



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université de Tissemsilt



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master académique en

Filière : **Biologie**

Spécialité : **Biochimie Appliquée**

Présenté par :

HADJ ALI Nesrine CHEBR Hafida

Thème

**Evaluation de l'activité antioxydante de l'extrait
(hydrométhanolique et aqueux) d'*Ammoides verticillata***

Soutenu le, 14/06/2023.

Devant le Jury :

Président	CHAHBAR M	M.C.A.	Univ Tissemsilt
Encadrant	IMESSAOUDENE A	M.C.A.	Univ Tissemsilt
Co-encadrant	BOUNOUIRA Y	M.C.B.	Univ Tissemsilt
Examinatrice	BOUHENNI H	Docteur	Univ Tissemsilt

Année universitaire : 2022-2023

Remerciements

Nos premiers remerciements vont à notre encadreure, Dr A IMESSAOUDENE nous lui exprimons nos plus vifs remerciements ainsi que nos profondes gratitudes pour avoir orienté, dirigé ce travail et également pour tous ses conseils dans l'élaboration et la conception de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent également au Dr BOUNOUIRA Y notre co-encadreur pour ses aides.

Nous remercions particulièrement Dr CHAHBAR M d'avoir accepté de présider le jury. Nous tenons également à présenter nos plus vifs remerciements à Dr BOUHENNI H qu'elle nous a faite en acceptant d'examiner ce travail.

Nous remercions sincèrement Mr Ibrahim DRIS, pour l'attention qu'ils ont porté à ce travail et leur disponibilité et ses aides.

Nous tenons à témoigner tous les collègues qui nous ont accompagnés dans le laboratoire, en particulier nous tenons à les remercier profondément Mlle Massaouda et Mr Mohamed LAFER ingénieur du laboratoire de pédagogies de la faculté de Science et Technologie supplément Département de Science de Nature et de Vie

Enfin à toute personne qui a participé de près ou de loin, directement ou indirectement, à la réalisation de ce travail.

A tous merci beaucoup.



Dédicace:

A l'aide d'ALLAH tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, J'ai pue réaliser ce travail, que je dédie :

A mes très chères parents en témoignage de ma reconnaissance pour leur patience, leur sacrifice et leur soutien tous au long de mes études, aucun mot ne pourra exprimer ma gratitude et mon estime pour vous. Que dieu leur prête santé.

A mes chers frères Yanis et Mohammed et mes chères sœurs Sonia, Malak Pour leur appui et leur encouragement, A toute ma famille.

*A l'encadreur Mme A IMESAOUDENE.
A mon binôme, CHEBR Hafida.
A tous mes amis.*

*A tout les étudiants de master biochimie promotion 2023.
Merci a tous.*

NESRINE



Dédicace

Je dédie ce travail:

A mes très chers parents, source de vie et d'amour qui ont été toujours à mes coté, pour leur patience, leur sacrifice et leur soutien tout au long de ma vie, je suis toujours fière qu'ils soient mes parents.

A mon chère frère NASREDDINE et mes chères sœurs KARIMA et SALIHA qui n'ont pas cessé de me encourager et soutenir durant mes études.

A l'encadreur Mme A IMESAOUDENE pour tous ses précieux conseils et ses aides.

*A mon binome NESRINE pour son soutien morale et sa compréhension et sa collaboration tout au long de ce travail.
A toutes mes amies pour leur encouragement.*

A tous mes collègues de la promotion 2022-2023.

HAFIDA

Liste des figures

Figure 1: Description d' <i>Ammoides Verticillata</i>	04
Figure 2: La structure chimique générale des polyphénols	06
Figure 3: La classification détaillée des polyphénols	07
Figure 4: Passage de l'état stable au radical libre et sa stabilisation de nouveau	12
Figure 5: Action des antioxydants sur les radicaux libres	14
Figure 6: la plante de l' <i>Ammoides Verticillata</i>	17
Figure 7: Evaprateur rotatif	18
Figure 8: Protocole expérimentale des extraits	19
Figure 9: Structure de DPPH avant et après la réaction avec un antioxydant.	20
Figure 10: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux	25
Figure 11: Teneur en polyphénols totaux (mg EAG/gMS) dans l'extrait aqueux et l'extrait hydrométhanolique d' <i>Ammoides verticillata</i>	25
Figure 12: Evaluation d'activité antioxydante en fonction de différentes concentrations des deux extraits étudiés et acide gallique	27
Figure 13: Evaluation d'activité antioxydante des extraits par la méthode de FRAP	28

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification systématique d' <i>Ammoides verticillata</i>	04
Tableau 2: Exemples des pathologies liées au stress oxydatif	11
Tableau 3: les principaux radicaux libres	13
Tableau 4: Principaux antioxydants non enzymatiques et sources alimentaires associées	16
Tableau 5: Rendement des extraits	23

Liste des abréviations :

AG: Acide guallique

C: concentration

Cu: Cuivre

DPPH: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

EAG: équivalent d'acide gallique

Fe: Fer

Fe²⁺ : fer ferreux

FeCl₃: chlorure ferrique.

FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power

H⁺: Proton

K₃Fe(CN)₆: ferrocyanure de potassium

MS: Matière sèche

nm: Nanomètre

OH: Radical hydroxyl

PI: Pourcentage d'inhibition

ROS/ERO: Espèces réactives de l'oxygène

TPC: Total polyphenols compounds

w/v: poids/volume

Sommaire

I.	Introduction.....	01
II.	Synthèse bibliographique	
1.	Généralités sur la plante	03
2.	Composés phénoliques	05
2.1.	Deffinition.....	05
2.2.	Classification des polyphénols.....	06
2.3.	Méthodes d'extraction des polyphénols.....	07
2.4.	Rôle et intérêt des composés phénoliques	08
2.5.	Propriétés chimiques des composés phénoliques	09
2.6.	Propriétés biologiques des composés phénoliques.....	10
3.	Stress oxydatif, radicaux libres et les antioxydants	10
3.1.	Stress oxydatif	10
3.2.	Radicaux libres	11
3.3.	Les antioxydants	14
III.	Matériel et méthodes	
1.	Lieu et objectif de travail.....	17
2.	Préparation des extraits d' <i>Ammoides verticillata</i>	17
3.	Dosage des polyphénols totaux.....	20
4.	Méthodes d'évaluation in vitro de l'activité antioxydante.....	20
4.1.	Piégage de radicaux libres DPPH.....	20
4.2.	Activité de pouvoir réducteur du fer (Test de FRAP).....	21
IV.	Résultats et discussion	
1.	Rendement d'extraction des composés phénoliques d' <i>Ammoides verticillata</i> ...	23
2.	Teneur en polyphénols totaux.....	24
3.	Etude de l'activité antioxydante	26
3.1.	Test de piégage de radicaux libres DPPH.....	26
3.2.	Pouvoir réducteur du fer (test de FRAP).....	28
V.	Conclusion.....	30
VI.	Références.....	31

Introduction



Introduction

Les plantes aromatiques représentent un intérêt économique dans les domaines d'industrie, pharmaceutique, agroalimentaire et cosmétiques (**Bruneton, 1999**). En effet, ce sont des sources renouvelables de substances bioactives comme les composés phénoliques (**Cherfia et al., 2022**).

L'Algérie est considérée comme l'un des pays les plus riches en flore (**Zatout et al., 2021**). La plante *Ammoides* est largement utilisée pour prévenir et traiter diverses maladies (**Belkhdja et al., 2021**), comme les problèmes respiratoire, rhume, fièvre, migraine, trouble gastriques et infections rénales (**Felidj et al., 2010**). Les graines de la plante montrent plusieurs effets thérapeutiques à savoir : diurétique, analgésique, carminatif, anti-diarrhélique, antihistaminique, vermifuge et anti-asthmatique (**Felidj et al., 2010**).

L'espèce *Ammoides pusilla* est une plante riche en composés polyphénoliques (**Belkhdja et al., 2021**), les métabolites secondaires sont nombreux et chimiquement diversifiés, ils sont définis comme des produits naturels qui diffèrent par leur structure, leur fonction et leur quantité (**Chouikh et al., 2020**).

En fait, les composés phénoliques sont largement répandus dans les plantes et connus pour leurs divers effets bénéfiques sur la santé (**Benabderrahime et al., 2019**). Ils peuvent réguler les récepteurs cellulaires et les activités enzymatiques ainsi qu'exercer des effets non spécifiques sur les organismes vivants (**Abdel-Moneim et al., 2021**).

Les polyphénols sont des composés qui ont des propriétés antioxydantes et sont connus pour protéger les cellules contre le stress oxydatif, réduisant ainsi le risque d'apparition des maladies qui y sont associées. Alors le déséquilibre entre la production d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) et le mécanisme antioxydant qui les neutralise en faveur des premiers est appelée stress oxydatif (**Deepika et Maurya, 2022**).

