ 35 000 espèces végétales sont utilisées à des fins médicinales dans le monde, ce qui illustre leur rôle majeur dans la biodiversité exploitée par l'être humain (Elqaj et *al.*, 2007).

En Algérie, un intérêt particulier est porté aux espèces spontanées employées en médecine traditionnelle, dont les usages, indications thérapeutiques et principes actifs font l'objet de nombreuses études (Djebaili, 1984).

2. Les métabolites secondaires des plantes

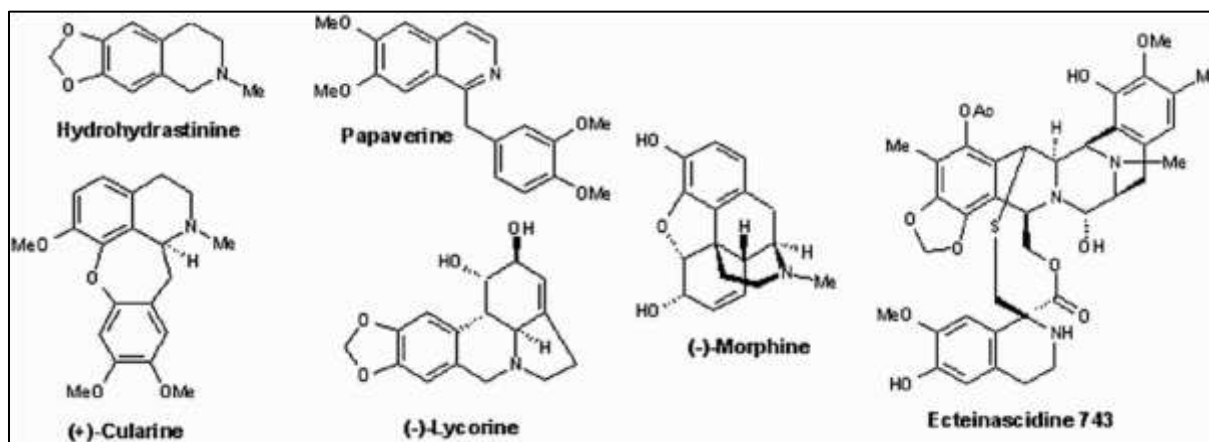
2.1. Définition

Les métabolites secondaires constituent un ensemble de composés phytochimiques synthétisés naturellement par les plantes. Contrairement aux métabolites primaires, ils n'interviennent pas directement dans les processus fondamentaux du métabolisme végétal liés à la croissance, au développement et à la reproduction (Dominique & Zoubida, 2005).

2.2. Classification

a. Les alcaloïdes

Principalement extraits des plantes à fleurs, mais également identifiés chez certains animaux comme les fourmis (Mauro, 2006), les alcaloïdes (**Figure n°1**) présentent un intérêt pharmacologique considérable en raison de leurs multiples applications : anticancéreux, antipaludéens et antiarythmiques (Vincenzo & Pierre, 2001). On estime que les plantes produisent environ 12 000 alcaloïdes différents (Jörg & Peter, 2008).



- ✓ **Proto-alcaloïdes** : dérivés d'acides aminés, sans atome d'azote intégré dans un cycle hétérocyclique (ex. colchicine).
- ✓ **Pseudo-alcaloïdes** : possèdent les caractéristiques des alcaloïdes vrais mais ne dérivent pas des acides aminés (ex. caféine).
- ✓ **Alcaloïdes vrais** : caractérisés par un atome d'azote intégré dans un cycle hétérocyclique, biosynthétisés à partir d'acides aminés, avec une activité pharmacologique importante (Beddou, 2015).

Figure n°01 : Quelques alcaloïdes physiologiquement actifs (Wollinger A., et *al.* 2016)

b. Les terpènes

Les terpènes ou terpénoïdes constituent la plus vaste classe des composés organiques naturels, avec plus de 40 000 structures identifiées. Leur unité de base est l'isoprène (C₅H₈). Ils sont classés en monoterpènes (C₁₀), sesquiterpènes (C₁₅), diterpènes (C₂₀), triterpènes (C₃₀), tétraterpènes (C₄₀) et polyterpènes (>C₄₀) (Kyoung et *al.*, 2017). Ils jouent un rôle essentiel dans l'odeur des plantes, la stabilisation des membranes cellulaires et la régulation enzymatique. Plusieurs études ont démontré leur efficacité dans la chimioprévention et la chimiothérapie du cancer, ainsi que leurs propriétés antimicrobiennes, antifongiques, antivirales, antihyperglycémiques, anti-inflammatoires et antiparasitaires (Roman et *al.*,

2007). On les retrouve sous forme d'huiles essentielles, de pigments (carotènes), d'hormones végétales (acide abscissique) et de stérols (cholestérol) (Adouane, 2016).

c. Les composés phénoliques

Les polyphénols regroupent plus de 8 000 composés caractérisés par un noyau aromatique portant un ou plusieurs groupes hydroxyles. Ils sont souvent liés à des sucres sous forme de glycosides, ce qui leur confère une bonne solubilité dans l'eau. Localisés dans les vacuoles cellulaires, leur répartition varie selon les espèces, les organes et les stades physiologiques (Harborne, 1973 ; Macheix, 1996).

d. Les flavonoïdes

Famille de plus de 6 000 composés naturels largement répandus chez les plantes vasculaires (**Figure n°2**). Ils participent à la pigmentation végétale (bleu, violet, jaune, orange, rouge) aux côtés des caroténoïdes et de la chlorophylle (Ghedir, 2005 ; Khoddami *et al.*, 2013). Sur le plan biosynthétique, ils dérivent de la phénylalanine via la voie des phénylpropanoïdes, l'une des principales voies de biosynthèse des composés phénoliques (Verpoorte & Alfermann, 2000).

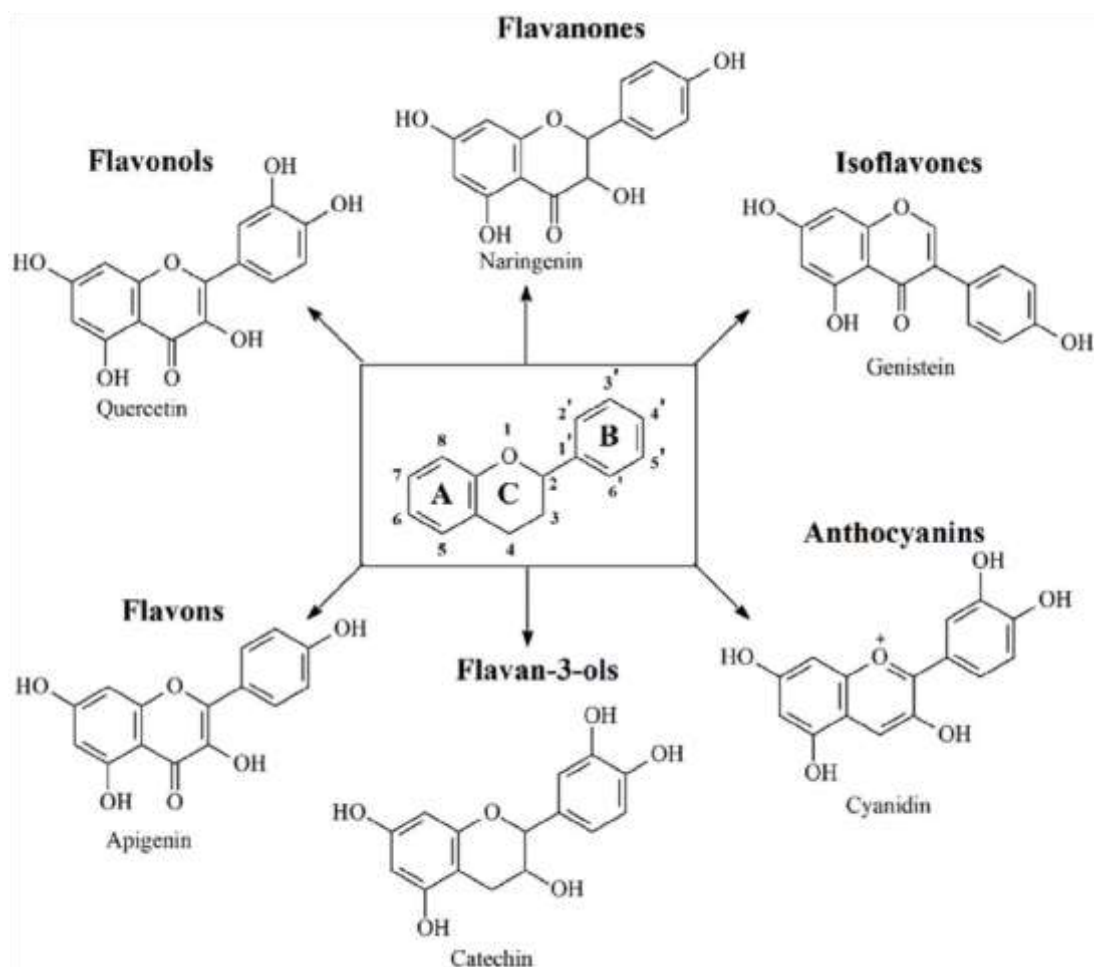


Figure n°02 : Structure générale des flavonoïdes (Nicolescu et *al.*, 2021)

3. Le stress oxydatif

Le stress oxydatif correspond à un déséquilibre entre la production d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) et les systèmes de défense antioxydants de l'organisme. Les ROS incluent principalement le radical superoxyde ($O_2^{\bullet-}$), le radical hydroxyle ($\bullet OH$) et le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2). Ils sont générés par des processus endogènes tels que la respiration mitochondriale, l'activité enzymatique (NADPH oxydase, xanthine oxydase) ou les réactions inflammatoires, mais aussi par des facteurs exogènes comme la pollution, le tabac, l'alcool ou les radiations (Kulbacka et *al.*, 2009).

