

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun –Tiaret–
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie moléculaire et cellulaire

Présenté par :

CHADJARA Arwa Fatima Zohra

BESTANI Chaima

Thème

**Caractérisation phytochimique et évaluation de
l'activité biologique de *Muscari comosum* L.**

Soutenu publiquement le juillet 2024

Jury:

Président: Dr. Abdelkader TADJ

Université de Tiaret

Examineur : Dr. Dhia GHARABI

Université de Tiaret

Encadrant: Prof. Mohamed BOUSSAID

Université de Tiaret

Co-encadrant: Dr. Abdelkader BENKHETTOU

Université de Tiaret

Année universitaire 2023-2024

Remerciements

Nous remercions au préalable DIEU pour nous avoir donné la vie, la santé, le courage, la force de parvenir à bout de ce travail. Nos remerciements s'adressent à M. BOUSSAID M Professeur pour avoir accepté d'être notre encadrant de mémoire et pour, ses encouragements, sa présence, son suivi tout au long du travail et sa patience. Notre haute considération est dédiée à M. BENKHETTOU A enseignant-chercheur Co-encadrant, dont les observations, les conseils et les recommandations nous ont permis de mener à bien ce travail .

Nous tenons à remercier M. TADJ A d'avoir accepté de présider le jury ;

Nos remerciements s'adressent à Mme GHARABI Dhia de faire part des membres de jury en tant qu'examinatrice.

Dédicace

À mes grands-parents,

Mes phares dans la tempête, vous qui m'avez transmis la force de vos racines, La sagesse de vos expériences et la chaleur de votre cœur.

À mes parents,

Qui m'ont toujours soutenu et encouragé dans mes études. Votre amour inconditionnel et votre confiance en moi m'ont permis d'aller au bout de ce projet.

À ma tante Kheira,

Qui a su m'écouter et me réconforter dans les moments les plus difficiles. Ton soutien et ta bienveillance ont été essentiels pour surmonter les défis.

À mes tantes Fatma et Senia,

Mes anges gardiens, mes confidents de toujours, vous qui m'avez entouré de votre tendresse et de votre sagesse, vos bras réconfortants, vos paroles apaisantes, votre présence bienveillante à éclairé mon chemin.

À mon oncle Abdelkader,

Mon mentor, mon confident, mon modèle de vie, vous qui m'avez guidé avec bienveillance et fermeté.

À mes chères frères Taha Youcef et Taib,

Mes complices, mes confidents, vous qui m'avez épaulé avec force et bienveillance.

À mes deux sœurs Asma et Hadjer,

Mes piliers de toujours

Depuis notre plus tendre enfance, nous avons parcouru ensemble les hauts et les bas de la vie. Votre présence rassurante et votre amour inconditionnel ont été mon roc dans les moments les plus difficiles.

À mes chères nounous Afnane, Mohamed et Abd Elkader

À mes amis Asma et Souhila,

Mes compagnons de route, mes confidents de toujours, vous qui m'avez épaulé avec une loyauté sans faille, os rires réconfortants, vos conseils avisés, ont été mon phare dans les moments de doute et de fatigue, votre présence bienveillante à illuminé mon chemin

À tous ceux qui ont cru en moi,

Et qui m'ont inspiré à repousser mes propres limites. Votre foi en mes capacités a été un moteur inestimable.

Ce mémoire vous est dédié, avec toute ma gratitude.

Arwa

Dédicace

Louange à Dieu au début et à la fin, car aucune voie ne s'épuise, aucun effort ne s'achève, et aucune poursuite ne s'accomplit sans Sa grâce.

Je dédie avec tout mon amour mon mémoire de fin d'études :

À mon âme forte qui a enduré tous les obstacles et a terminé malgré les difficultés.

À celle dont les prières ont été le secret de mon succès, à celle qui a été ma lumière dans mes moments d'obscurité, "ma mère", je te dédie cette réalisation qui n'aurait pas été possible sans tes sacrifices...

À mon père bien-aimé et mon soutien dans la vie...

À mon petit frère et la lumière de mes yeux, "Mohammed".

À celle qui a cru en moi et mes capacités, ma tante "Amina".

À ma grand-mère bien-aimée et ma deuxième mère.

À ma compagne de route et amie, "Ikram".

À ceux qui m'ont comblé d'amour et m'ont toujours donné la force, "ma famille" et "mes amies".

CHAIMA

ملخص

هذه الدراسة تستكشف التوصيف الكيميائي النباتي وتقييم النشاط الحيوي للنبات العنقودي التركيز على نوعين من المستخلصات (المائية والكحولية) من الأوراق والسيقان التي تم جمعها من أربعة مواقع في الجزائر. الهدف الرئيسي كان تحليل المواد الثانوية بشكل نوعي وكمي، بالإضافة إلى النشاط المضاد للأكسدة من خلال اختبار اختبار الجذر الحر 2,2-ثنائي الفينيل-1-بيكريل هيدرازيل أظهرت النتائج أن المستخلصات الكحولية تحتوي على تركيز أعلى من المركبات الفينولية والمركبات الستيرويدية مقارنة بالمستخلصات المائية، مما يشير إلى إذابة أفضل في الإيثانول. كما أظهرت التحاليل اختلافات كبيرة بين مواقع الجمع مما يؤكد تأثير البيئة على التركيب الكيميائي للنبات العنقودي.

الكلمات المفتاحية: ،النبات العنقودية' التوصيف الكيميائي النباتي، النشاط الحيوي، المستخلصات المائية، المستخلصات. الكحولية، اختبار اختبار الجذر الحر 2,2-ثنائي الفينيل-1-بيكريل هيدرازيل

Abstract: This study explores the phytochemical characterization and biological activity evaluation of *Muscari comosum* L., focusing on two types of extracts (aqueous and ethanolic) from leaves and stems collected from four sites in Algeria. The main objective was to qualitatively and quantitatively analyze the secondary metabolites as well as the antioxidant activity through the DPPH assay. The results indicate that the ethanolic extracts present a higher concentration of polyphenols and steroidal compounds compared to the aqueous extracts, suggesting better solubility in ethanol. The analyses also revealed significant variations between the collection sites, underscoring the impact of the environment on the chemical composition of *Muscari comosum*

Keywords: *Muscari comosum* L., phytochemical characterization, biological activity, aqueous extracts, ethanolic extracts, DPPH assay.

Résumé : Cette étude explore la caractérisation phytochimique et l'évaluation de l'activité biologique de *Muscari comosum* L., en se concentrant sur deux types d'extraits (aqueux et éthanoliques) des feuilles et des tiges prélevés sur quatre sites en Algérie. L'objectif principal était d'analyser qualitativement et quantitativement les métabolites secondaires ainsi que l'activité antioxydante à travers le test de DPPH. Les résultats indiquent que les extraits éthanoliques présentent une concentration plus élevée en polyphénols et en composés stéroïdiens par rapport aux extraits aqueux, suggérant une meilleure solubilité dans l'éthanol. Les analyses ont également révélé des variations significatives entre les sites de prélèvement, soulignant l'impact de l'environnement sur la composition chimique de *Muscari comosum*.

Mots clés: *Muscari comosum* L., caractérisation phytochimique, activité biologique, extraits aqueux , extraits éthanoliques, test de DPPH.

Listes des figures

Figure 1. <i>Muscari comosum</i> L.....	2
Figure 2. <i>Muscari comosum</i> L (a fleur; b feuilles; c pistil)	3
Figure 3. Forme libre et réduite de DPPH.....	7
Figure 4. Réduction du fer trivalent (Fe^{3+}) en fer divalent (Fe^{2+})	8
Figure 5. Formation du complexe (Fe^{2+} -TPTZ) à partir du complexe (Fe^{3+} -TPTZ).....	8
Figure 6. Bulbes de <i>Muscari comosum</i> L	10
Figure 7. Etapes de séchage	11
Figure 8. Broyat de bulbes de <i>Muscari comosum</i> L).....	11
Figure 9. Filtration de l'extrait.....	12
Figure 10. Evaporation du solvant.....	12
Figure 11. Etapes de préparation des extraits de <i>Muscari comosum</i>	13
Figure 12. Protocole du dosage des polyphénols	15
Figure 13. Protocole du dosage des flavonoïdes	16
Figure 14. Teneur totale en polyphénols des différents extraits.....	23
Figure 15. Teneur totale en flavonoïdes des différents extraits.....	24

Liste des tableaux

Tableau 1. Rendements des extraits de bulbes des différentes zones de prélèvements.....	19
Tableau 2. Présence des tanins dans les différents extraits	20
Tableau 3. Présence des terpénoides dans les différents extraits	21
Tableau 4. Présence de saponites dans chaque extrait.....	22
Tableau 5. Teneurs en stéroïdes de chaque extrait.....	23
Tableau 6. IC50 des différents extraits.....	25

Liste des abréviations

ABTS : sel d'ammonium de l'acide 2,2-azinobis- (3-éthylbenzothiazoline-6- sulfonique.).

DPPH : 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl.

EAG : équivalent acide gallique.

EQ : équivalent catéchine.

FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power.