Le stress oxydatif a été montré pour être impliqués dans le processus de nombreuses maladies chroniques et dégénératives, notamment l'athérosclérose, les cardiopathies ischémiques, le vieillissement, le diabète sucré, le cancer, l'immunosuppression, les maladies neuro-dégénératives et d'autres encore (**Zhang et Tsao, 2016**).

Le moyen le plus efficace de lutter contre les radicaux libres à l'origine du stress oxydatif est les d'antioxydants, qu'ils soient exogènes ou endogènes, synthétiques ou naturels, ils peuvent

Introduction

être efficaces pour prévenir la formation de radicaux libres en les piégeant ou en favorisant leur décomposition et en supprimant ces troubles (**Di Meo et Venditti, 2020**).

Un intérêt considérable est porté pour les antioxydants naturels issus de plantes médicinales. Des études épidémiologiques et in vitro sur les plantes médicinales ont fortement soutenu l'idée que les constituants végétaux ayant une activité antioxydante sont capables d'exercer des effets protecteurs contre le stress oxydatif dans les systèmes biologiques (**Souri et al., 2007**).

Dans le cadre de la valorisation de la flore algérienne, nous nous sommes intéressés à une espèce de la famille des Apiacées. La plante sur laquelle a porté notre choix est « *Ammoides verticillata* (Desf.) Briq » provenant de la région de tissemsilt.

L'objectif de notre travail est l'évaluation in vitro de l'activité antioxydante de deux extraits phenoliques d'*Ammoides verticillata*.

Notre mémoire comporte les parties suivantes :

Une partie consacrée à la recherche bibliographique portant sur : la plante faisant l'objet de notre étude, des généralités sur les polyphénols (composition chimique, propriétés biologiques..), le stress oxydant, les radicaux libres ainsi que les antioxydants.

La deuxième partie concerne matériel et méthodes utilisés, décrivant :

- La préparation des extraits à partir de la partie aérienne de la plantes choisie.
- Le dosage des polyphénols totaux.
- L'évaluation de l'effet antioxydant de chaque extrait par la méthode de piégeage du radical libre DPPH• et par méthode de FRAP.

Dans la troisième partie nous présentons les résultats obtenus et la discussion et on termine par une conclusion générale.

Synthèse bibliographique



Synthèse bibliographique

1. Généralités sur la plante

Ammoides verticillata est une plante aromatique et médicinale annuelle qui appartient à la famille des Apiaceae, elle est connue localement sous le nom de "Nûnkha" (Souhail et al., 2017), son nom persan est "Nankhah" et elle est utilisée en Iran comme épice dans le pain, en fait, "Nan" et "Khah" signifient respectivement pain et goût (Daira et al., 2016). La plante se trouve généralement dans les champs, les pelouses, les montagnes et les forêts (Daira et al., 2016).

Ammoides verticillata est cultivé en Égypte, Irak, en Iran, en Afghanistan, au Pakistan et en Inde, elle est également très répandu en Europe méditerranéenne et en Afrique du Nord (Tefiani et al., 2015).

Les Noms vernaculaires d'*Ammoides verticillata* en arabe sont : Noukha, Nanoukha (Laouer et al., 2003) et Nûnkha (Souhail et al., 2017).

En français, la plante est connue sous l'appellation Ajowan (Bekhechi et al., 2010) ou Ajawain (Belkhodja et al., 2020).

En revanche les noms scientifiques de la plante sont : *Ptychotis verticillata*, *Ammoïdes verticillata* (Quezel et Santa, 1963) ; *Trachyspermum Boiss* (Narayana et al., 1967 ; Quezel et Santa, 1963 ; Wehmer, 1931) et *Trachyspermum copticum* (Schirner, 2004).

La plante pousse dans les régions arides et semi-arides, dans des sols à forte teneur en sel (Attou et al., 2017).

Il s'agit d'une une Apiaceae qui a un cycle d'évolution dynamique tardif de mai à juillet, c'est une plante annuelle filiforme grêle, avec de nombreuses tiges ramifiées de 10 à 40 cm de haut (Tefiani et al., 2015 ; Felidj et al., 2013).

Les feuilles inférieures ont de nombreux segments verticillés multifides, la formule florale est pentamérique, les sépales sont généralement très petits, les cinq pétales sont libres, les cinq alternipétales et les étamines libres insérées dans un disque apparent ; l'ovaire est composé de deux carpelles et son fruit est ovoïde mesurant moins de 1 mm de long (Tefiani et al., 2015 ; Felidj et al., 2013).