Lorsque la production de ROS dépasse les capacités de neutralisation des systèmes antioxydants enzymatiques (superoxyde dismutase, catalase, glutathion peroxydase) et non enzymatiques (vitamines C et E, caroténoïdes, polyphénols), des dommages oxydatifs apparaissent. Ceux-ci affectent les lipides (peroxydation membranaire), les protéines

(carbonylation, perte de fonction enzymatique) et l'ADN (cassures, mutations), entraînant des perturbations cellulaires pouvant conduire à l'apoptose ou à la nécrose (Favier et *al.*, 2003 ; Sergent et *al.*, 2001).

Ainsi, le stress oxydatif constitue un facteur transversal dans le développement de nombreuses pathologies, ce qui justifie l'intérêt croissant pour les antioxydants naturels issus des plantes médicinales, capables de renforcer les défenses endogènes et de limiter les dommages oxydatifs (Batiha et *al.*, 2022).

4. Les radicaux libres

La génération de radicaux libres, tels que l'anion superoxyde et le radical hydroxyle, représente un processus physiologique normal associé au métabolisme aérobie chez l'homme. Toutefois, lorsque la production de ces espèces réactives excède les capacités des systèmes de défense antioxydants, un état de stress oxydatif peut s'installer. Ce déséquilibre est susceptible d'induire diverses altérations au niveau moléculaire et cellulaire, affectant particulièrement les lipides membranaires ainsi que l'ADN, en raison de leur grande sensibilité à l'action des radicaux libres.

5. L'évaluation de stress oxydatif

Le stress oxydatif peut être évalué à travers plusieurs approches, notamment par la mesure de la production des radicaux libres, l'estimation de la capacité antioxydante et l'analyse des répercussions biologiques qui en résultent. Cependant, en pratique clinique, son appréciation repose principalement sur le dosage des produits issus de la peroxydation lipidique ainsi que sur l'évaluation des mécanismes de défense antioxydante de l'organisme. (Joëlle gudable, Alain favier 1997)

6. Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante

L'évaluation de l'activité antioxydante repose sur des tests *in vitro* permettant de mesurer la capacité d'un composé ou d'un extrait végétal à neutraliser les radicaux libres ou à réduire des oxydants. Ces méthodes se regroupent en deux grands mécanismes :

- ✓ **Mécanismes HAT (Hydrogen Atom Transfer)** : mesurent la capacité d'un antioxydant à transférer un atome d'hydrogène pour neutraliser un radical libre.
- ✓ **Mécanismes SET (Single Electron Transfer)** : évaluent la capacité d'un antioxydant à transférer un électron pour réduire une espèce oxydante.

6.1. Principaux tests utilisés

- **DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)** : méthode colorimétrique basée sur la réduction du radical stable DPPH, entraînant une décoloration proportionnelle au pouvoir antioxydant (Wollinger et *al.*, 2016).
- **ABTS/TEAC (2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique))** : mesure la capacité des antioxydants à piéger le radical ABTS•⁺, avec une lecture spectrophotométrique (Re et *al.*, 1999).
- **FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)** : évalue la capacité des antioxydants à réduire le Fe³⁺ en Fe²⁺, produisant une coloration bleue mesurable (Benzie & Strain, 1996).
- **ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity)** : mesure la capacité d'un antioxydant à inhiber l'oxydation induite par les radicaux peroxy, souvent utilisée pour les extraits alimentaires (Cao & Prior, 1999).

6.2. Intérêt scientifique

Ces méthodes permettent de comparer l'efficacité relative des extraits végétaux, d'établir une corrélation entre la teneur en métabolites secondaires (phénols, flavonoïdes,

CHAPITRE 1 : Plantes médicinales, métabolites secondaires et stress oxydatif

tanins) et l'activité antioxydante, et, de valoriser les plantes médicinales comme sources naturelles de molécules bioactives.

1. Classification botanique

1.1. Noms vernaculaires

L'appellation vernaculaire de *Malva sylvestris* varie selon les régions et les contextes culturels, ce qui lui confère une diversité de dénominations. Cette richesse terminologique favorise sa reconnaissance et son utilisation dans les pratiques traditionnelles (Aït Youcef, 2006 ; Flores, 2011 ; Ghédira & Goetz, 2016).

- **Arabe** : الخبيزة
- **Français** : mauve, grande mauve, mauve sauvage, fromageon
- **Anglais** : blue mallow, high mallow

1.2. Classification taxonomique

Malva sylvestris L. appartient au règne Plantae, embranchement Magnoliophyta, division Tracheophyta, classe Magnoliopsida (dicotylédones), ordre Malvales, famille Malvaceae, genre *Malva*, espèce *Malva sylvestris* L. (**Tableau I**) (The Plant List, 2013).

Tableau I : Classification botanique de *Malva sylvestris* L. (The Plant List, 2013)

<i>Niveau taxonomique</i>	<i>Classification</i>
Règne	Plantae(plante)
Embranchement	Magnoliophyta
Division	tracheophyta
Classe	Magnoliopsida(dicotylédones)
Ordre	Malvales
Famille	Malvaceae
Genre	Malva
Espèce	<i>Malva sylvestris</i>

2. Description morphologique et distribution géographique

Malva sylvestris L., connue sous le nom vernaculaire « Khobiz » ou « Amedjir », est une plante herbacée vivace de la famille des Malvacées. Elle pousse spontanément dans les terrains incultes, le long des haies et des chemins (Bouزيد Hadjer & Dadache Chaïma, 2021).

La plante peut atteindre environ 1 mètre de hauteur. Sa tige, robuste et dressée, est ramifiée. Les feuilles, de grande taille, alternes et pétiolées, présentent de trois à sept lobes dentés à nervation palmée, bordés de marges crénelées. Les fleurs, typiques de la famille des Malvacées, sont pédicellées et composées de cinq pétales roses striés de violet. Elles possèdent un calice accompagné d'un calicule, ainsi que des étamines dont les filaments sont soudés en tube. Les fleurs sont regroupées en petits bouquets situés à l'extrémité des rameaux (**Figure n°3**) (Ghédira & Goetz, 2016).

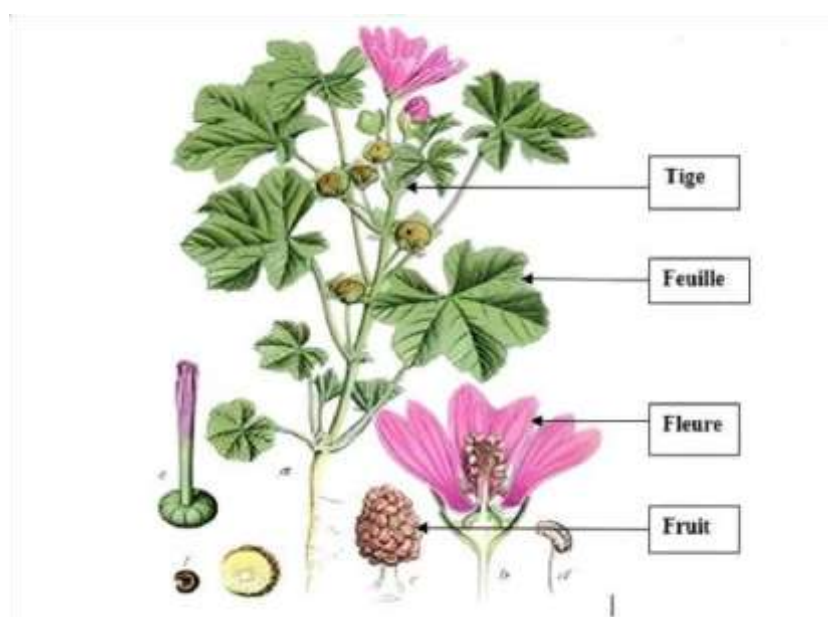


Figure n°03 : planche botanique de *malva sylvestrise* (Beloued, 2001)

Sur le plan biogéographique, *Malva sylvestris* est une espèce largement répandue dans les régions tempérées et méditerranéennes. En **Afrique du Nord**, elle est présente au Maroc, en Tunisie, en Libye et en Égypte, où elle colonise les zones rurales, les terrains incultes et les espaces périurbains (Beloued, 2001). En **Algérie**, elle est très fréquente dans les régions du littoral et du nord du pays, notamment dans les plaines et les zones agricoles traditionnelles.