IC50: Concentration inhibitrice à 50%

TRAP: Total Réactive Antioxidant Potentiel

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
ملخص	
Résumé	
Abstract	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	1

Synthèse bibliographique

1. Généralités sur <i>Muscari comosum</i> L.....	2
1.1. Classification taxonomique:	2
1.2. Description botanique:	3
1.3. Répartition géographique:	4
1.4. Les vertus médicinales:	Erreur ! Signet non défini.
2. Métabolites secondaires:	4
2.1. Classification:	5
2.1.1. Alcaloïdes:	5
2.1.2. Terpénoides:	5
2.1.3. Polyphénols:	5
a . Flavonoïdes:	5
b. Tanins:	6
2.1.4. Saponines.....	6
2.1.5. Stéroïdes.....	6
3. Activités biologiques.....	7
3.1. Activité antioxydante:	7

3.1.1. Les méthodes d'évaluation des propriétés antioxydants in vitro:	7
a. Test de DPPH:	7
b. Test de FRAP:	7
c. Test d'ABTS:	8
d. Test de TRAP:(Procédure d'amplification de répétition de télomères).....	8
3.2. Activité antimicrobienne:	9
3.3. Activité anti-inflammatoire:	9
3.4. Activité hémolitique:	9
3.5. Activité anti- hémolitique::.....	9

Matériel et Méthodes⁹

1. Objectifs.....	10
2. Matériel végétal	10
3. Méthodes	10
3.1. Préparation des extraits.....	10
3.1.1. Séchage.....	10
3.1.2. Broyage	11
3.1.3. Macération.....	11
3.1.4. Filtration	12
3.1.5. Évaporation	12
3.2. Détermination du rendement	13
3.3. Analyse phytochimique	14
3.3.1. Analyse qualitative	14
3.3.2. Analyse quantitative	14
3.3.2.1. Dosage des polyphénols totaux	16
3.3.2.2. Dosage des flavonoïdes	16
3.4. Activités antioxydante	17

Résultats et discussion

1. Rendement en extraits	19
2. Caractérisation phytochimique.....	19
2.1. Analyse Qualitative	19
2.1.1. Présence de Tanins	20
2.1.2. .Présence de terpénoïdes.....	20
2.1.3. .Présence de Saponines.....	21
2.1.4. Présence de Stéroïdes	22
2.2.Analyse Quantitative	23
<u>3.</u> Activité antioxydante	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion.....	27

Introduction

Introduction

Les plantes médicinales ont joué un rôle central dans la médecine traditionnelle depuis des siècles, offrant des solutions thérapeutiques naturelles pour divers maux avant l'avènement de la médecine moderne. Leur importance continue d'être reconnue à l'échelle mondiale, notamment dans les pays en développement où environ 80% de la population dépend encore des médecines traditionnelles à base de plantes pour leurs besoins de santé primaires (OMS, 2020).

L'attrait particulier des plantes médicinales réside dans leur richesse en métabolites secondaires, des composés organiques non essentiels au métabolisme de base des plantes mais qui jouent un rôle crucial dans leur adaptation aux environnements variés et dans leur interaction avec d'autres organismes (Wink, 2010). Ces métabolites, tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les terpénoïdes et les alcaloïdes, confèrent aux plantes médicinales une diversité d'activités biologiques, y compris des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antimicrobiennes, et anticancéreuses (Atanasov et al., 2015; Sharma et al., 2012).

Dans ce contexte, le *Muscari comosum* L., communément appelé "*Muscari à toupet*", une plante bulbeuse, présente un intérêt particulier en Algérie. Outre son importance culturelle et esthétique, le *Muscari comosum* est utilisé dans la médecine traditionnelle algérienne pour ses propriétés médicinales variées. Cette étude vise à caractériser phytochimiquement la partie bulbe de cette plante et à évaluer son activité biologique, en particulier ses propriétés antioxydantes.

Le choix de ce sujet de mémoire s'inscrit donc dans la volonté de valoriser et d'approfondir la connaissance scientifique sur le *Muscari comosum* en Algérie. En explorant sa caractérisation phytochimique et en évaluant son activité biologique, cette étude contribuera à enrichir la base de données scientifique sur cette plante médicinale, tout en explorant ses potentielles applications thérapeutiques et économiques.

Synthèse bibliographique

1. Généralités sur *Muscari Comosum* L

Muscari comosum L, également connu sous le nom de *Muscari à toupet* (Figure 1), est une plante vivace qui abonde dans les champs, sur les pelouses et les coteaux, fleurissant principalement en mai et juin. Elle présente des bulbes volumineux et rougeâtres, semblables à ceux de la jacinthe des jardins, et est dotée de nombreuses bulbilles pédonculées qui assurent sa reproduction annuelle. La hampe florale, munie de quelques feuilles allongées et en forme de gouttière, s'élève du bulbe principal et se termine par un long épi de fleurs. Les fleurs inférieures, fertiles, sont caractérisées par un périgone ovale à six dents, tandis que les fleurs supérieures, stériles, forment un élégant bouquet au sommet de la tige. Après la fécondation, l'ovaire, triangulaire, grossit et se transforme en une capsule trigone, à angles saillants, presque ailée. Elle s'ouvre au sommet, ses 3 valves se fendent par le milieu, et les graines noires qui étaient réunies 2 à 2 dans chaque loge se dispersent sur le sol. Il fleurit en mai et en juin (**Lecoq, 1858**).



Figure 1 *Muscari comosum* L (Hanaoui, 2015)

1.1. Classification taxonomique

Classification phylogénétique APG III (2009), par **Henaoui 2015**:

Règne: Plantae

Clade: Angiospermes

Clade: Monocots

Ordre: Asparagales

Famille: Asparagaceae (**Juss., 1789**).

Genre: *Muscari* Mill., (1754); *Bellevalia* Lapeyr., (1808)

Espèce: *Muscari comosum* (L.) Mill., (1768) = *Bellevalia comosa* (L.) Kunth (1843)

Noms communs

- Muscari à toupet
- Ail des vignes

1.2. Description botanique

Muscari comosum est une plante vivace de 20 à 50 cm, glabre, avec un gros bulbe brun ou rougeâtre. Elle possède 3 à 4 feuilles, assez longuement engainantes, en forme de gouttière, larges de 6 à 15 mm, avec des bords rudes. Les fleurs sont inodores, les inférieures sont brun-roussâtre, horizontales et espacées, tandis que les supérieures sont bleu-violet vif, regroupées en houppe terminale, formant ensemble une grappe très allongée à maturité. Le périanthe mesure de 7 à 8 mm de long, en forme de cloche tubuleuse. La capsule présente des valves larges de 6 à 8 mm, ovales-obtuses ou subaiguës (**Henaoui, 2015**).

Le *Muscari à toupet* possède un pédoncule de 30 à 50 cm; des feuilles très longues, dentelées ou ciliées sur leur bord; des fleurs cylindriques et anguleuses, de couleur purpurine; les fleurs supérieures sont stériles, longuement pédicellées et bleues. On le trouve dans les champs et les bois (**Le Maout, 1844**). Cette plante bulbeuse développe des feuilles linéaires vert moyen ainsi que des grappes de fleurs terminées au sommet par un toupet (**Beauvais, 2003**).

Comme le muscari, plusieurs liliacées caractérisent les zones de culture, les garrigues et les lieux herbeux, où elles fleurissent précocement durant deux ou trois mois au printemps. Ces plantes bulbeuses disparaissent dès le mois de juin et supportent bien le travail de la terre, qui peut même favoriser l'éparpillement de leurs bulbilles. Les liliacées à fleurs de type 3 possèdent six étamines et se caractérisent par leurs sépales et pétales identiques, formant six tépales (**Lemoine, 2005**).



Figure 2. *Muscari comosum* L (a fleur; b feuilles; c pistil)

1.3. Répartition géographique

Au sud, il végète en France, en Espagne et en Algérie. A nord, il existe dans l'Allemagne méridionale et en Belgique où il est rare. A l'occident, il est en Portugal. A l'orient, on le trouve en Suisse, en Italie, en Sicile, en Dalmatie, en Hongrie, en Croatie, en Transylvanie, en Tauride, en Géorgie, dans le Talisch, dans la Russie australe (**Lecoq, 1858**).

1.4. Les vertus médicinales

Le *Muscari Comosum* a été utilisé à des fins médicinales traditionnelles dans certaines cultures. Selon les pratiques traditionnelles, on attribue au *Muscari* les propriétés médicinales suivantes (source: https://pensezsauvage.org/graines_bio_de_fleurs/muscari-a-toupet)

a. Diurétique

Il était parfois utilisé pour favoriser la diurèse, c'est-à-dire l'augmentation de la production d'urine, ce qui pouvait être utile pour éliminer les toxines du corps.

b. Laxatif

Certaines cultures attribuent au *Muscari* des propriétés laxatives, pouvant aider à soulager la constipation.

c. Antispasmodique

Il était parfois également employé afin de diminuer les spasmes musculaires et d'atténuer les crampes.

2. Métabolites secondaires

2.1. Définition des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont des composés organiques produits par les organismes vivants, tels que les plantes, les champignons et certains micro-organismes, mais qui ne sont pas directement impliqués dans les processus de croissance, de développement ou de reproduction primaires de l'organisme. Ces composés sont souvent synthétisés en réponse à des stress environnementaux, des prédateurs ou d'autres stimuli et remplissent diverses fonctions écologiques, comme la défense contre les herbivores, l'attraction des pollinisateurs, ou encore la compétition avec d'autres espèces (**Hanson, 2003**).

2.2. Classification

2.2.1. Alcaloïdes

Les terpènes, ou isoprénoïdes, forment une classe diversifiée de métabolites secondaires. Leur structure repose sur des unités isopréniques reliées, conformément à la règle de l'isoprène, et peut être linéaire ou cyclique (**Briemann et al., 2006**). Les terpènes remplissent de nombreuses fonctions : arômes, parfums, antibiotiques, hormones végétales et animales, composants de membranes lipidiques, attractifs pour les insectes, agents anti-alimentaires, et participent aux processus de transport d'électrons (**Crozier et al., 2008**). Ils se caractérisent par leur capacité à former des sels avec des acides, ce qui leur permet de complexer des ions métalliques. Cette propriété de formation de sels et de complexations avec des ions métalliques a été un atout dans leur séparation et leur détection à une époque où la chromatographie n'était pas encore disponible (**Hanson, 2003**).

2.2.2. Terpénoides

Les terpènes, ou isoprénoïdes, forment une classe diversifiée de métabolites secondaires. Leur structure repose sur des unités isopréniques reliées, conformément à la règle de l'isoprène, et peut être linéaire ou cyclique (**Briemann et al., 2006**). Les terpènes remplissent de nombreuses fonctions : arômes, parfums, antibiotiques, hormones végétales et animales, composants de membranes lipidiques, attractifs pour les insectes, agents anti-alimentaires, et participent aux processus de transport d'électrons (**Crozier et al., 2008**).