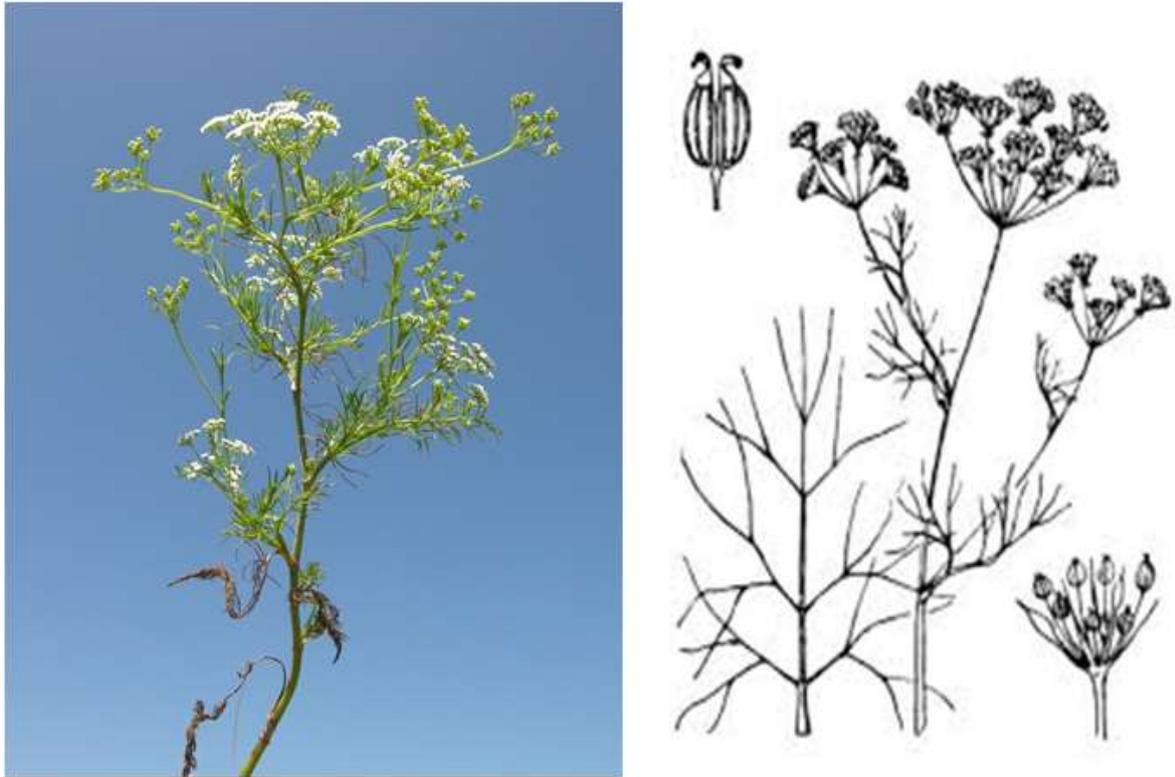


Figure 1 : Description d'*Ammoides verticillata* (Benoit, 2012).

Selon la clé de détermination botanique de **Quezel et Santa (1963)**, Ammoïdes (ou Ptychotis) verticillata est classée comme indiqué dans le tableau 1:

Tableau 1 : Classification systématique d'*Ammoides verticillata*.

Embranchement	Phanérogames (ou Spermaphytes)
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicots
Sous-classe	Astéridées
Ordre	Apiales
Famille	Apiacées
Genre	Ammoïdes Adanson (ou Ptychotis Koch)
Espèce	Verticillata (Desf.) Briq.

Synthèse bibliographique

- Utilisation thérapeutique:

Ammoides verticillata est une plante médicinale (Taibi et al., 2023), connue pour ces effets thérapeutiques et médicaux contre les maladies respiratoires, rhumes, fièvres, migraines, infections de l'estomac et des reins (Souhail et al., 2017; Daira et al., 2016 ; Bousetla et al., 2005; Laouer et al., 2003).

Cette plante est utilisée dans le traitement des troubles sexuelle et la reproduction, les maladies cardiovasculaires (hypertention artérielle, athérosclérose et et thrombose), troubles sanguins, troubles digestifs (Zatout et al., 2020, Ziani et al., 2015) et le diabète (Ziani et al., 2017 ; Bnouham et al., 2007).

L'extrait aqueux infusé d'*Ammoides verticillata* est utilisé comme un alternatif pour la prévention de l'inflammation et pour l'amélioration de la structure osseuse (Belkhodja et al., 2020).