Elle est particulièrement abondante dans l'est algérien (Annaba, El Tarf, Constantine), mais également dans les Hautes Plaines et certaines zones montagneuses, témoignant de son adaptation à divers types de sols et de climats (Larbi & Ziani, 2019).

3. Usages traditionnels et propriétés thérapeutiques

La famille des Malvacées regroupe environ 240 genres et plus de 4 200 espèces (Beloued, 2001). Parmi elles, le genre *Malva* occupe une place importante en raison de ses usages ornementaux, alimentaires et médicinaux.

Traditionnellement, les espèces de *Malva* sont utilisées pour traiter les troubles digestifs, respiratoires et génito-urinaires, infections de la gorge, pathologies cutanées et ostéoarticulaires, plaies et lésions superficielles. Elles sont reconnues pour leurs propriétés adoucissantes, antiseptiques et protectrices de la peau (Ghédira & Goetz, 2016). Sur le plan pharmacologique, elles présentent des activités diurétiques, spasmolytiques, laxatives et antidiarrhéiques.

Sur le plan phytochimique, *Malva sylvestris* renferme une diversité de métabolites secondaires : polysaccharides, coumarines, flavonoïdes, polyphénols, vitamines, terpènes et tanins, principalement concentrés dans les feuilles et les fleurs. Ces constituants sont responsables de ses propriétés biologiques.

Les études scientifiques ont confirmé son activité antimicrobienne modérée, son potentiel anti-inflammatoire, cicatrisant, antioxydant et même anticancéreux (Sharifi-Rad et al., 2020). De plus, plusieurs travaux ont mis en évidence son rôle dans la protection gastrointestinale et son effet immunomodulateur (Batiha et al., 2022).

4. Composition chimique rapportée dans la littérature

Les recherches phytochimiques confirment que *Malva sylvestris* est une plante riche en flavonoïdes, tanins et polyphénols, constituants majeurs responsables de ses propriétés biologiques (Si Ahmed & Kheloul, 2023).

Outre ces composés, *Malva sylvestris* renferme également des alcaloïdes, saponosides, stérols, triterpènes, glycosides cardiaques, mucilages et acides aminés, répartis principalement dans les feuilles et les fleurs (Ghédira & Goetz, 2016). Des travaux complémentaires ont mis

en évidence la présence d'anthocyanes et de polysaccharides, associés à des effets immunomodulateurs, anti-inflammatoires et cicatrisants (Gudej, 2003 ; Sharifi-Rad et al., 2020 ; Batiha et al., 2022).

Ainsi, la composition chimique variée de *Malva sylvestris* explique ses multiples activités biologiques, allant de l'action antimicrobienne à l'effet antioxydant et anticancéreux, ce qui en fait une plante d'un intérêt pharmacologique considérable.

5. Etude antérieures sur l'activité antioxydante de *Malva sylvestris*

L'activité antioxydante de *Malva sylvestris* est principalement liée à sa richesse en polyphénols, flavonoïdes et anthocyanes, qui jouent un rôle essentiel dans la neutralisation des radicaux libres.

Les études antérieures ont montré que les extraits aqueux et éthanoliques de *Malva sylvestris* présentent une capacité antioxydante significative, mesurée par des tests comme FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) et TAC (Total Antioxidant Capacity). Ces activités sont proportionnelles à la teneur en polyphénols totaux, confirmant le rôle central de ces métabolites dans la protection contre le stress oxydatif (Larbi & Ziani, 2019).

Ainsi, *Malva sylvestris* apparaît comme une source prometteuse de molécules naturelles capables de limiter les dommages oxydatifs, avec des applications potentielles en phytothérapie, dans la prévention des maladies chroniques liées au stress oxydatif (diabète, maladies cardiovasculaires, pathologies neurodégénératives).

**PARTIE
EXPERIMEN
TALE**

But et objectif

L'objectif de ce travail est de réaliser une **étude comparative** entre différents extraits de *Malva sylvestris* afin d'évaluer l'influence de la méthode d'extraction sur leur composition phytochimique et leur activité antioxydante. Deux types d'extraits aqueux (obtenus par **décoction** et par **macération**) sont étudiés, afin de mettre en évidence la variabilité de leur teneur en métabolites secondaires (polyphénols, flavonoïdes, tanins) (Figure n°4).

Pour mesurer l'efficacité antioxydante, nous utiliserons le **test DPPH**, une méthode de référence qui permet d'évaluer la capacité des extraits à neutraliser les radicaux libres.

Enfin, une **étude de corrélations** sera réalisée afin de mettre en évidence le lien entre la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante observée. Cette approche permettra de confirmer le rôle des composés bioactifs de *Malva sylvestris* dans la lutte contre le stress oxydatif et de valoriser scientifiquement une plante largement utilisée en médecine traditionnelle.

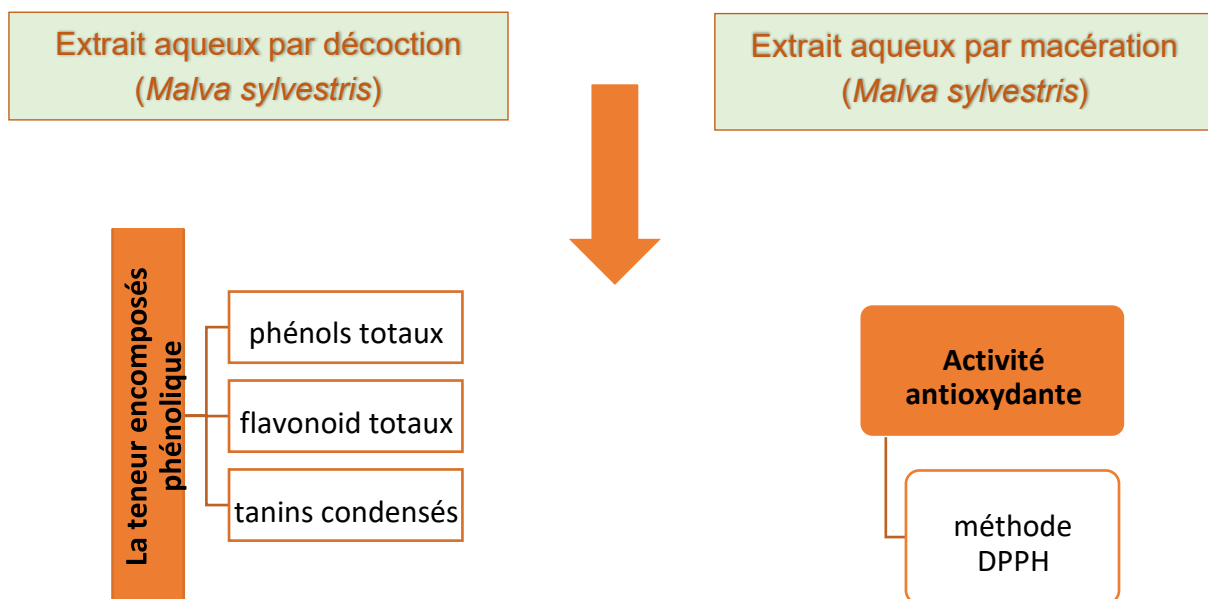


Figure n° 4 : Schéma du protocole expérimental réalisé sur la plante

Malva sylvestris

1. Etude de la composition chimique et des propriétés antioxydante de *Malva sylvestris*

1.1. Matériel végétal et extraction

Les feuilles de *Malva sylvestris* ont été récoltées dans la région de Bogous (El Tarf), durant les mois de Février et mars 2026. Après la récolte, elles ont été soigneusement lavées, puis séchées dans une étuve à 40 °C afin de préserver leurs constituants bioactifs. Une fois séchées, les feuilles ont été réduites en poudre homogène à l'aide d'un broyeur, ce qui a permis d'obtenir un matériel végétal standardisé destiné aux différentes étapes d'extraction.

L'extraction des feuilles sèches de *Malva sylvestris* a été réalisée par voie aqueuse selon deux procédés distincts afin de comparer l'influence de la méthode sur la composition phytochimique et l'activité antioxydante.

A. Extraction par macération à froid (EA_MF): 1 g de poudre de feuilles est mis en contact avec 10 mL d'eau distillée à température ambiante, dans l'obscurité et sous agitation, pendant 24 heures. Après filtration sur papier Whatman n°1, l'extrait est conditionné dans des flacons ambrés protégés de la lumière et conservé à 4 °C jusqu'à utilisation.