2.2.3. Polyphénols

Le terme "polyphénols" est souvent utilisé pour désigner tous les composés phénoliques présents dans les plantes. Toutefois, il devrait être réservé aux molécules possédant plusieurs groupes phénoliques. Par conséquent, le terme plus approprié serait "composés phénoliques", englobant les mono, les di et les polyphénols, qui contiennent respectivement une, deux ou plusieurs fonctions phénoliques (**Fleuriet et al., 2005**).

a. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont dérivés de la flavone et se caractérisent par des structures composées de deux anneaux de benzène séparés par une unité de propane. Typiquement hydrosolubles, ils sont couramment présents dans les plantes sous forme glycosilée. Les différentes classes de flavonoïdes comprennent les chalcones, les flavones, les flavonols, les flavanones, les

anthocyanines et les isoflavones, se distinguant par leurs anneaux hétérocycliques contenant de l'oxygène et des groupes hydroxyles (**Williams et Grayer, 2004**).

b. Tanins

Le terme "tanin" vient de sa capacité à tanner la peau animale pour produire du cuir. Les tanins sont des polyphénols de poids moléculaire élevé, riches en hydroxyles, et peuvent former des complexes insolubles avec des glucides, des protéines et des enzymes digestives, ce qui diminue la digestibilité des aliments. Ils ont également la capacité de se lier à la cellulose et à divers minéraux (**Alkurd et al., 2008**).

2.2.4. Saponines

Les saponosides ou saponines constituent un vaste groupe d'hétérosides très fréquents chez les végétaux. Ils sont caractérisés par leurs propriétés tensioactives. Ils se composent d'aglycones non polaires liés à un ou plusieurs sucres. Cette combinaison d'éléments structuraux polaires et non polaires explique leur comportement moussant en solution aqueuse (**Bruneton, 1999**).

2.2.5. Stéroïdes

Bien que distincts des terpènes, le stéroïde est une classe abondante de composés naturels. Contrairement aux terpènes, il dérive de la biodégradation des triterpènes.

Son squelette de 17 carbones adopte un système tétracyclique caractéristique. Ce squelette provient de la transformation enzymatique du squalène, un triterpène achiral.

Le squalène résultant de la dimérisation réductrice du pyrophosphate de farnésyle. Une époxydation enzymatique le convertit en un énantiomère unique avec un seul centre chiral. Malgré leurs différences, les stéroïdes partagent l'origine biosynthétique des terpènes, conférant à ces molécules leurs propriétés biologiques singulières (**Roux et Odile, 2007**).

3. Activités biologiques

3.1. Activité antioxydant

Le terme "activité antioxydante" désigne la vitesse constante à laquelle se produit la réaction entre un antioxydant spécifique et un oxydant donné (Flieger et al., 2021).

3.1.1. Les méthodes d'évaluation des propriétés antioxydants in vitro

a. Test de DPPH

La méthode de mesure du pouvoir antioxydant avec le DPPH (2,2-Diphényl-picrylhydrazine) se base sur la capacité d'un composé à réduire le radical DPPH°. Ce processus provoque un changement de couleur de la solution, passant du violet au jaune en présence d'un agent antiradicalaire. Pour évaluer cette réaction, on mesure l'absorbance de la solution à 517 nm via spectrophotométrie. Ce changement de couleur reflète le pouvoir antioxydant (Hama et al., 2019).

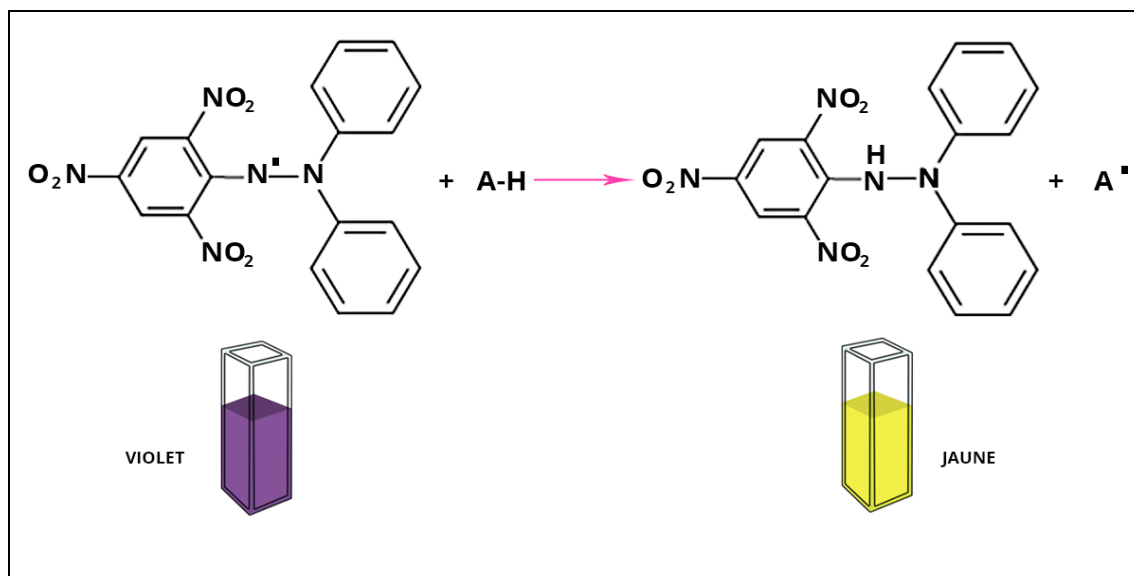


Figure 3. Forme libre et réduite de DPPH

b. Test de FRAP

La réduction du fer est un bon indicateur de l'activité antioxydante des composés phénoliques, qui agissent en tant que donneurs d'électrons. Ce processus est détecté par un changement de couleur de la solution d'essai, passant du jaune au bleu, en fonction de la concentration de l'extrait végétal (Oyaizu, 1986).

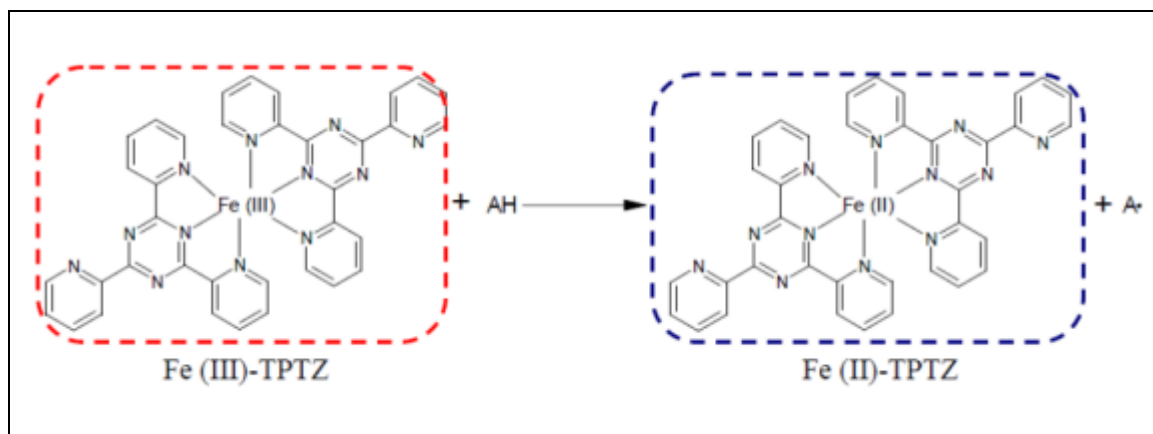


Figure 4. Réduction du fer trivalent (Fe^{3+}) en fer divalent (Fe^{2+}) (Oyaizu, 1986)

c. Test d'ABTS

Ce test repose sur la capacité d'un antioxydant à convertir le radical cationique ABTS E^+ (vert bleu) en forme incolore ABTS, le stabilisant ainsi. Initialement, le radical ABTS E^+ est généré en présence d'ions persulfates.



En présence d'un antioxydant, la transition du radical $\text{ABTS}^{\bullet+}$ vers sa forme non radicale entraîne la disparition de la coloration vert bleu intense, mesurable par la densité optique à une longueur d'onde de 734 nm. Ce test, simple, opérationnel et reproductible, peut être adapté à divers milieux (Bouchoka, 2016).

d. Test de TRAP:(Procédure d'amplification de répétition de télomères)

Ce test évalue comment les antioxydants réduisent le fer ferrique Fe^{3+} et un complexe incolore (2,3,5-chlorure de triphényl-1,3,4-triaza-azoniacyclopenta-1,4-diène) en ferreux Fe^{2+} (bleu foncé) dans un milieu acide (pH 3,6). L'absorption est mesurée à 593 nm (Haida et Hakiman, 2019; Prabhu et al.,2020).

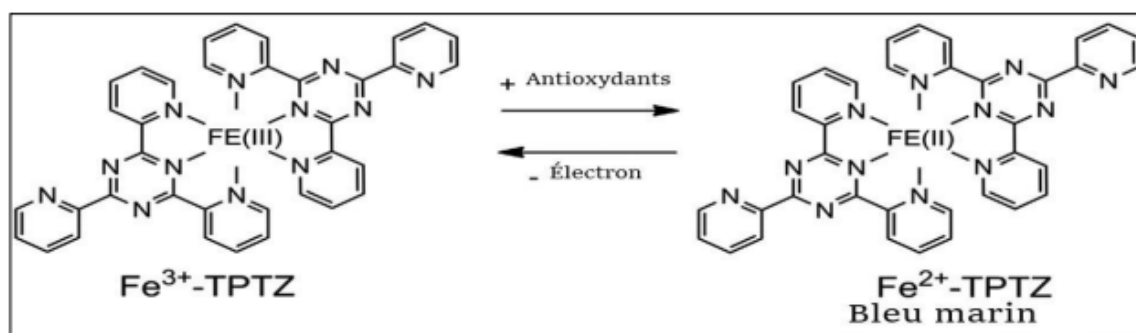


Figure 5. Formation du complexe (Fe^{2+} -TPTZ) à partir du complexe (Fe^{3+} -TPTZ) par antioxydants (Haida et Hakima, 2019)

3.2. Activité antimicrobienne

L'activité antibactérienne d'une molécule désigne sa capacité à agir soit bactéricidement, soit bactériostatiquement sur une bactérie. Les composés phénoliques extraits des plantes médicinales sont connus pour leur rôle défensif contre divers micro-organismes (**Nothlings et al., 2007**).