Il été démontré que les infusions, les extraits de solvants et les huilles essentielles d'*Ammoides verticillata* présentent divers propriétés biologiques, notamment antioxydantes (Mohamed Said et Benmansour, 2018 ; El-Ouariachi et al., 2013 ; Laouer et al., 2003) et antimicrobiennes suggéré l'utilisation de l'*Ammoides verticillata* comme antibiotique (Mohamed Said et Benmansour, 2018 ; Tefiani et al., 2015 ; Oumessaad et al., 2011; Laouer et al., 2003). De plus, des activités antiprolifératives contre la lignée cellulaire de leucémie monocyttaire aiguë humaine (Tefiani et al., 2016) et antidiabétiques (Bnouham et al., 2010 ; Bnouham et al., 2007).

2. Composés phénoliques

2.1. Deffinition

Le terme « polyphénols » est fréquemment utilisé dans le langage courant, même dans Articles scientifiques ou de vulgarisation indiquer tous les composés phénols végétaux (Fleuriet et al., 2005). Les composés phénoliques sont un groupe hétérogène de composés issus du métabolisme secondaire des plantes, ils sont synthétisés par les plantes et largement distribués dans les tissus végétaux, où ils existent principalement sous forme de glycosides (Singla et al., 2019).

Synthèse bibliographique

La structure des composés phénoliques comporte au moins un anneau aromatique auquel un ou plusieurs groupes hydroxyles sont liés à des structures aromatiques ou aliphatiques (Albuquerque et al., 2020 ; Bravo, 1998).

Les composés phénoliques se présentent naturellement sous forme conjuguée avec des mono- et polysaccharides, associés à un ou plusieurs groupes phénoliques (Del Rio et al., 2013 ; Balasundram et al., 2006) ; ils peuvent également être liés à des esters et à des esters méthyliques (Del Rio et al., 2013) .

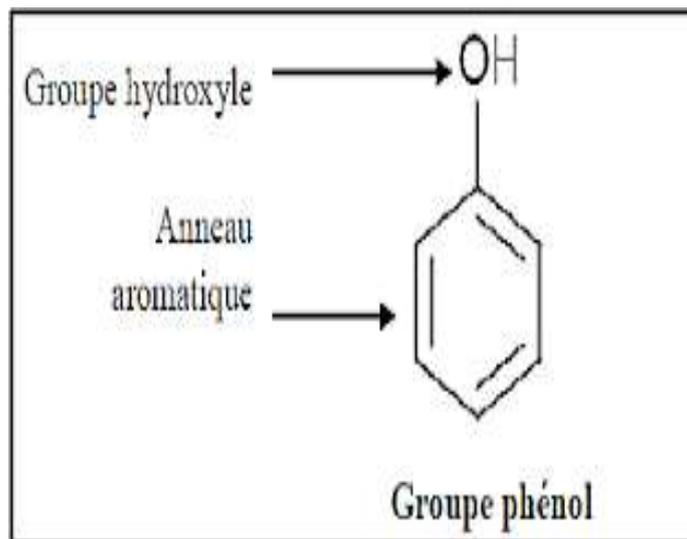


Figure 2 : La structure chimique générale des polyphénols (Houba Z et himeur H, 2012).

2.2. Classification des Polyphénols :

Les polyphénols constituent l'un des groupes de produits naturels les plus nombreux et les plus répandus dans le règne végétal (Del Rio et al., 2013). La diversité et la forte distribution des polyphénols dans les plantes ont entraîné différentes manières de classification de ces composés naturels (Tsao, 2010). Ils sont classés en fonction de leur source d'origine, leur fonction biologique et leur structure chimique, ils peuvent être regroupés en flavonoïdes et non flavonoïdes (Bravo, 1998).

(1) *Les flavonoïdes* sont composés de deux anneaux aromatiques liés par un hétérocycle d'oxygène. En fonction du degré d'hydrogénation et du remplacement de l'hétérocycle, ils peuvent être sous-classés en flavonols, flavones, isoflavones, anthocyanines, flavanols, flavanones, etc. Les flavonoïdes sont généralement présents dans la nature sous forme de glycosides (Ambriz Pérez et al., 2016).