B. Extraction par infusion (EA_INF): 1 g de poudre de feuilles est extrait avec 10 mL d'eau chauffée à 80–90 °C, maintenu pendant 15–20 minutes sous légère agitation, puis refroidi à température ambiante. L'extrait est ensuite filtré, conditionné et conservé dans les mêmes conditions que pour la macération. Dans les deux cas, le rapport matière végétale/solvant a été fixé à 1:10 (m/v), garantissant une standardisation des conditions expérimentales. Ces extraits ont été utilisés le jour même pour les analyses phytochimiques et l'évaluation de l'activité antioxydante.

2. Dosage colorimétriques des composés phénoliques

2.1. Dosage des phénols totaux

- **Principe de la méthode :** En milieu basique (pH $\approx$ 10), les groupements hydroxyyles des composés phénoliques perdent un proton, ce qui conduit à la formation d'un anion

phénolate. Cet anion possède un pouvoir réducteur et est capable de réduire le réactif de Folin-Ciocalteu (RFC). Cette réaction entraîne la formation d'un complexe coloré bleu, attribué à des structures polyoxométalliques telles que $(\text{PMoW}_{11}\text{O}_{40})$. L'intensité de cette

coloration est proportionnelle à la concentration en phénols présents dans l'échantillon, ce qui permet de déterminer la teneur en phénols totaux.

- **Protocol opératoire :** Selon la méthode décrite par Wolfe et *al.* (2007) le dosage des phénols totaux a été réalisé à l'aide du réactif de Folin-Ciocalteu (RFC). Une solution mère de l'extrait (1 mg/mL), préparée dans un mélange méthanol/eau (50:50), a été utilisée. Un volume de 0,5 mL de cette solution a été mélangé successivement avec 5 mL de RFC et 4 mL de carbonate de sodium (1 M). Après agitation, le mélange réactionnel a été incubé pendant 15 minutes à température ambiante et à l'obscurité. L'absorbance a ensuite été mesurée à 765 nm.

Pour la quantification, une courbe d'étalonnage a été établie en appliquant la même procédure à différentes concentrations d'acide gallique (0, 50, 100, 150, 200, 250 et 300 µg/mL) (**Tableau II**). Les teneurs en phénols totaux ont été exprimées en mg équivalents acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/g), à partir de la courbe d'étalonnage présentant un coefficient de régression linéaire satisfaisant ($R^2 = 0,9937$) (**Annexe 1**).

Tableau II : Les étapes de préparation de la gamme étalon de l'acide gallique.

AG (µg/ml)	0	50	100	150	200	250	300
Vi (µg/ml)	0	25	50	75	100	125	150
V _{MeOH} (µl)	500	475	450	425	400	375	350
FC (ml)	5						
Na ₂ CO ₃ (ml)	4						

2.2. Dosage des flavonoïdes totaux

- **Principe de la méthode :** Le dosage des flavonoïdes totaux repose sur un test colorimétrique utilisant le trichlorure d'aluminium (AlCl₃). Ce réactif forme des complexes stables avec le groupement carbonyle (C=O) en position C₄ et les groupements hydroxyles en C₃ ou C₅ des flavones et flavonols. Il peut également établir des complexes labiles avec les groupements orthodihydroxyles présents sur les noyaux A ou B des flavonoïdes.

Selon Chang et *al.* (2002), les complexes formés entre AlCl₃ et divers flavonoïdes présentent une absorption maximale entre 415 et 440 nm. La teneur en flavonoïdes totaux est calculée à partir de la courbe d'étalonnage d'un flavonoïde de référence, généralement la quercétine.

- **Protocole Opératoire** : Le dosage des flavonoïdes totaux a été réalisé en utilisant la quercétine comme standard de référence, conformément à une méthode adaptée de Zhisen et al. (1999). Pour ce faire, 0,5 mL d'une solution d'extrait aqueux à une concentration de 1 mg/mL ont été introduits dans un tube à essai. À ce volume ont été ajoutés successivement 1,5 mL de méthanol, 0,1 mL de trichlorure d'aluminium hexahydraté ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) à 10 %, 0,1 mL d'acétate de sodium (1 M) et 2,8 mL d'eau distillée.

Le mélange réactionnel a été vigoureusement agité, puis incubé pendant 30 minutes à l'obscurité et à température ambiante. L'absorbance a ensuite été mesurée à 430 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Vis. Parallèlement, une courbe d'étalonnage a été établie dans les mêmes conditions expérimentales à partir de solutions standards de quercétine, préparées à différentes concentrations (0, 20, 40, 60, 80, 100 et 120 $\mu\text{g/mL}$) (**Tableau III**).

Les résultats ont été exprimés en mg équivalents quercétine par gramme d'extrait (mg EQ/g) (**Annexe 2**).

Tableau III : Les étapes de préparation de la gamme étalon de la quercétine

Quercétine ($\mu\text{g/mL}$)	0	20	40	80	100	120
Vi de la solution mère ($\mu\text{g/mL}$)	0	10	20	40	50	60
V _{MeOH} (μL)	500	490	480	460	450	440
Méthanol (ml)	1,5					
AlCl_3 (ml)	0,1					
CH_3COONa (ml)	0,1					
Eau distillée (ml)	2,8					

2.3. Dosage des tanins condensés

- **Principe de la méthode** : Le dosage des tanins condensés repose sur une réaction colorimétrique utilisant la vanilline en milieu acide. La vanilline réagit avec les flavan-3ols libres ainsi qu'avec les unités terminales des proanthocyanidines, produisant une coloration rouge dont l'intensité est proportionnelle à la teneur en flavanols présents dans l'échantillon. Ce complexe présente un maximum d'absorption à 500 nm, ce qui permet de quantifier les tanins condensés.

- **Protocole Opératoire :** Le dosage des tanins condensés a été effectué selon la méthode de Julkunen-Tiitto (1985) :
- **Préparation des séries de tubes :**
 - **Première série:** 1 mL d'extrait est mélangé avec 5 mL de réactif de vanilline (vanilline 1 % dans HCl 8 %), ajoutés à intervalles d'une minute.
 - **Deuxième série (blancs) :** 1 mL d'extrait est mélangé avec 5 mL de HCl 4 %, dans les mêmes conditions.
- **Incubation :** les tubes sont placés au bain-marie à 30 °C pendant 20 minutes.
- **Lecture spectrophotométrique :** l'absorbance est mesurée à 500 nm, en respectant un intervalle d'une minute entre chaque lecture.
- **Correction des interférences :** l'absorbance des blancs est soustraite de celle des échantillons afin d'éliminer les interférences dues aux pigments végétaux.
- **Quantification :** les teneurs en tanins condensés sont exprimées en mg équivalents catéchine par gramme d'extrait (mg EC/g). Une courbe d'étalonnage de la catéchine (0 à 0,3 mg/mL) (**Tableau IV**) a été réalisée selon le même protocole, avec un coefficient de corrélation satisfaisant ($R^2 = 0,991$) (**Annexe 3**).

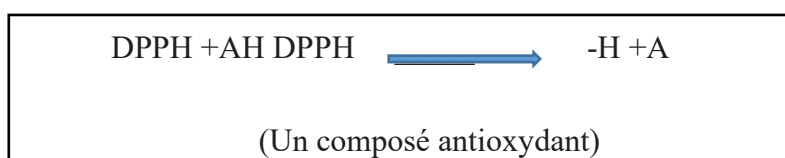
Tableau IV : Les étapes de préparation de la gamme étalon de la catéchine

Catéchine (µg/ml)	0	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30
Vi (µl)	0	200	400	600	800	1000
V _{MeOH} (µl)	1000	800	600	400	200	0
Réactif (ml)	5					

3. Evaluation de l'activité antioxydante *in vitro* : Méthode DPPH

L'évaluation de l'activité antiradicalaire repose sur l'utilisation du radical libre synthétique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH), caractérisé par une coloration violette intense en solution. Cette méthode exploite la capacité des composés antioxydants présents dans les extraits végétaux à neutraliser le radical DPPH par un mécanisme de réduction.

En présence d'antioxydants, le radical DPPH capte un atome d'hydrogène ou un électron provenant des molécules piégeuses de radicaux libres, ce qui conduit à sa réduction et à une décoloration progressive de la solution violette. Sur le plan expérimental, différentes concentrations de l'extrait étudié sont mises en contact avec une solution de DPPH, puis la diminution de l'absorbance est mesurée à 517 nm. L'intensité de la décoloration observée est directement proportionnelle à l'activité antioxydante de l'échantillon analysé.



□ Protocole Opératoire

Le dosage de l'activité antiradicalaire a été réalisé selon la méthode décrite par Blois (1958), avec quelques modifications. Différentes dilutions des deux extraits ont été préparées dans l'éthanol (**Tableau V**). Pour chaque essai, 2 mL de chaque dilution ont été mélangés à 2 mL de solution de DPPH. Le mélange réactionnel a ensuite été incubé pendant 30 minutes à 25 °C, à l'abri de la lumière. L'absorbance a été mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Vis.