3.3. Activité anti-inflammatoire

Un des tests couramment utilisés pour mesurer l'activité anti-inflammatoire in vitro des extraits de plantes est le test d'inhibition de la production de cytokines pro-inflammatoires, telles que l'interleukine-6 (IL-6) ou le facteur de nécrose tumorale alpha (TNF-alpha), par les cellules immunitaires ou les cellules inflammatoires. Ce test permet de déterminer l'effet suppressif de l'extrait de plante sur l'inflammation en culture cellulaire, fournissant ainsi des indications sur son potentiel thérapeutique anti-inflammatoire (**Yoon et Baek, 2005**).

3.4. Activité hémolytique

Le test hémolytique permet d'évaluer la capacité d'une substance à causer la rupture des érythrocytes (globules rouges). Son principe repose sur la sensibilité des érythrocytes à cette rupture, détectable par des mesures d'absorbance (**Liu et al., 2019**).

3.5. Anti- hémolytique

Ce test permet de suivre l'impact, qu'il soit bénéfique ou néfaste, d'un traitement sur la capacité de défense de l'organisme contre les radicaux libres. Les globules rouges demeurent résistants à cette agression jusqu'à ce que leur membrane subisse des altérations, entraînant la libération de leur contenu (**Maamri, 2008**).

La lyse des cellules sanguines est déclenchée par des agents générateurs de radicaux libres qui perturbent la membrane plasmique, tels que le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) et le trichlorure de fer (FeCl₃) (**Chouikh, 2015**).

Matériel et Méthodes

1. Objectif

L'objectif principal de ce travail de recherche est de caractériser phytochimiquement et d'évaluer l'activité antioxydante des extraits aqueux et éthanoliques des bulbes de *Muscari comosum* L., une plante qui pousse naturellement dans plusieurs régions du pays.

2. Matériel végétal

L'étude a été réalisée sur des bulbes de *Muscari comosum* L (Fig. 06), collectés sur quatre différentes régions d'Algérie.

- Gartoufa, mois de mai 2024.
- Sougeur, mois de mai 2024.
- Tiaret (Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie), mois de mai 2024.
- Région de Tissemsilt, mois de mars 2024.



Figure 6. Bulbes de *Muscari comosum* L (photo originale)

3. Méthodes

3.1. Préparation des extraits

3.1.1. Séchage

Le séchage consiste à déshydrater le végétal, cette opération importante permet la conservation des principes actifs de la plante et sa protection contre toute dépréciation ou pourriture. Le rôle principal du séchage est de réduire la teneur en eau des plantes afin que les plantes puissent être stockées.

Les bulbes récoltés sont soigneusement triés pour exclure ceux présentant des dommages ou des signes de maladies visibles. Après un nettoyage minutieux pour éliminer la terre et les racines sèches, les bulbes sont ensuite découpés en petits morceaux et disposés dans des boîtes en carton. Ces boîtes sont ensuite placées dans une étuve réglée à 37°C pendant environ une semaine (Fig. 07), en remuant régulièrement les morceaux pour assurer un séchage uniforme et complet.



Figure 7. Etapes de séchage (a bulbe, b bulbes découpés, c fragments de bulbes en étuve)

3.1.2. Broyage

Mes morceaux secs des bulbes sont broyés à l'aide d'un broyeur électrique pour obtenir une poudre légèrement molle qui a été conservée dans un récipient bien couvert, à l'abri de la lumière (Fig. 08).



Figure 8. Broyat de bulbes de *Muscari comosum* L)

3.1.3. Macération

La macération est un procédé qui consiste à laisser des substances (végétales, alimentaires, etc.) tremper dans un liquide (eau, vin, huile, etc.) dans une température ambiante pendant une certaine durée afin d'en extraire les composés intéressants (arômes, couleurs, principes actifs, etc.). Nous avons préparé deux types d'extraits :

➤ **Extrait éthanol**

Pour extraire les composés des bulbes, nous avons utilisé un extrait éthanolique. Nous avons placé 50 g de poudre de bulbes dans un récipient en verre, recouvert de papier aluminium, et ajouté 500 ml de solvant extractif (éthanol à 70%). Le mélange a été laissé à macérer sous agitation pendant 24 heures, à température ambiante et à l'abri de la lumière.

➤ **Extrait aqueux**

50 g de poudre de bulbes est placée dans un récipient en verre recouvert d'un papier aluminium. En ajout 500 ml de l'eau distillée, le mélange est laissé à macérer pendant 24 heures sur un agitateur, à température ambiante.

3.1.4. Filtration

Les extraits ont ensuite été filtrés à l'aide de papier Whatman(Fig. 09).



Figure 9. Filtration de l'extrait

3.1.5. Évaporation

Les solvants ont été évaporés sous pression réduite en utilisant un évaporateur rotatif à une température de 40°C (concentration de l'extrait). Les filtrats obtenus ont été déshydratés dans une étuve à 37 °C pour obtenir un résidu sec, qui a ensuite été conservé dans une boîte propre (Fig. 10).



Figure 10. Evaporation du solvant

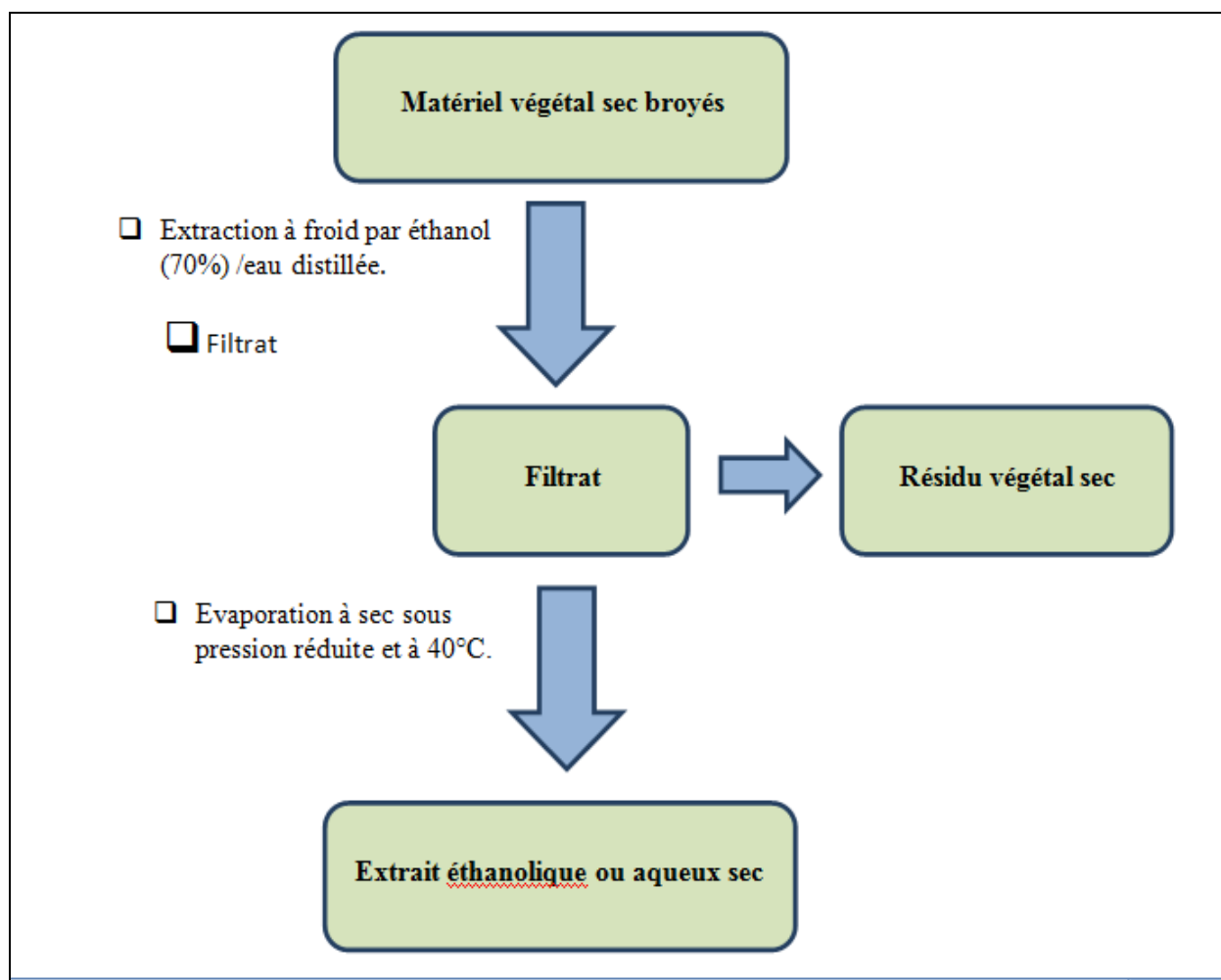


Figure 11. Etapes de préparation des extraits de *Muscari comosum*

3.2. Détermination du rendement

Le rendement d'extraction est la proportion de la quantité d'analyte extrait à la quantité de broyat de la plante initiale. Il est calculé selon la formule suivante:

$$R\% = (m2/m1) \cdot 100$$

R: rendement d'extraction en pourcentage.

m2: masse de l'extrait après évaporation du solvant en gramme.

m1: masse de poudre végétale traitée en gramme

3.3. Analyse phytochimique

3.3.1. Analyse qualitative

3.3.1.1. Dosage des Tanins totaux

Un volume de 1 ml d'extrait aqueux a été mélangé avec 1 ml de réactif de chlorure ferrique (FeCl_3) à 1 %. La formation d'une coloration bleu-noire ou brun-verdâtre a été observée, ce qui indique la présence de tanins dans l'extrait (**selon Gheffour et al, 2015**).

3.3.1.2. Dosages des Térépénoïdes

0,5 g d'extrait de chaque région ont été mélangés séparément avec 2 ml de chloroforme, suivis de l'ajout de 2 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré. La formation d'une coloration brun-rouge a été enregistrée dans chaque cas, indiquant la présence de terpènes dans les extraits, conformément aux résultats rapportés par **Iqbal et al. en 2015**.