Synthèse bibliographique

(2) *Non-flavonoïdes*, L'acide benzoïque et l'acide cinnamique sont deux des composés les plus représentatifs de ce type, ils sont communément appelés acides phénoliques. D'autres acides phénoliques courants sont les stilbènes, les tanins et les lignines (Ambriz Pérez et al., 2016)

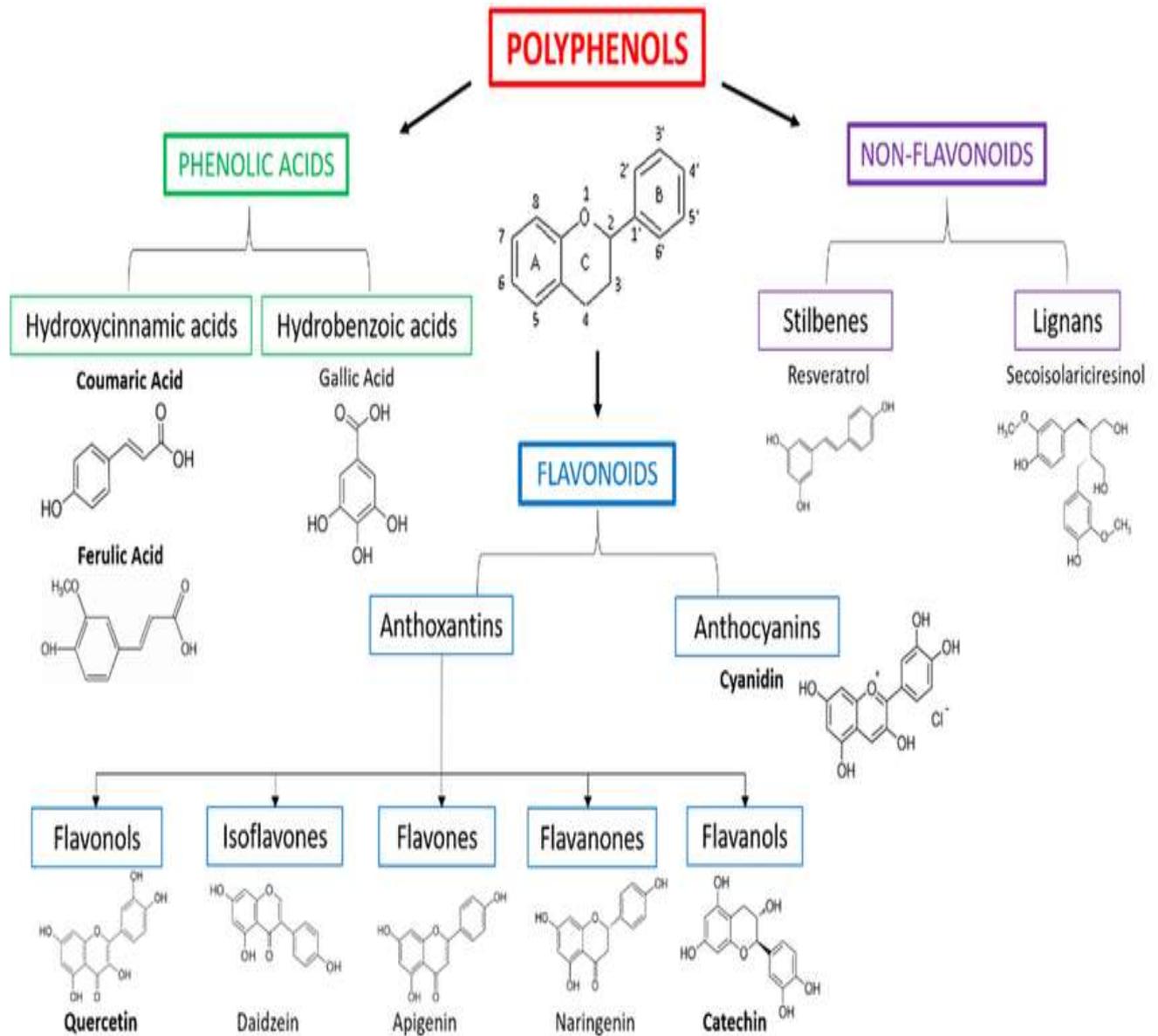


Figure 3 : La classification détaillée des polyphénols (Beconcini et al., 2020).

2.3. Méthodes d'extraction des polyphénols

Il existe une variété de méthodes pour l'extraction, la purification, la quantification et l'identification des composés phénoliques. Il y a une corrélation positive entre le type de

Synthèse bibliographique

composés phénoliques et les stratégies utilisées pour les extraire des sources naturelles (**Rasouli et al., 2017**).