Un témoin (solution de DPPH sans extrait) a été utilisé pour déterminer l'absorbance totale. L'activité antiradicalaire des différentes solutions a été exprimée en pourcentage d'inhibition (PI %) selon l'équation suivante :

$PI \% = \frac{DO_{100\%} - DO_{Essai}}{DO_{100\%}} \times 100$

Avec :

DO_{100%} : absorbance du totale.

DO_{Essai} : absorbance de la solution en présence d'extraits.

La courbe représentant la variation du PI % en fonction des concentrations testées (1 ; 0,2 ; 0,1 ; 0,05 et 0,03 mg/mL) pour l'extrait aqueux (par macération et par infusion) a permis

de déterminer la valeur de la CI_{50} , définie comme la concentration de l'échantillon nécessaire pour inhiber 50 % des radicaux libres de DPPH.

Tableau V : Les étapes de préparation de la gamme étalon du DPPH

Concentration EA_MF / EA_INF	1	0,2	0,1	0,05	0,03	Totale
Vi (µl)	2000	400	200	100	60	/
V _{Ethanol} (µl)	0	1600	1800	1900	1940	2000
V _{DPPH} (ml)	2					

4. Traitement statistique

Les résultats ont été exprimés sous forme de **moyenne ± écart-type**. La comparaison des moyennes entre les différents groupes a été effectuée à l'aide du **test t de Student**, permettant d'évaluer la significativité des différences observées. L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé à l'aide du logiciel **Microsoft Excel 2016**.

1. La composition chimique & les propriétés antioxydantes des deux extraits de *malva sylvestris*

1.1. Dosage des composés phénolique

Les dosages des phénols totaux, des flavonoïdes totaux et des tanins condensés précédemment effectués ; nous ont permis de comparer entre la composition des extraits aqueux par macération et par décoction de *Malva sylvestris*.

a. Evaluation de la teneur en phénols totaux

Les résultats du test *t* ont montré que la différence observée entre les extraits EA-MF et EA-INF n'est pas statistiquement significative ; toutefois, il est à noter que l'extrait obtenu par infusion (EA-INF) présente une concentration en phénols totaux plus élevée (77,92%) que celui obtenu par macération (EA-MF), bien que cette différence ne soit pas significative (**Figure 05**).

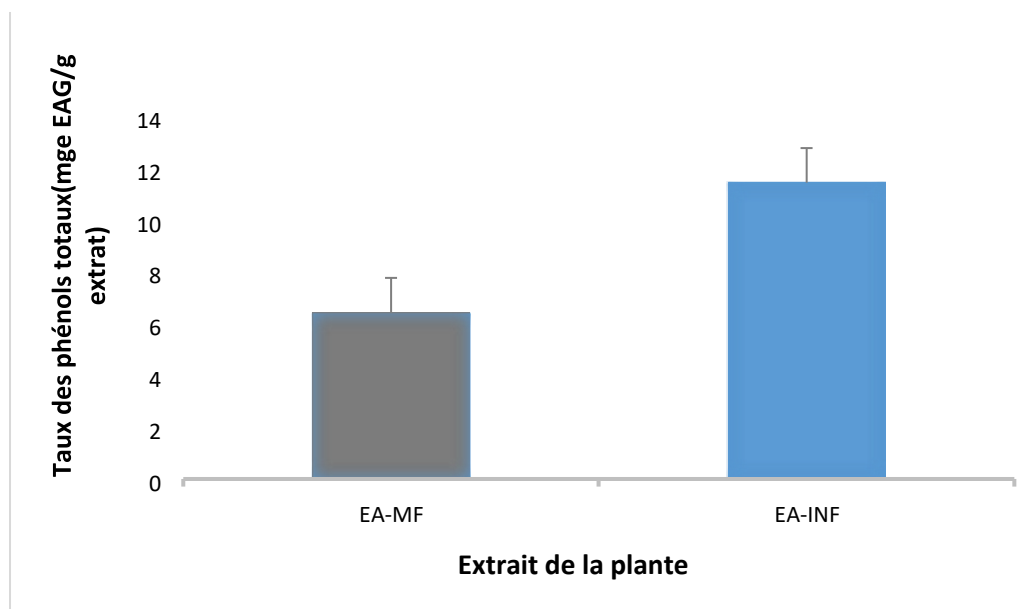


Figure 05 : Concentration des phénols totaux de l'extrait aqueux(EA-MF) et de l'extrait aqueux(EA-INF) de *malva sylvestris*

Les valeurs données représentent la moyenne de quatre mesures $\pm$ SEM EAG équivalents acide gallique

b. Evaluation de teneur en flavonoïdes totaux

Les résultats du test t concernant la teneur en flavonoïdes totaux ont révélé que la différence observée entre les extraits EA-MF et EA-INF n'est pas statistiquement significative ; toutefois, il est à noter que l'extrait obtenu par infusion (EA-INF) présente une concentration plus élevée (105%) que celui obtenu par macération (EA-MF) (**Figure 06**).

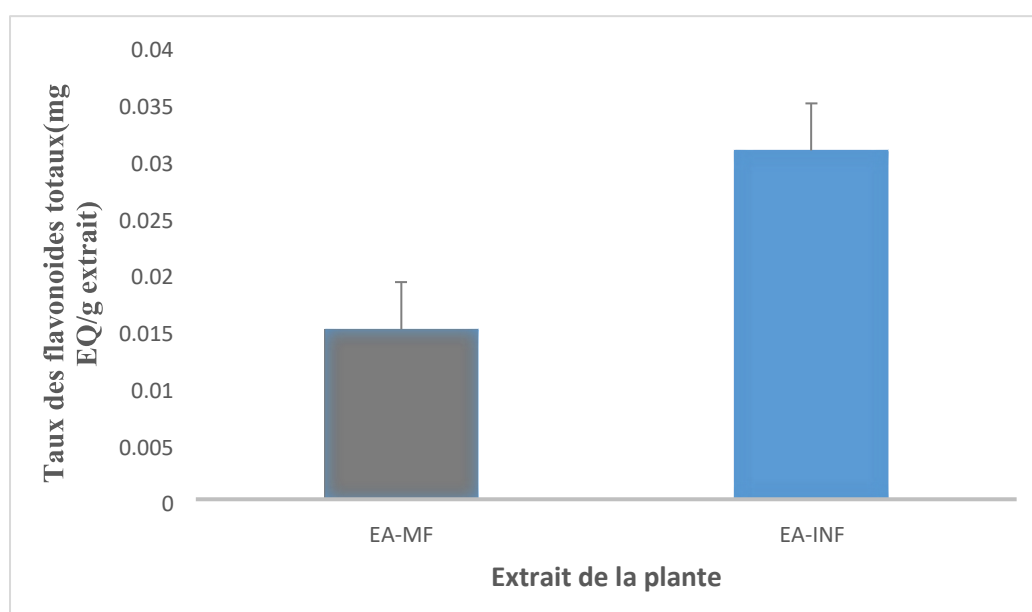


Figure 06: Concentration des flavonoïdes totaux de l'extrait aqueux (EA-MF) et de l'extrait aqueux (EA-INF) de *malva sylvestris*

Les valeurs données représentent la moyenne de quatre mesures $\pm$ SEM EQ équivalents quercétine

c. Evaluation de teneur en tanins condensés

Les résultats du test t ont montré qu'il n'existe aucune différence statistiquement significative entre les extraits EA-MF et EA-INF concernant la teneur en tanins condensés.

Toutefois, l'extrait obtenu par macération (EA-MF) a présenté une teneur moyenne supérieure d'environ 9 % par rapport à celui obtenu par infusion (EA-INF), bien que cette différence demeure non significative (**Figure 07**).

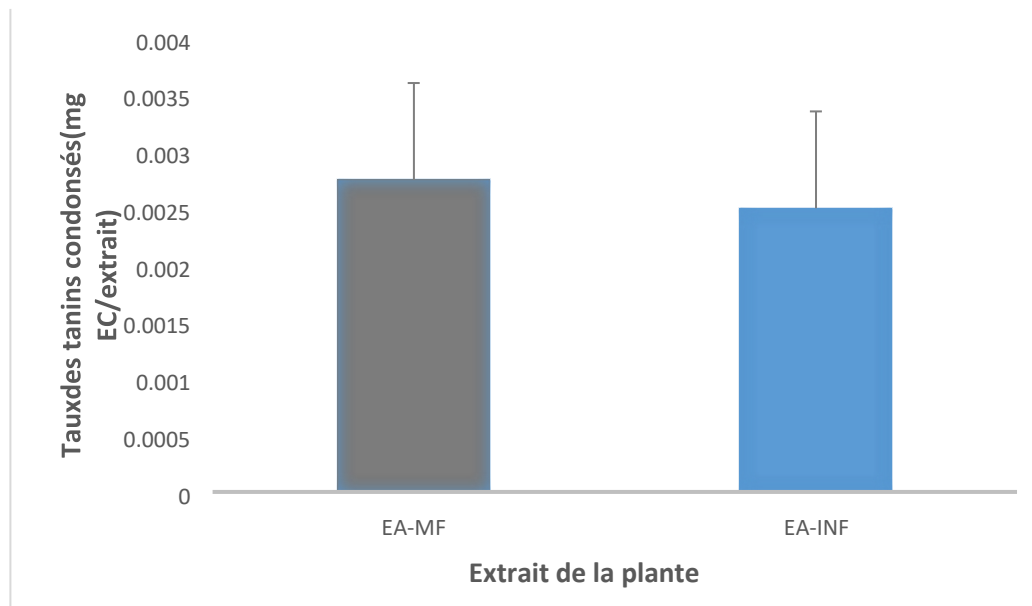


Figure 07: Concentration des tanins condensés de l'extrait aqueux (EA-MF) et de l'extrait aqueux (EA-INF) de *malva sylvestris*.