3.3.1.3. Dosage des Saponines

Chaque extrait a été mélangé avec 3 ml d'eau distillée. Ces mélanges ont été fortement agités dans un bain-marie. La formation d'une mousse durable et stable a alors été constatée, révélant la présence de saponines dans les extraits, d'après les conclusions de l'étude retenue par **Kalita et al. (2011)**.

3.3.1.4. Dosage des Stéroïdes

Chaque extrait, à raison de 0,5 g, a été mélangé avec 3 ml de chloroforme. Après filtration, 2 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré ont été délicatement ajoutés pour former une couche inférieure. La formation d'un anneau brun-rougeâtre a alors été enregistrée, ce qui indique la présence de terpènes et de stéroïdes dans les extraits, conformément aux conclusions **d'Aiyegoro et Okoh en 2010**.

3.3.2. Analyse quantitative

3.3.2.1. Dosage des polyphénols totaux

Principe

Le réactif de Folin-Ciocalteu est une solution composée d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique, qui initialement est jaune. Lorsqu'il est mélangé avec des composés phénoliques et oxydé, ce réactif est réduit, produisant une coloration bleutée. L'intensité de cette couleur, mesurée à une longueur d'onde de 765 nm, est directement proportionnelle à la concentration de polyphénols présents dans l'échantillon. Cette réaction chimique caractéristique permet l'utilisation du réactif de Folin-Ciocalteu comme méthode de dosage des polyphénols dans les extraits végétaux (**Laraba, 2016**).

Mode opératoire

Les polyphénols totaux ont été quantifiés par spectrophotométrie à l'aide de la méthode colorimétrique avec le réactif de Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999). Cette méthode mesure la concentration totale des groupements hydroxyles dans l'extrait. Pour préparer la solution de chaque échantillon (feuille et rameaux), 1 milligramme de poudre a été dissoute dans un millilitre d'eau distillée. Ensuite, 200 μ l de chaque extrait ont été ajoutés dans des tubes à hémolyse en verre, auxquels 1 ml de réactif Folin-Ciocalteu dilué 10 fois a été ajouté. Les tubes ont été incubés pendant 5 minutes à température ambiante, à l'abri de la lumière. Par la suite, 800 μ l d'une solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 7,5 % ont été ajoutés à chaque tube. Les tubes ont été agités et maintenus pendant une demi-heure, puis l'absorbance a été mesurée à 765 nm (Fig. 11).

Une courbe d'étalonnage a été établie simultanément dans les mêmes conditions expérimentales avec des concentrations variables d'acide gallique (0 à 1000 $\mu\text{g/ml}$).

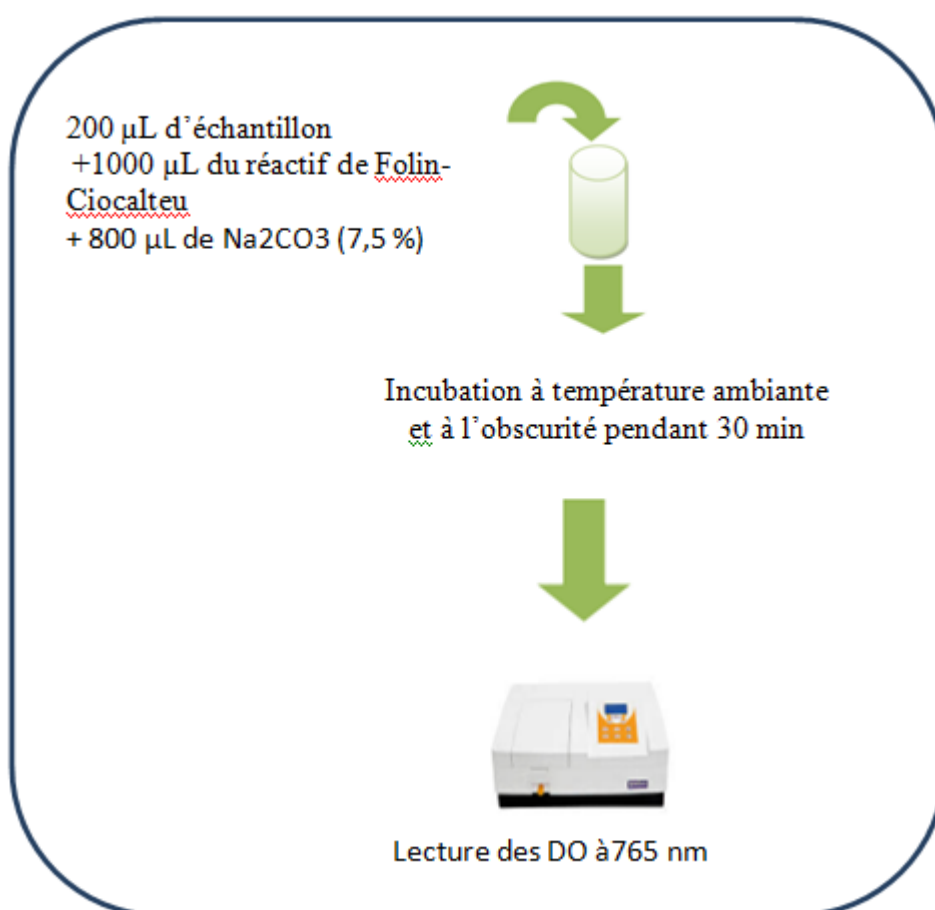


Figure 12. Protocole du dosage des polyphénols

3.3.2.2. Dosage des Flavonoïdes

Principe

La méthode utilisée pour quantifier les flavonoïdes repose sur la formation d'un complexe particulièrement stable entre le chlorure d'aluminium et les atomes d'oxygène situés sur les carbones 4 et 5 des molécules de flavonoïdes, comme l'a décrit **Lagnika en (2005)**.

Mode opératoire

Dans un tube en verre à hémolyse, 1 ml d'extrait a été mélangé avec 1 ml d' AlCl_3 à 2 % dans du méthanol. La solution a été vigoureusement agitée à l'aide d'un vortex, puis incubée dans l'obscurité pendant 15 minutes. L'absorbance a été mesurée instantanément à l'aide d'un spectrophotomètre à 430 nm par rapport au blanc (Fig. 12).

Une courbe d'étalonnage a été établie en utilisant des solutions filles préparées à partir d'une solution mère de quercétine, avec des concentrations allant de 0 à 1000 $\mu\text{g/ml}$.

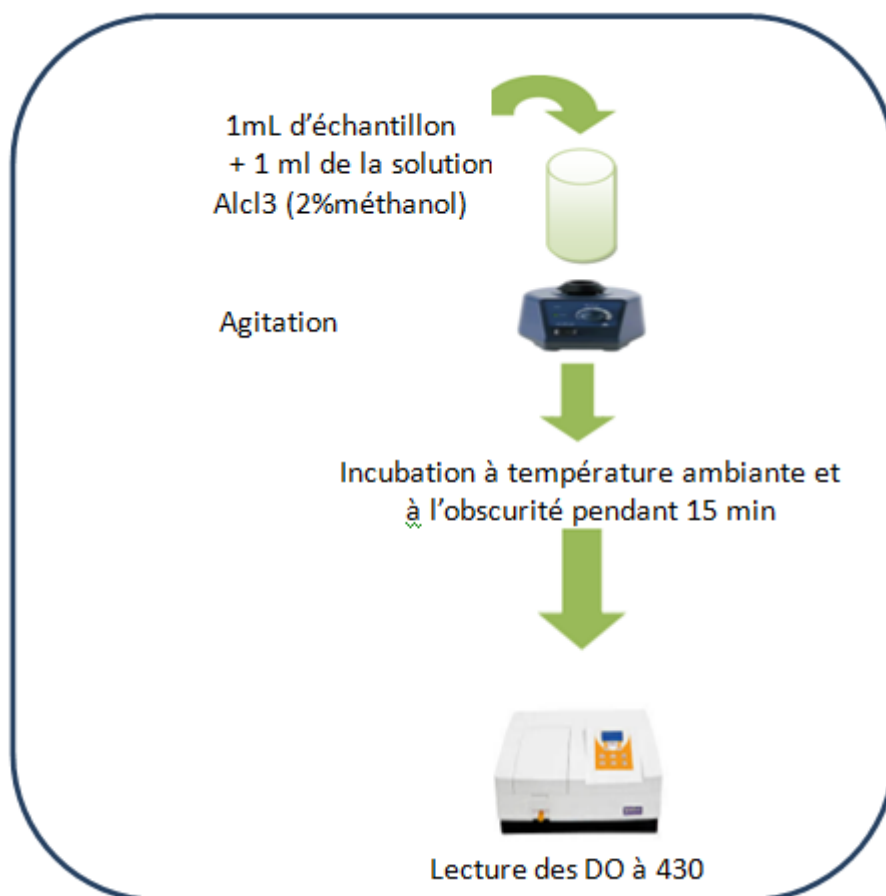


Figure 13. Protocole du dosage des flavonoïdes

3.4. Activités biologiques des composés phytochimique

3.4.1. Activité antioxydante

a. Mode opératoire

Préparation de la solution de DPPH

- Dissoudre 2 mg de DPPH dans 100 mL de méthanol
- Agiter pendant 15 minutes, filtrer et conserver la solution dans un flacon opaque

Préparation des échantillons

- Préparer une solution mère de chaque extrait végétal testé
- Préparer au moins 4 dilutions à partir de ces solutions mères, dans des solvants appropriés

Mélange des échantillons et de la solution de DPPH:

- Ajouter 1 ml de solution de DPPH à 200 µL de chaque échantillon, en triplicata
- Incuber 30 minutes à température ambiante et à l'obscurité

Mesure de l'absorbance

- Mesurer l'absorbance à 517 nm de chaque échantillon, contre un blanc de DPPH seul
- Plus l'absorbance est faible, plus l'activité antioxydante est élevée

Calcul de l'activité antioxydante

- Comparer l'absorbance des échantillons à celle du contrôle DPPH
- Une plus faible absorbance indique une plus grande capacité à neutraliser le radical DPPH

Le pourcentage d'inhibition (I%) du radical DPPH est calculé par:

$$I\% = ((A_c - A_t) / A_c) * 100$$

A_c: absorbance du contrôle négatif (blanc).