Fondamentalement, il existe cinq méthodes d'extraction des composés phénoliques, y compris (1) l'extraction par solvant ; (2) extraction liquide sous pression; (3) extraction assistée par ultrasons ; (4) extraction assistée par micro-ondes ; et (5) extraction supercritique (**Rasouli et al., 2017**).

Les structures des polyphénols sont telles que chaque méthode utilisée pour leur extraction a un protocole de séparation spécifique. Le temps nécessaire à l'extraction, la structure chimique et les solvants organiques jouent tous un rôle crucial dans la procédure d'extraction. Étant donné que les composés phénoliques sont attachés à la matrice de la paroi cellulaire par une liaison glycosidique/ester, leur solubilité dans l'eau peut être réduite (**Rasouli et al., 2017**).

Les alcools sont d'autres solvants appropriés qui ont été utilisés pour l'extraction, par exemple, le méthanol et l'éthanol sont les solvants les plus utilisés pour la séparation des composés phénoliques à partir de sources naturelles (**Rasouli et al., 2017**).

2.4. Rôle et intérêt des composés phénoliques :

- Chez les végétaux

Ces métabolites jouent des rôles importants dans certains aspects de la physiologie de la plante (lignification, régulation de la croissance, interactions moléculaires avec certains microorganismes symbiotiques ou parasites) (**González-Sarríase et al., 2021; Muanda, 2010**).

Ils contribuent également de manière substantielle aux caractéristiques organoleptiques des fleurs, des feuilles, des fruits et des légumes, telles que l'amertume, l'astringence, la couleur et la saveur, qui orientent les choix de l'homme dans sa consommation des organes végétaux (fruits, légumes, tubercules...) (**González-Sarríase et al., 2021 ; Muanda, 2010**).

Ils protègent les plantes contre les radiations UV en absorbant à la fois ces radiations et les espèces réactives de l'oxygène formées (**González-Sarríase et al., 2021 ; Belščak-Cvitanović et al., 2018**).

La résistance aux agents pathogènes et aux parasites, et de nombreuses autres fonctions font partie des propriétés des polyphénols (**González-Sarríase et al., 2021**).

Synthèse bibliographique

Bien que les polyphénols ne participent pas directement au métabolisme photosynthétique ou respiratoire, ils sont connus pour être essentiels à la conservation et à la défense des plantes (**Chikezie et al., 2015**).

- Chez les humains :

Des études épidémiologiques et des essais sur l'homme ont démontré qu'un régime alimentaire riche en polyphénols, comme le thé, les légumes, les fruits et le cacao, est largement reflété dans la prévention des maladies comme les maladies cardiovasculaires, et les lésions vasculaires, liées à l'âge, peuvent être prévenues par les flavanols et les flavonols (**Abbas et al., 2017**). Un mécanisme d'action pour les bienfaits des polyphénols sur la santé cardiaque comprend la capacité de modifier l'activité d'une enzyme, l'oxyde nitrique synthase, son niveau, ainsi que la biodisponibilité de l'oxyde nitrique pour l'endothélium (**Abbas et al., 2017**).

Les polyphénols ont le potentiel d'exercer des effets anticancéreux, y compris la modulation de la signalisation des cellules cancéreuses, des agents cancérigènes (**Bhamre et al., 2010**), de la progression du cycle cellulaire et la modulation des activités enzymatiques (**Abbas et al., 2017 ; Duda-Chodak et al., 2015**).

Les composés phénoliques exercent un effet sur le diabète, ils peuvent intervenir dans les voies de détection de l'insuline en réduisant indirectement la synthèse du glucose dans le foie (**Abbas et al., 2017**). Les extraits riches en polyphénols réduisent l'activité des enzymes, comme l' α -amylase et l' α -glucosidase, impliquées dans la libération du glucose dans le tractus gastro-intestinal à partir de l'amidon (**Abbas et al., 2017**).

2.5. Propriétés chimiques des composés phénoliques :

La principale propriété des polyphénols associée à leur structure chimique est l'activité antioxydante, les propriétés antiradicalaires/ antioxydantes sont étroitement liées aux propriétés d'oxydoréduction de leurs groupes hydroxyle phénoliques, qui peuvent être facilement oxydés (**Abbas et al., 2017**).

Une autre propriété des composés phénoliques est leur capacité à fixer les ions métalliques (par exemple Cu, Fe) qui sont souvent impliqués dans la formation de radicaux libres (**Souto et al., 2019**), par exemple, le Fe^{2+} libre, même à de très faibles concentrations, catalyse, en présence de peroxyde d'hydrogène, la formation du radical hydroxyle OH, par le cycle de Fenton (**Souto et al., 2019 ; Zhang et Tsao, 2016**).