Les valeurs données représentent la moyenne de quatre mesures $\pm$ SEM EC équivalents catéchine

1.2. Activité Antioxydante

La mise en évidence du pouvoir antioxydant des différents extraits de la plante a été réalisée par la méthode chimique de piégeage du radical libre DPPH.

Les résultats montrent que l'extrait aqueux obtenu par infusion à chaud (EA-INF) possède une activité antioxydante supérieure, caractérisée par une valeur de CI_{50} plus faible (60,76 %) que celle de l'extrait aqueux obtenu par macération (EA-MF). Ainsi, l'infusion à chaud se révèle plus efficace pour piéger les radicaux libres (**Figure 08**).

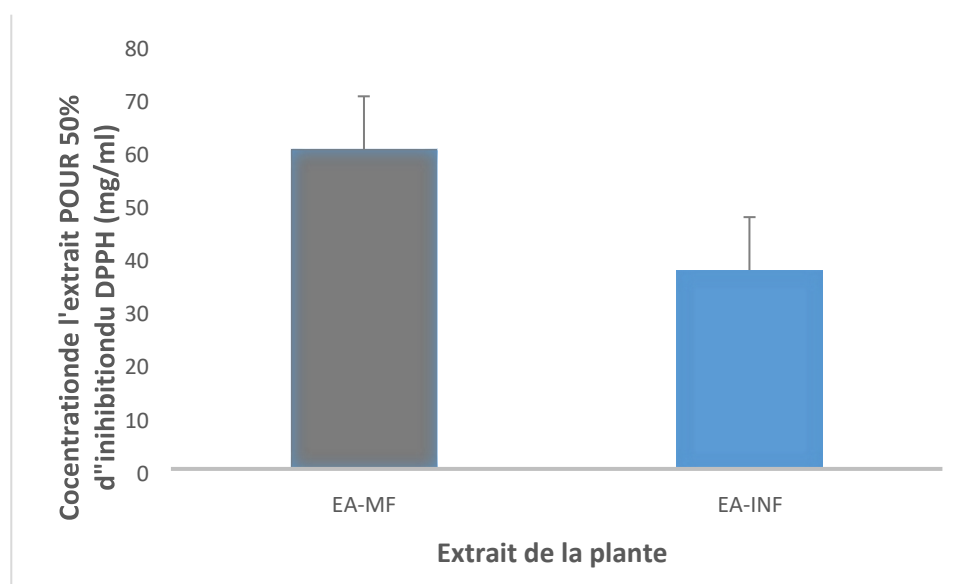


Figure 08 : Concentration de l'extrait aqueux(EA-MF) et de l'extrait aqueux(EA-INF) pour 50% d'inhibition de radicaux libres de DPPH DE *Malva sylvestris*. Les valeurs données représentent la moyenne de trois mesures $\pm$ SEM

1.3. Etude des corrélations

Les corrélations obtenues entre les teneurs en composés phénoliques et l'activité antioxydante *in vitro* (test DPPH) mettent en évidence une relation positive (**Tableau VI**). Les phénols totaux présentent la corrélation élevée avec l'activité antiradicalaire ($r = 0,88$), suivis des flavonoïdes totaux ($r = 0,60$), tandis que les tanins condensés montrent la corrélation la plus forte ($r = 0,95$).

Tableau VI : Corrélations entre la teneur en composés phénoliques des extraits et l'activité antioxydante (test DPPH).

	Teneurs en phénols		
	Phénols totaux	Flavonoïdes totaux	Tanins condensés
Activité antioxydante <i>in vitro</i> (DPPH)	0,88	0,60	0,95

2. Discussion

Le stress oxydatif est reconnu comme un déséquilibre majeur entre la production d'espèces réactives de l'oxygène et les défenses antioxydantes de l'organisme. Ce phénomène est impliqué dans le vieillissement cellulaire et dans de nombreuses pathologies chroniques. Dans ce contexte, les antioxydants naturels issus des plantes médicinales suscitent un intérêt croissant, car ils offrent une protection multifactorielle : piégeage direct des radicaux libres, modulation des enzymes antioxydantes endogènes et chélation des métaux pro-oxydants. Plusieurs travaux récents confirment cette importance, notamment Valko et al. (2024), qui soulignent le rôle des polyphénols dans la prévention du stress oxydatif, et Sies & Jones (2025), qui mettent en évidence la fonction des ROS comme agents de signalisation physiologique mais aussi comme facteurs de déséquilibre pathologique.

Dans ce cadre, l'étude de *Malva sylvestris* illustre bien la relation entre la composition phénolique et l'activité antioxydante. Nos résultats montrent que l'infusion à chaud (EA-INF) favorise une meilleure extraction des phénols totaux (77,92 %) et des flavonoïdes totaux (105 %) par rapport à la macération (EA-MF), bien que ces différences ne soient pas statistiquement significatives. En revanche, les tanins condensés sont légèrement plus abondants dans l'extrait obtenu par macération, avec une supériorité d'environ 9 %. L'évaluation de l'activité antioxydante par le test DPPH confirme que l'infusion à chaud est plus efficace, avec une CI_{50} plus faible (60,76 %) que celle de la macération, traduisant une meilleure capacité de l'extrait chaud à piéger les radicaux libres.

Les corrélations obtenues entre la teneur en polyphénols et l'activité antioxydante renforcent cette interprétation. Les tanins condensés présentent la corrélation la plus forte ($r = 0,95$), suivis des phénols totaux ($r = 0,88$), tandis que les flavonoïdes montrent une relation plus modérée ($r = 0,60$). Ces données indiquent que les tanins et les phénols totaux sont les principaux contributeurs au pouvoir antiradicalaire de *Malva sylvestris*. Ces résultats rejoignent ceux de Memdueva et al. (2025), qui ont montré que les extraits éthanoliques de *Malva sylvestris* présentaient des teneurs élevées en phénols et flavonoïdes, avec une corrélation positive entre ces composés et l'activité antioxydante mesurée par DPPH. De même, Tzanova et al. (2025) ont rapporté une activité antioxydante élevée dans les extraits de fleurs, confirmant le rôle central des polyphénols dans la défense contre le stress oxydatif. Enfin, Zeinab et al.

(2025) ont mis en évidence que la plante augmente ses défenses antioxydantes en réponse au stress hydrique, soulignant l'importance adaptative de ces métabolites secondaires.

La comparaison avec d'autres plantes médicinales, telles que *Artemisia absinthium* et *Lavandula stoechas*, confirme que la teneur en polyphénols et flavonoïdes est directement liée à l'activité antioxydante, et que les conditions d'extraction influencent fortement la disponibilité des composés bioactifs. Ces convergences renforcent l'idée que l'activité antioxydante des plantes repose sur une synergie entre différents groupes de polyphénols, avec une prédominance des tanins et des phénols totaux.

En somme, l'infusion à chaud apparaît comme le procédé le plus adapté pour optimiser l'extraction des composés phénoliques et l'activité antioxydante de *Malva sylvestris*. Nos résultats, en accord avec la littérature récente (Valko et al., 2024 ; Sies & Jones, 2025 ; Memdueva et al., 2025 ; Tzanova et al., 2025 ; Zeinab et al., 2025), confirment que cette plante constitue une source naturelle d'antioxydants, avec des applications potentielles en nutrition fonctionnelle et en phytothérapie. Ils soulignent également l'importance de choisir des conditions d'extraction appropriées pour maximiser l'efficacité biologique des extraits végétaux et renforcer leur valeur thérapeutique.

CONCLUSION

CONCLUSION

Le présent travail a permis de mettre en évidence l'impact des procédés d'extraction aqueuse (macération et infusion à chaud) sur la composition phytochimique et l'activité antioxydante des feuilles de *Malva sylvestris* L. récoltées dans la région de Bogous (El Tarf).

L'analyse qualitative et quantitative a confirmé la richesse de cette plante en métabolites secondaires bioactifs, notamment les polyphénols totaux, les flavonoïdes et les tanins condensés.