A_t: absorbance de l'extrait testé.

Résultats et discussions

1. Rendement en extraits

Le rendement a été déterminé par rapport aux différents échantillons de la plante étudiée, les résultats ont été exprimés en pourcentage de masse d'extrait par rapport à la masse végétale sèche. Les rendements des différents extraits de *Muscari comosum*L, sont renseignés sur le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Rendements des extraits de bulbes des différentes zones de prélèvement

Régions	Extraits aqueux	Extraits éthanoliques
Guertoufa	30%	10%
Sougueur	24,5%	14,5%
Tiaret	16,52%	20%
Tissemsilt	22,5%	36,75%

Les rendements des extraits aqueux et éthanoliques varient notablement selon les sites de prélèvement. À Guertoufa, les rendements des extraits aqueux sont plus élevés (30%) que ceux des extraits éthanoliques (10%), tandis qu'à Sougueur, bien que les rendements des extraits aqueux soient légèrement inférieurs (24,5%), ils restent plus élevés que ceux des extraits éthanoliques (14,5%). À Tiaret, les extraits éthanoliques montrent un rendement plus élevé (20%) par rapport aux extraits aqueux (16,52%), tandis qu'à Tissemsilt, les extraits éthanoliques affichent un rendement considérablement supérieur (36,75%) par rapport aux extraits aqueux (22,5%).

Cependant, il est difficile de comparer strictement nos résultats, car le rendement n'est que relatif. Il dépend de l'origine géographique, de la période de prélèvement du matériel végétal, de la partie de la plante prélevée, des conditions de séchage, du contenu de chaque espèce en métabolites secondaires, de la nature du solvant utilisé dans l'extraction et de la méthode d'extraction (Svoboda et Hampson, 1999 ; Smallfield, 2001 ; Mokhtari, 2021).

2. Caractérisation phytochimique

2.1. Analyse Qualitative

L'analyse qualitative vise à identifier les métabolites présents dans un échantillon sans nécessairement mesurer leur quantité exacte. Cela permet de déterminer la composition chimique globale de l'échantillon.

2.1.1. Présence de Tanins

L'analyse qualitative des tanins, réalisée sur les différents extraits aqueux et éthanoliques de *Muscari comosum* ont conduit à des résultats négatifs, quelle que soit l'origine géographique des échantillons (Guertoufa, Sougueur, Tiaret, Tissemsilt) (tableau 2).

Tableau 2. Présence des tanins dans différents extraits

Extrait	Résultat
Guertoufa aqueux	-
Sougueur aqueux	-
Tiaret aqueux	-
Tissemsilt aqueux	-
Guertoufa éthanolique	-
Sougueur éthanolique	-
Tiaret éthanolique	-
Tisemssilt éthanolique	-

La comparaison avec les résultats obtenus par M. Nasrabadi et al en 2013, sur la teneur en tanins des extraits méthanoliques des parties aériennes de *Muscari neglectum* ont été retrouvés au stade de floraison à Birjand, Iran, en mai 2011. Nous avons observé que les les résultats étaient négatifs, ce qui correspond aux mêmes résultats que nous avons obtenus.

2.1.2. Présence de terpénoïdes

Un premier élément notable est la différence de coloration liée aux extraits aqueux et éthanoliques. Les extraits éthanoliques présentent généralement des teintes plus soutenues, allant du brun clair au brun foncé, tandis que les extraits aqueux présentent des couleurs plus pâles, du brun clair au brun moyen.

Cette observation suggère une meilleure solubilité et extractibilité des composés térpénoïdes du *Muscari comosum* dans un solvant organique comme l'éthanol, comparé à l'eau.

Par ailleurs, on peut aussi remarquer des variations géographiques intéressantes, en particulier pour les extraits éthanoliques. Les échantillons provenant de Guertoufa et de Tiaret présentent une coloration plus foncée, suggérant des teneurs plus élevées en composés térpénoïdes. À l'inverse, les extraits de Sougueur affichent une teinte plus pâle, et celle de Tisemssilt affiche une teinte moyenne.

Les extraits aqueux de *Muscari comosum* présentent des différences de coloration allant du brun clair au brun foncé (tableau 3), reflétant des teneurs variables en composés terpénoïdes selon l'origine géographique des échantillons. Ainsi, l'extrait aqueux de Guertoufa arbore une teinte brun foncée, suggérant une concentration relativement élevée en terpénoïdes. À l'opposé, les extraits aqueux de Sougueur et Tissemsilt ont une coloration brun claire, indiquant des teneurs plus faibles en ces métabolites secondaires. L'extrait aqueux de Tiaret présente quant à lui une teinte brun moyenne, se situant entre les deux précédents.

D'après ces résultats, on déduit que le contenu en terpénoïdes dans les extraits examinés, dépend de la polarité du solvant utilisé pour la préparation des extraits.

Tableau 3. Présence des terpénoides dans les différents extraits

Extrait	Résultat	Couleur
Guertoufa aqueux	++++	Brun foncé
Sougueuraqueux	++	Brun claire
Tiaret aqueux	++	Brun claire
Tissemsilt aqueux	+++	Brun moyen
Guertoufa éthanolique	++++	Brun foncé
Sougueur éthanolique	+	Brun faible
Tiaret éthanoliques	++++	Brun foncé
Tisemssilt éthanolique	+++	Brun moyen

Les tests effectués par Nasrabadi et al en 2013, sur la teneur des extraits méthanoliques des parties aériennes de *Muscari neglectum* au stade de floraison à Birjand, Iran, signalent la présence de terpénoïdes au niveau de cette espèce.

2.1.3. Présence de Saponines

Les analyses qualitatives réalisées sur les différents extraits de *Muscari comosum* ont permis de mettre en évidence la présence de saponines dans certains échantillons, mais pas dans d'autres. Ainsi, l'extrait aqueux de site de Tiaret et l'extrait éthanolique de Tissemsilt se sont révélés positifs aux tests de détection des saponines, tandis que les extraits aqueux des sites Guertoufa, Sougueur, et Tissemsilt ainsi que les extraits éthanoliques des sites de Guertoufa, Sougueur et Tiaret, ont donné des résultats négatifs (tableau 4).

Tableau 4 . Présence de saponites de chaque extrait

Extrait	Résultat
Guertoufa aqueux	-
Sougueur aqueux	-
Tiaret aqueux	+
Tissemsilt aqueux	-
Guertoufa éthanolique	-
Sougueur éthanolique	-
Tiaret éthanolique	-
Tisemssilt éthanolique	+

Ces teneurs faibles en saponines dépassent celles qui ont été obtenues par M. Nasrabadi et al en 2013, sur la teneur en saponines des extraits méthanoliques des parties aériennes de *Muscari neglectum* ont été trouvées au stade de floraison à Birjand, Iran, en mai 2011, qui étaient tous négatifs.

2.1.4. Présence de Stéroïdes

Tout d'abord, la comparaison des extraits aqueux et éthanoliques met en évidence des différences significatives de teneur en composés stéroïdiens. Les extraits éthanoliques, quel que soit leur origine géographique, présentent une coloration allant de moyenne à foncée (tableau 5), indiquant une concentration plus élevée en métabolites secondaires de type stéroïdien. Cette observation suggère que les stéroïdes du *Muscari comosum* sont davantage solubles et extractibles dans un solvant organique comme l'éthanol, plutôt que dans l'eau.

Par ailleurs, les différences observées entre les régions, en particulier pour les extraits éthanoliques, méritent une attention particulière. Les échantillons provenant de Guertoufa, Tiaret et Tissemsilt affichent en effet une coloration plus foncée, laissant supposer des teneurs plus élevées en stéroïdes et celle de Sougueur affiche une coloration moyenne c'est-à-dire elle contient une teneur moyenne en stéroïdes.

Dans les extraits aqueux, on observe des niveaux relativement faibles de stéroïdes, et ce qui détermine la provenance géographique des échantillons (Guertoufa, Sougueur, Tiaret, Tissemsilt). Cela suggère que l'eau n'est pas un solvant particulièrement efficace pour l'extraction de ces métabolites secondaires.

Ces variations pourraient être liées à des facteurs environnementaux, qui influencent la production de ces métabolites secondaires par la plante.

Tableau 5. Teneurs en stéroïdes de chaque extrait

Extrait	Teneur	Couleur
Guertoufa aqueux	+	Faible
Sougueur aqueux	+	Faible
Tiaret aqueux	+	Faible
Tissemsilt aqueux	+	Faible
Guertoufa éthanolique	+++	Foncé
Sougueur éthanolique	++	Moyenne
Tiaret éthanolique	+++	Foncé
Tisemssilt éthanolique	+++	Foncé

Cependant ces résultats en stéroïdes restent faibles en comparaison à celles enregistrées par des parties aériennes de *Muscari neglectum* au stade de floraison à Birjand, Iran, analysées par M. Nasrabadi et al en 2013.

2.1.5. Analyse Quantitative

2.1.6. Teneur en Polyphénol

Les analyses quantitatives des phénols totaux, ont été déterminées à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage, tracée en utilisant l'acide gallique comme standard.

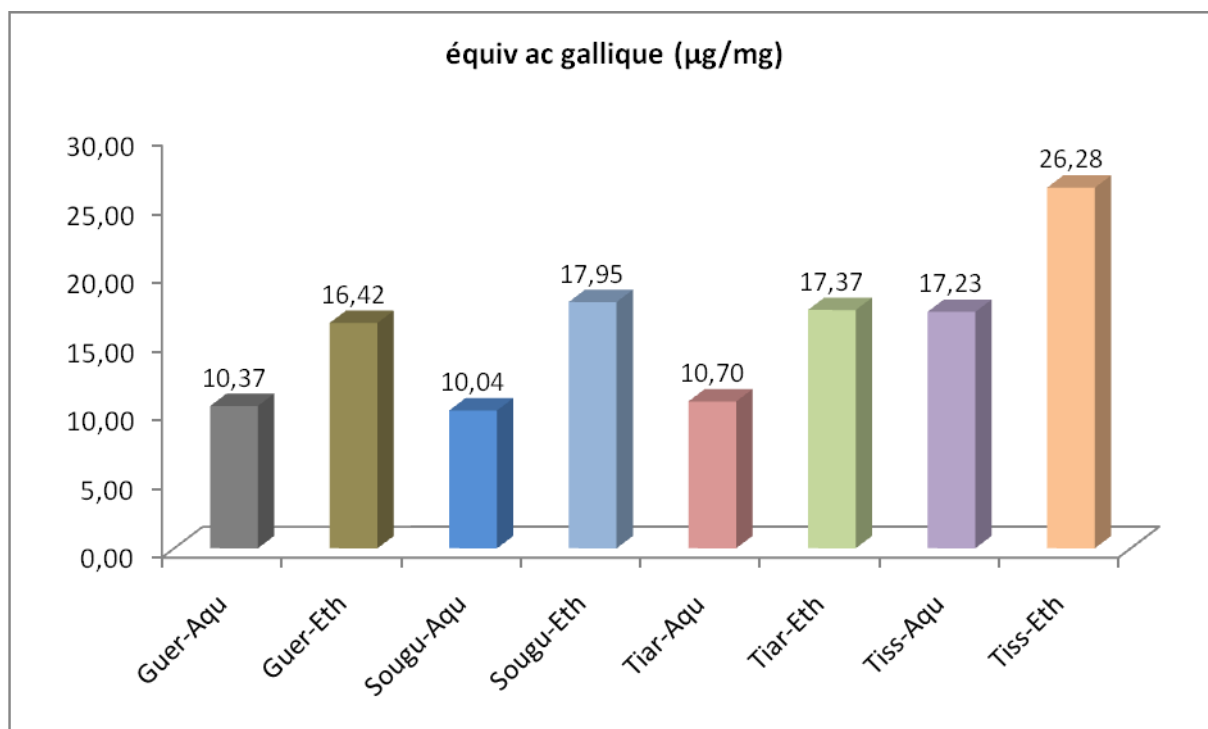


Figure 14. Teneur totale en polyphénols des différents extraits

Les données montrent que les extraits éthanoliques ont généralement des teneurs plus élevées en polyphénols par rapport aux extraits aqueux dans toutes les régions étudiées (Fig. 14).

À Guertoufa, par exemple, la teneur en polyphénols est de 10,37 μg équivalent acide gallique par mg dans les extraits aqueux, tandis qu'elle est de 16,42 $\mu\text{g}/\text{mg}$ dans les extraits éthanoliques. Une tendance similaire est observée à Sougueur, Tiar et Tissemsilt, où les extraits éthanoliques montrent systématiquement des teneurs en polyphénols plus élevées que les extraits aqueux. Ces résultats sont cohérents avec la littérature qui indique que l'éthanol est souvent un solvant plus efficace pour extraire les polyphénols des plantes par rapport à l'eau, en raison de sa meilleure capacité à solubiliser ces composés hydrophobes (Pandey et al., 2016). Les différences observées entre les sites de prélèvement peuvent être attribuées aux variations locales dans la composition chimique des bulbes de muscari, influencées par le climat, le sol et d'autres facteurs environnementaux.

Cependant ces concentrations en polyphénols restent faibles en comparaison à celles enregistrées par des parties aériennes (feuilles) de *Muscari armeniacum* les feuilles à des teneurs élevée analysées par Varun Jaiswal et al en 2024.

2.1.7. Teneur en Flavonoïdes

Les taux de flavonoïdes dans les extraits ont été calculés à partir d'une courbe d'étalonnage utilisant la quercétine comme étalon de référence. Les résultats sont exprimés en équivalents de quercétine (EQ) par milligramme d'extrait (Fig. 15).

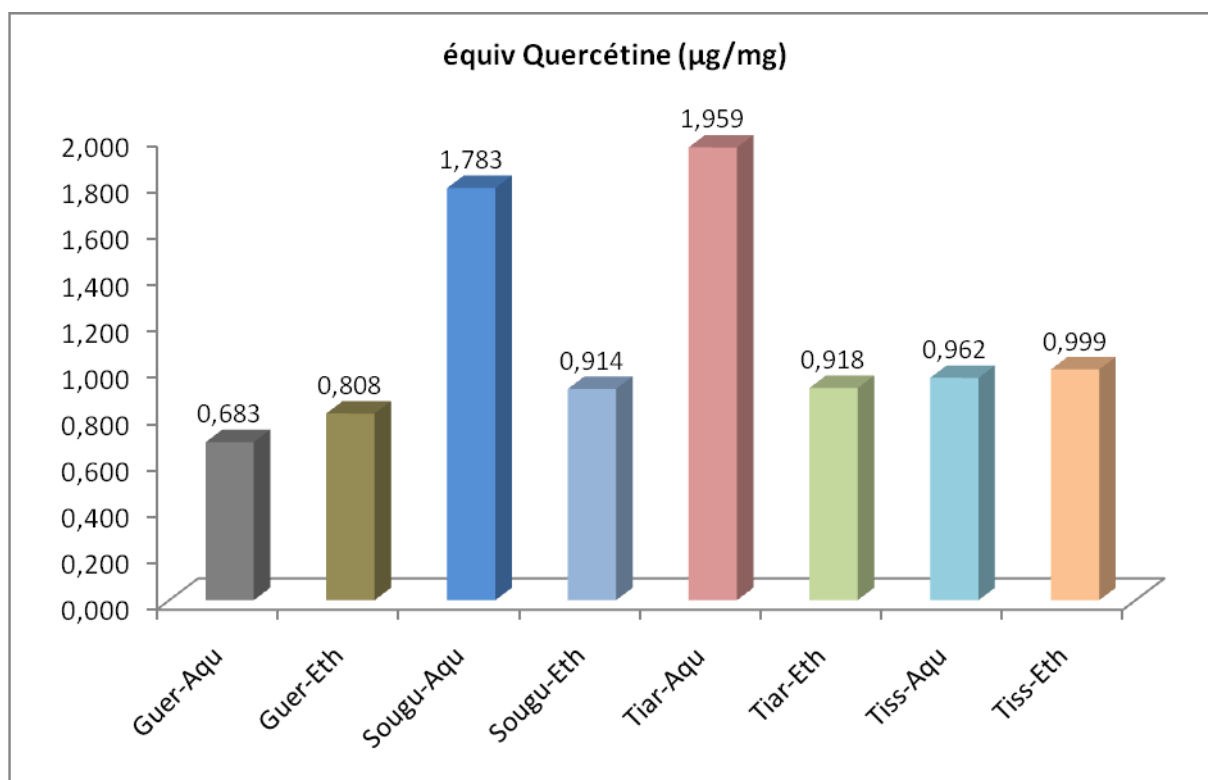


Figure 15. Teneur totale en flavonoïdes des différents extraits

Les valeurs en équivalent quercétine ($\mu\text{g}/\text{mg}$) varient considérablement d'un site à l'autre et entre les extraits aqueux et éthanoliques.

À première vue, les résultats suggèrent que les bulbes de *Muscari* ne sont pas particulièrement riches en flavonoïdes, du moins par rapport à d'autres plantes riches en ces composés. Par exemple, à Guertoufa, les extraits aqueux et éthanoliques présentent respectivement des teneurs en équivalent quercétine de $0,683 \mu\text{g}/\text{mg}$ et $0,808 \mu\text{g}/\text{mg}$. À Sougueur, les extraits aqueux ont une teneur de $1,783 \mu\text{g}/\text{mg}$, tandis que les extraits éthanoliques ont $0,914 \mu\text{g}/\text{mg}$. À Tiaret, les extraits aqueux affichent $1,959 \mu\text{g}/\text{mg}$ et les extraits éthanoliques $0,918 \mu\text{g}/\text{mg}$. Enfin, à Tissemsilt, les extraits aqueux montrent une teneur de $0,962 \mu\text{g}/\text{mg}$ et les extraits éthanoliques de $0,999 \mu\text{g}/\text{mg}$.

D'après ces résultats, on déduit que le contenu en flavonoïdes dans les extraits examinés, dépend de la polarité du solvant utilisé pour la préparation des extraits.

Cependant ces concentrations en flavonoïdes restent faibles en comparaison à celles enregistrées par des parties aériennes de *Muscari neglectum* au stade de floraison à Birjand, Iran, analysées par M. Nasrabadi et al en 2013. Et aussi à celles enregistrées par des parties aériennes (feuilles) de *Muscari armeniacum* les feuilles à des teneurs non négligeables analysées par Varun Jaiswal et al en 2024, ce qui était très positif.

3. Activité antioxydante

L'évaluation de la capacité anti-radicalaire des extraits végétaux peut être réalisée par différents tests in vitro. Dans cette étude, la méthode employée est le test de piégeage du radical libre DPPH. Le pouvoir antioxydant des différents extraits a été déterminé à partir de la concentration inhibitrice IC_{50} (Tableau 7). Plus la valeur de IC_{50} est faible, plus l'activité antioxydante de l'extrait est élevée, car une plus faible quantité d'extrait est requise pour capter 50% des radicaux libres. Les résultats de cette évaluation de l'activité antioxydante des extraits sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6. IC_{50} des différents extraits

Echantillon	IC_{50} (mg/ml)
Guertoufa aq	3,80
Guertoufa eth	11,49
Sougueur aq	2,20
Sougueur eth	1,81
Tiaret aq	3,33
Tiaret eth	3,46
Tissemsilt aq	2,03
Tissemsilt eth	1,43

Les valeurs de l'IC₅₀ (concentration inhibitrice à 50 %) montrent des variations significatives entre les extraits aqueux et éthanoliques ainsi qu'entre les différents sites de prélèvement.