Les résultats ont montré que l'infusion à chaud favorise une meilleure extraction des phénols et flavonoïdes, et présente une activité antioxydante supérieure (CI_{50} plus faible), tandis que la macération conserve légèrement plus de tanins condensés. Les corrélations établies confirment le rôle majeur des tanins et des phénols totaux dans le pouvoir antiradicalaire, suggérant une synergie entre les différents constituants bioactifs.

Ces observations démontrent que *Malva sylvestris* constitue une source naturelle prometteuse d'antioxydants, avec des applications potentielles en phytothérapie, nutraceutique et cosmétique. Elles soulignent également que l'efficacité biologique d'un extrait végétal dépend non seulement de sa composition quantitative, mais aussi de la complexité de sa matrice chimique et des interactions entre ses constituants.

Perspectives :

- ❖ Réaliser des études complémentaires d'identification et de caractérisation des molécules spécifiques responsables de l'activité antioxydante (acides phénoliques, polysaccharides, vitamines hydrosolubles).
- ❖ Étendre l'évaluation biologique par des essais *in vivo*, afin de confirmer l'efficacité et la sécurité des extraits dans des modèles physiologiques.
- ❖ Explorer l'effet de différents solvants et techniques d'extraction (ultrasons, micro-ondes, extraction assistée par enzymes) pour optimiser la récupération des composés bioactifs.
- ❖ Étudier la synergie entre les constituants de *Malva sylvestris* et d'autres plantes médicinales locales, dans une perspective de formulation de compléments alimentaires ou de produits pharmaceutiques.

-
- ❖ Valoriser cette espèce dans le domaine cosmétique, notamment pour ses propriétés anti-âge et protectrices contre le stress oxydatif cutané.

CONCLUSION

En conclusion, les résultats obtenus mettent en évidence le potentiel antioxydant intéressant de *Malva sylvestris* et ouvrent la voie à une valorisation multidimensionnelle de cette plante, tant sur le plan scientifique qu'industriel.

Références bibliographiques

- A**uberval, N. (2010). *Polyphénols et protection cardiovasculaire*. Université de Strasbourg.
- Adouane, 2016 ADOUANE, S. (2016). *Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région méridionale des Aurès* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).
- Ansi Chang, M.D., Wallace W. Tourtellotte, M.D., Ph.D., Richard Rudick, M.D., and Bruce D. Trapp, Ph.D. Author Info & Affiliations January 17, 2002 N Engl J Med 2002;346:165-173 DOI: 10.1056/NEJMoa010994 VOL. 346 NO. 3 Copyright © 2002
- B**atiha, G. E.-S., Tambo Tene, S., Teibo, J. O., Shaheen, H. M., et al. (2022). The phytochemical profiling, pharmacological activities, and safety of *Malva sylvestris*: A review. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 396(3), 421–440. <https://doi.org/10.1007/s00210-022-02329-w>
- Batiha, G. E.-S., Tambo Tene, S., Teibo, J. O., Shaheen, H. M., et al. (2022). *The phytochemical profiling, pharmacological activities, and safety of Malva sylvestris: a review*. *NaunynSchmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 396(3), 421–440.
- Beloued, A. (2001). *Plantes médicinales d'Algérie*. Office des Publications Universitaires.
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292> (doi.org in Bing)
- Beddou, F. (2015). *Etude phytochimique et activités biologiques de deux plantes médicinales Université Abou Bekr Belkaid: Tlemcen, Algeria*.
- Blois, M.S. (1958). Antioxidant determinations by the use of stable free radical. *Nature*, 26, 1199–1200
- C**ao, G., & Prior, R. L. (1999). Measurement of oxygen radical absorbance capacity in biological and food samples. *Free Radical Biology and Medicine*, 27(7–8), 1089–1099. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(99\)00107-0](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(99)00107-0) (doi.org in Bing)
- Cao, G., & Prior, R. L. (1999). *Measurement of oxygen radical absorbance capacity in biological and food samples*. *Free Radical Biology and Medicine*, 27(7–8), 1089–1099K
- D**JEBAILIS. (1978-1984) : *Steppe algérienne, phyto-sociologique et écologie*, Off. Publ. Univ., Alger, 178 p. et annexes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- E**lqaj, M., Ahami, A. et Belghyti, D. (2007). La phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antiparasitaires. Journée scientifique "ressources naturelles et antibiotiques". Maroc.
- F**avier, A., Cadet, J., Kalyanaraman, B., & Packer, L. (2003). Stress oxydatif et antioxydants : concepts et implications. Paris : Lavoisier.
- G**hédira, K., & Goetz, P. (2016). *Malva sylvestris* L. : propriétés pharmacologiques et usages traditionnels. *Phytothérapie*, 14(1), 68–72. <https://doi.org/10.1007/s10298-015-0976-2> (doi.org in Bing)
- Gudej, J. (2003). Flavonoids and anthocyanins in *Malva sylvestris* L. flowers. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 60(5), 313–316.
- Guillaume, D., & Charrouf, Z. (2005). Saponines et métabolites secondaires de l'arganier (*Argania spinosa*). *Cahiers Agricultures*, 14(6), 509–516 (1). Consulté à l'adresse <https://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/30545>
- Ghedira, K. (2005). Flavonoids: structure, biological activities, prophylactic function and therapeutic uses. *Phytothérapie*, 3, 162-169.
- H**arborne, 1973 HARBORNE, J. 'Méthodes phytochimiques: Un guide pour des techniques d'analyses des plantes'', Ed. *Chapman, Londres*, 1973, p. 271.
- J**ulkenen –Tiito, R. (1985). Phenolics constituents in the leaves of northern willows: methods for the analysis of certain phenolics. *J Agric food chem*, 33, 213-217.
- Jörg & Peter, örg, Z., Peter, J. F. (2008). Alkaloid Biosynthesis :Metabolism and Trafficking. *Annual Review of Plant Biology*, vol. 59:735-769.
- Joelle Goudable,Alain Favier nutrition clinique et métabolisme 11(2),155-120,1997
- K**ulbacka, J., Choromańska, A., & Rembiałkowska, N. (2009). Oxidative stress in clinical pathology. *Polish Journal of Pathology*, 60(1), 1–7.
- Kyoung et al., 2017 JOO-KYOUNG, S. O. H. N. LA MORT, OBJET DE LA PAROLE AMOUREUSE DANS LE PREMIER LIVRE DES AMOURS DE RONSARD. ロンサル研究 = *Revue des amis de Ronsard*, 2017, no 30, p. 51-64.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Khoddami, A., Meredith, A. W. and Thomas, H. R.(2013).Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. *Molecules*, 18 : 2328-2375.
- L**arbi, M., & Ziani, S. (2019). Étude phytochimique et activité antioxydante de *Malva sylvestris*. Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2024). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 18(2), 118–126. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2024). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 18(2), 118-126. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>
- M**emdueva, G., Ivanova, D., & Petkova, N. (2025). Phytochemical composition and antioxidant activity of *Malva sylvestris* extracts obtained with different solvents. *Plants*, 14(3), 455–463. <https://doi.org/10.3390/plants14030455>
- Mauro, 2006Cahiers Ferdinand de SaussureNo. 59 (2006), pp. 41-54 (14 pages)Published By: Librairie Droz
- Macheix, 1996 MACHEIX, Jean-Jacques. Les composés phénoliques des végétaux: quelles perspectives à la fin du XXème siècle?. *Acta botanica gallica*, 1996, vol. 143, no 6, p. 473-479.
- N**icolescu et al., 2021 Jamet, A., Simonet, M., Bilgo, A., Behr, A., Monchablon, B., Buda, V., ... & Theveniaud, P. (2021). Énucléation prostatique au laser Holmium (HoLEP) pour les adénomes de gros volume (≥ 120 cm³). *Progrès en Urologie*, 31(13), 775.
- O**uédraogo, Salam Ouédraogo, Joël Bamouni, Abdou Banda, Harouna Kientega, Tatiana Ouédraogo, ... Patrice Zabsonré. (2021). 'Insuffisance Cardiaque à Fraction d'Éjection Altérée en Milieu Rural Africain : Caractéristiques Cliniques et Paracliniques à Ouahigouya (Burkina Faso). *HEALTH SCIENCES AND DISEASE*, 23(1). <https://doi.org/10.5281/hsd.v23i1.3245>
- P**into, D., et al. (2010). *Fungicidal capacities of methanolic extracts of Malva sylvestris against Colletotrichum lindemuthianum*. *Journal of Plant Pathology*, 92(2), 439–445 Kulbacka, J., Choromańska, A., & Rembiałkowska, N. (2009). Oxidative stress in clinical pathology. *Polish Journal of Pathology*, 60(1), 1–7.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Pierre Girard, « Peuple et politique dans la pensée de Vincenzo Cuoco », *Laboratoire italien*, 1 | 2001, 53-63. <https://doi.org/10.4000/laboratoireitalien.395>

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9–10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3) (doi.org in Bing)

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). *Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay*. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9–10), 1231–1237.