À Guertoufa, les extraits aqueux présentent un IC₅₀ de 3,80 mg/ml, tandis que les extraits éthanoliques ont un IC₅₀ plus élevé de 11,49 mg/ml. À Sougueur, les extraits aqueux montrent un IC₅₀ de 2,20 mg/ml, tandis que les extraits éthanoliques ont un IC₅₀ encore plus bas de 1,81 mg/ml. À Tiaret, les extraits aqueux et éthanoliques affichent des IC₅₀ de 3,33 mg/ml et 3,46 mg/ml respectivement. Enfin, à Tissemsilt, les extraits aqueux ont un IC₅₀ de 2,03 mg/ml et les extraits éthanoliques montrent le IC₅₀ le plus bas de 1,43 mg/ml.

Cependant ces résultats de Dpph restent faibles en comparaison à celles enregistrées par des bulbes de *Muscari comosum* L ont été collectés dans différentes régions géographiques Calabria (Italie), Meknès (Maroc) et Thrace (Grèce) les résultats montrent que les extraits de bulbes provenant de ces différentes régions présentent des variations importantes dans leurs activités biologiques (antioxydante), ainsi que dans leur profil phytochimique (teneur en composés phénoliques, flavonoïdes, etc.) réalisé par Bouguerra et al en 2019.

Ces différences sont attribuées aux variations des conditions environnementales (climat, sol, etc.) qui influencent la biosynthèse des métabolites secondaires dans la plante selon son origine géographique.

Conclusion

Conclusion

Cette étude a permis de caractériser phytochimiquement les extraits aqueux et éthanoliques des bulbes de *Muscari comosum* L., révélant des différences marquées dans leur composition en métabolites secondaires. Les extraits éthanoliques se sont avérés plus riches en polyphénols et en composés stéroïdiens comparés aux extraits aqueux, indiquant une meilleure solubilité de ces constituants dans l'éthanol. Les variations observées dans les profils phytochimiques et l'activité antioxydante entre les sites de prélèvement soulignent l'impact potentiel de l'environnement sur la composition chimique de *Muscari comosum*.

Ces résultats mettent en lumière l'importance de considérer le solvant d'extraction et l'origine géographique dans les études de phytochimie et d'évaluation biologique, ouvrant ainsi la voie à de futures recherches visant à explorer davantage les propriétés pharmacologiques et l'applicabilité potentielle de cette plante dans divers domaines de la santé et de la pharmacologie.

Références Bibliographiques

A

Abirami, A., Gunasekaran, N., & Perumal, S. (2014). In vitro antioxidant, antidiabetic, cholinesterase and tyrosine inhibitory potential of fresh juice from *Citrus hystrix* and *C. maxima* fruits. *Food Science and Human Wellness*, 3, 18-22.

Alkurd, A., Hamed, T. R., & Al-Sayyed, H. (2008). Tannin contents of selected plants used in Jordan. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 4, 265-274.

Atanasov, A. G., Waltenberger, B., Pferschy-Wenzig, E. M., Linder, T., Wawrosch, C., Uhrin, P., ... & Stuppner, H. (2015). Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products: a review. *Biotechnology Advances*, 33(8), 1582-1614.

B

Beauvais, M., Breitenstein, A., Ferret, P., & Guedj, M. (2003). Plantes couvre-sol (p. 127, 84-85). *Artémis*.

Bouchouka, E. (2016). Contribution à l'extraction des polyphénols et étude des activités antioxydante et antibactérienne de quelques plantes sahariennes (Thèse de doctorat). Université Badji Mokhtar, Annaba.

Bouguerra, I., Harhar, H., Belkhodja, A., & Laurain-Mattar, D. (2019). The Bioactivity and Phytochemicals of *Muscari comosum* (*Leopoldia comosa*), a Plant of Multiple Pharmacological Activities. *Molecules*, 24(8), 1552. <https://doi.org/10.3390/molecules24081552>

Briellmann, H. L., Setzer, W. N., Kaufman, P. B., Kirakosyan, A., & CsekeLJ, P. (2006). The chemical components of plants. In P. B. Kaufman, L. J. Cseke, S. Warber, J. A. Duke, & H. L. Briellmann (Eds.), *Natural Products from Plants* (2nd ed., pp. 1–50). CRC Press.

Bruneton, J. (1999). *Pharmacognosie, Phytochimie - Plantes médicinales* (3e éd., p. 227, 310, 312, 313, 314, 494). Techniques et documentation.

C

Chouikh, A., Mekki, M., & Adjal, E. H. (2015). Effects of extraction methods on antibacterial activity of different extracts of *Calligonum comosum* l'her.growing in Sahara Algerian. *International Journal of Recent Scientific Research*, 6(4), 3534-3536.

Croteau, R., Kutchan, T. M., & Lewis, N. G. (2000). Natural products (secondary metabolites). *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*, 24, 1250–1319.

Crozier, A., Clifford, M. N., & Ashihara, H. (2008). *Plant secondary metabolites: Occurrence, structure and role in the human diet*. John Wiley & Sons.

F

Fleuriet, A., Jay-Allemand, C., & Macheix, J. J. (2005). *Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique*. Presses polytechniques et universitaires romandes.

H

Haida, Z., & Hakiman, M. (2019). A comprehensive review on the determination of enzymatic assay and non enzymatic antioxidant activities. *Food Science & Nutrition*, 7, 1555–1563.

Hanson, J. R. (2003). *Natural products: The secondary metabolites*. Royal Society of Chemistry.

Hanson, J. R. (2004). Diterpenoids. *Natural Product Reports*, 21, 785–793.

Henaoui, I. (2015). *Le guide de la flore de Tlemcen (Algérie)* (p. 142). Les Éditions du Net.

Hostettmann, K., & Marston, A. (2005). *Saponins*. Cambridge University Press.

J

Joslyn, M. A. (1970). A serie of monographies. *Journal of Food and Sciences Technology* (2e éd.).

L

Lecoq, H. (1858). Études sur la géographie botanique de l'Europe (Vol. 8, p. 622, 605-606). J.B. Baillière.

Le Maout, E. (1844). *Leçon élémentaires de botanique fondées sur l'analyse de 50 plantes vulgaires et formant un traité complet d'organographie et de physiologie végétale* (p. 527, 517). Fortin, Masson.

Lemoine, C. (2005). Les fleurs méditerranéennes (p. 32, 4-5). Jean-Paul Gisserot.

Liu, Y., Wang, Y., Xu, M., & Yu, Q. (2019). Hemolytic assay for assessing the hemocompatibility of biomaterials. *Methods in Molecular Biology*, 2014, 165-172.
https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9562-2_13.

M

Maamir, S. (2008). Etude de pistacia atlantica de deux régions de sud algérien : dosage des lipides, dosage des polyphénols essais antileishmaniens [Mémoire de magister en biologie, Université M'hamed Bougarz, Boumerdes]. 108 p.

Mansour-Djaalab, H. (2014). Contribution à l'évaluation chimique et activité antidermatophyte de quelques plantes médicinales d'Algérie (Thèse de doctorat). Université de Constantine, Constantine, Algérie.

Mokhtari, S. (2021). Étude comparative de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits aqueux et éthanoliques de quatre plantes médicinales : *Mentha pulegium* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Thymus vulgaris* L. et *Artemisia herba-alba* Asso [Thèse de doctorat, Université Djillali Liabes de Sidi Bel-Abbès].

N

Nasrabadi, M., Razavi, S. M., & Eskandari, F. (2013). Accumulation de flavonoïdes dans les parties aériennes de *Muscari neglectum* au stade de floraison à Birjand, Iran, en mai 2011. *Revue de Chimie des Produits Naturels*, 25(2), 189-202.

Nothlings, U., Murphy, P., Wilkens, L. R., Henderson, B. E., & etkolonel, L. (2007). Flavonols and pancreatic cancer risk: the Multiethnic cohort study. *Journal of Epidemiology*, 166(8), 924-931.

O

Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*, 44(6), 307-315.

P

Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2016). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, 1-17.

Prabhu, K., Rao, M. R. K., Ravi, A., Kalaivannan, J., Dinakar, S., & Vijayalakshmi, N. (2020). Antioxidant studies of one ayurvedic medicine, mahanarayana thailam. Department of Industrial Biotechnology, Bharath Institute of Higher Education and Research, 642-643.

R

Roberts, M. F. (2013). *Alkaloids: Biochemistry, ecology, and medicinal applications*. Springer Science & Business Media.

Roux, D., & Catier, O. (2007). *Botanique, Pharmacognosie et Phytothérapie* (p. 74, 84). Wolters Kluwer France Edition.

S

Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., & Pessarakli, M. (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of Botany*, 2012.

Smallfield, B. M. (2001). *Growing and harvesting chamomile*. New Zealand Institute for Crop & Food Research.

Svoboda, K. P., & Hampson, J. B. (1999). Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and other related pharmacological activities. *ISHS Acta Horticulturae*, 501, 285-294.

T

Turkmène, A., Ergun, R., Özen, F., & Aksoy, A. (2007). Rôle des facteurs essentiels dans l'obtention d'un rendement optimal en composés d'intérêt lors de l'extraction à partir de la matière végétale. *Revue de la Littérature Scientifique*, 15(3), 123-145.

V

Vanette. (2018, 19 mai). Muscari à toupet. [Notesdeterrain.over-blog.com](https://notesdeterrain.over-blog.com/2018/05/muscari-a-toupet.html).
<https://notesdeterrain.over-blog.com/2018/05/muscari-a-toupet.html>.

W

Williams, C. A., & Grayer, R. J. (2004). Anthocyanins and other flavonoids. *Natural Product Reports*, 21, 539–573. <https://doi.org/10.1039/B311404J>

Wink, M. (1998). Chemical ecology of alkaloids. In *Alkaloids* (pp. 265–300). Springer.

Wink, M. (2010). Functions and biotechnology of plant secondary metabolites (Vol. 39). John Wiley & Sons.

Woitke, H. D., Kayser, J. P., & Hiller, K. (1970). Advances in the research of triterpene saponins. A review. 2. *Pharm*, 25, 213.

Y

Yoon, J. H., & Baek, S. J. (2005). Molecular targets of dietary polyphenols with anti-inflammatory properties. *Yonsei Medical Journal*, 46(5), 585-596.