Roman et al., 2007 H. Romana,, L. Friedericha, H. Khalilb, N. Marouteau-Pasquierc, P. Hochaind, L. MarpeauGynécologie Obstétrique & Fertilité 35 (2007) 38–40 <http://france.elsevier.com/direct/GYOBFE>

Sergent, O., Morel, I., Chevanne, M., Dubé, A., Cillard, P., & Cillard, J. (2001). Oxidative damage to cellular components by iron: Biochemical implications. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1504(2–3), 238–254. [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(00\)00248-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(00)00248-2)

Sharifi-Rad, J., Melgar-Lalanne, G., Hernández-Álvarez, A. J., Taheri, Y., Shaheen, S., et al. (2020). Pharmacological activities of Malva species: A review. *Phytotherapy Research*, 34(3), 546–567. <https://doi.org/10.1002/ptr.6554>

Sarasi ahmed ,malika kheloul université Mouloud mammeri, 2023

Si Ahmed, S., & Kheloul, M. (2023). Activité antibactérienne et antibiofilm de l'extrait aqueux de feuilles de Malva sylvestris L. Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri.

Sies, H., & Jones, D. P. (2025). Reactive oxygen species (ROS) as pleiotropic physiological signalling agents. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 26(3), 146–162. <https://doi.org/10.1038/s41580-024-00752-5> (doi.org in Bing)

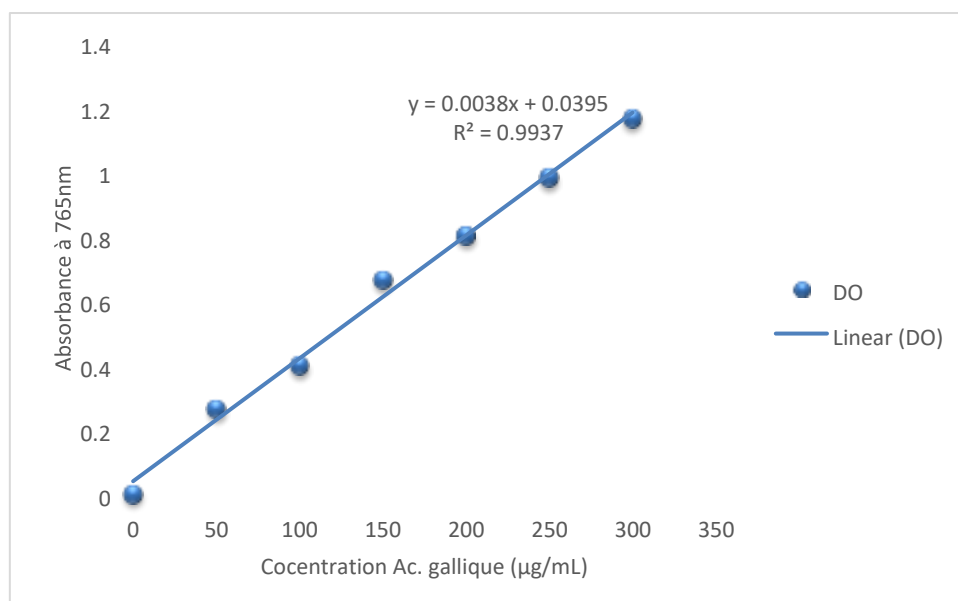
Sies, H., & Jones, D. P. (2025). Reactive oxygen species (ROS) as pleiotropic physiological signalling agents. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 26(3), 146–162.

Tzanova, M., Dimitrova, R., & Stoyanova, A. (2025). Comparative study of antioxidant properties of Malva sylvestris flowers and leaves. *Journal of Ethnopharmacology*, 310, 116124. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2025.116124>

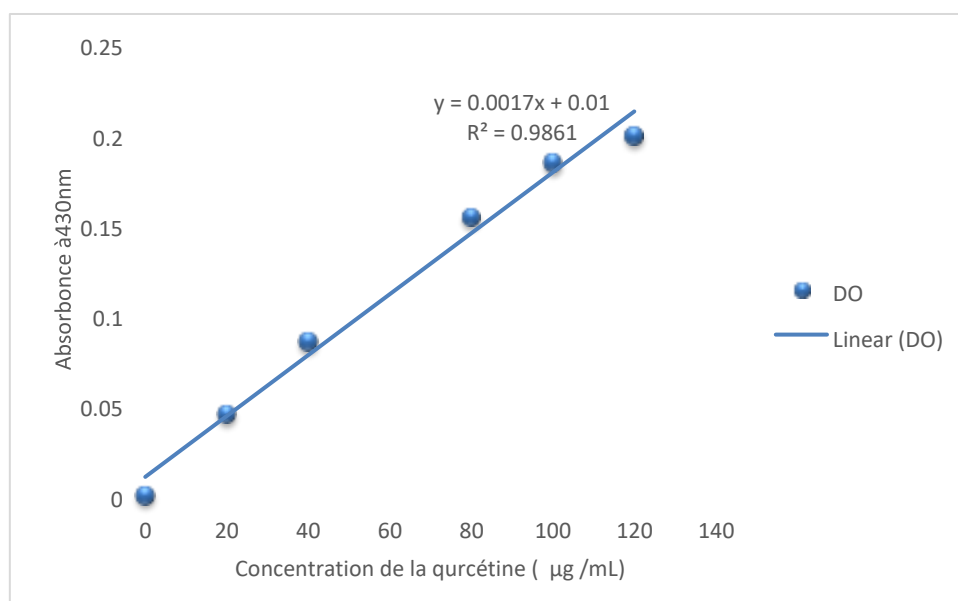
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- V**alko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., & Telser, J. (2024). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 146(2), 89–101. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2023.106124> (doi.org in Bing)
- VERPOORTE R. and ALFERMANN AW. (2000). *Metabolic Engineering of Plant Secondary Metabolism*. Kluwer Academic, Dordrecht.
- W**ollinger, A., et al. (2016). DPPH radical scavenging assay revisited. *Food Chemistry*, 210, 150–157. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.081> (doi.org in Bing)
- Z**einab, S., Khaled, R., & Benali, H. (2025). Adaptive response of *Malva sylvestris* to oxidative stress: Polyphenol biosynthesis and antioxidant defense. *Frontiers in Plant Science*, 16, 225–234. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.225234>
- Zhishen, J., Mengcheng, T., et Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.*, 64, 555- 559.

Annexes

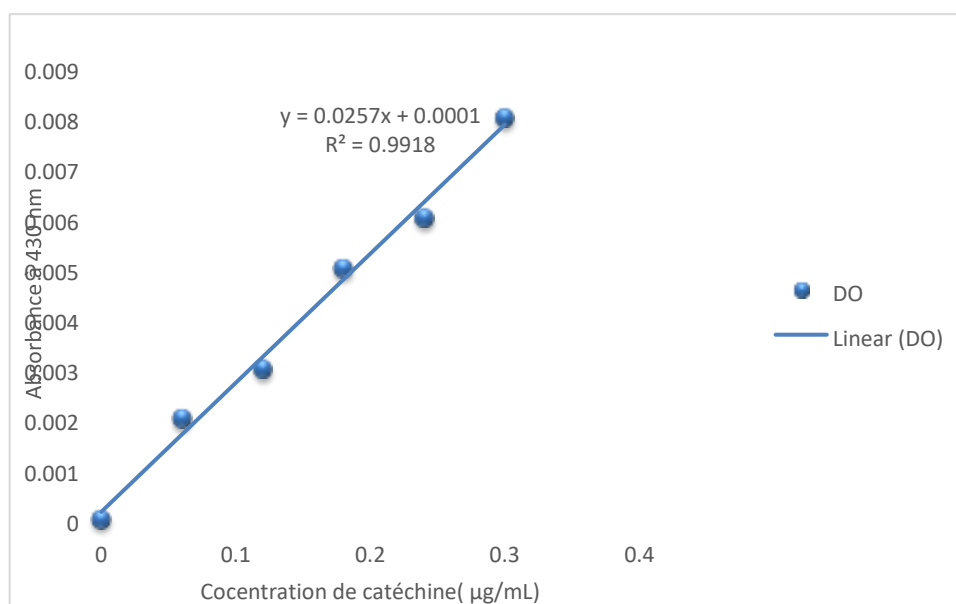


Annexe 1 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux.



Annexe 2 : Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes totaux.

ANNEXES



Annexe 3 : Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des tanins condensés.

Annexe 4 : listes des réactifs chimiques spécifiques utilisés

Réactifs	Nom complet (code)	Firme
RFC	Le réactif Folin-Ciocalteu	Sigma
AG	L'acide gallique	Biochem. (Chemopharma)
La Quercétine	/	Aldrich
La vanilline	/	Biochem. (Chemopharma)
La catéchine	/	Sigma
DPPH	2.2-diphényle-1-picrylhydrazyl	ALDER