2.6. Propriétés biologiques des composés phénoliques :

Les activités antioxydantes ainsi que d'autres fonctions biologiques ont été largement attribuées à leurs structures chimiques particulières. La caractéristique aromatique et le système hautement conjugué avec groupes hydroxyles multiples font de ces composés de bons donneurs d'électrons ou d'atomes d'hydrogène, neutralisant ainsi les radicaux libres et d'autres espèces réactives de l'oxygène (ROS) (**Checkouri et al., 2020 ; Perron et Brumaghim, 2009 ; Balasundram et al., 2005 ; Scalbert et al., 2005**) .

L'activité anti-inflammatoire de ces composés biologiquement actifs est due à leur effet sur le système immunitaire et sont associés à des effets bénéfiques sur la santé contre différentes maladies inflammatoires chroniques (**Yahfoufi et al., 2018**).

Dans la médecine traditionnelle plusieurs plantes et herbes où les composés phénoliques étant l'un de leurs principaux constituants, sont utilisé comme alternative dans le traitement de l'inflammation avec des effets secondaires minimales ou sans effets secondaires (**Yahfoufi et al., 2018**). Les composés phénoliques sont capables d'inhiber la production ou l'action des médiateurs pro-inflammatoires, ce qui leur confère une capacité anti-inflammatoire (**Ambriz-Pérez et al., 2016**).

Les flavonoïdes et les tanins sont connus par leur activité antibactérienne. Le mécanisme de toxicité peut être lié à l'inhibition enzymatique, les interactions hydrolytiques (protéase et hydrolase glucidique) ou autres qui inactivent l'adhésine microbienne, le trafic et les protéines de l'enveloppe cellulaire (**Dangles, 2006**).

L'étude des extraits bruts de feuilles de deux plantes aromatiques *Thymus vulgaris* (Lamiaceae) et *Laurus nobilis* (Lauraceae). L'analyse de ces extraits a révélée la présence de quelques groupes chimiques (polyphénols totaux). Les extraits ont été également soumis à un criblage pour leur activité antimicrobienne possible in vitro, contre sept souches de bactéries pathogène (**Yakhlef, 2010**).

L'efficacité d'un extrait de plante hypoglycémique couramment utilisé chez les patients diabétiques au Koweït a été évaluée en utilisant des rats diabétiques induits par la streptozotocine et des rats normaux (**Al-Awadi et al., 1998**).

3. Stress oxydatif, radicaux libres et antioxydants

3.1. Le stress oxydatif

Le stress oxydatif est défini comme étant un déséquilibre entre la production de radicaux libres et leur neutralisation par des systèmes de défenses qui sont les antioxydants (**Diallo,**

Synthèse bibliographique

2005) ; ou bien l'incapacité de l'organisme à se défendre contre l'agression des espèces oxygénées activées suite à un déséquilibre lié, soit à un déficit en antioxydants, soit à une surproduction des radicaux libres ou les deux à la fois (Vona et al., 2021; Tutun et al., 2021 ; Defraigne et Pincemail, 2008), ce qui conduit à des dommages cellulaires (Dasgupta et Bratati, 2007 ; Favier, 2006).

Les origines de ce déséquilibre sont nombreuses, elles peuvent être environnementales comme : l'exposition prolongée au soleil, la lumière UV, le tabagisme, la consommation excessive d'alcool et de médicaments, les phénomènes inflammatoires chroniques ou aigus, la pollution et les additifs alimentaires (Trueb, 2015 ; Thanan et al., 2014 ,).

Le stress oxydant intervient dans le phénomène du vieillissement et de nombreuses maladies comme les cancers, les maladies inflammatoires, les maladies neurologiques...etc (Tableau 02) (Hayes et al., 2020).

Le danger de dangé des radicaux libres vient des dommages qu'ils peuvent provoquer lorsqu'ils réagissent avec des composants cellulaires importants, tels que l'ADN, les lipides (peroxydation) et les protéines (Ma, 2010 ; Defraigne et Pincemail, 2008). Pour éviter les conséquences du stress oxydant, il est important de rétablir l'équilibre oxydant/antioxydant (Bensakhria, 2018), alors, les antioxydants aident à se protéger du stress oxydant (Baudin, 2020).

Tableau 2 : Exemples des pathologies liées au stress oxydatif (Bensakhria, 2018)

Maladies où le stress oxydatif est la cause primordiale	Maladies où le stress oxydatif est le facteur déclencheur	Maladies entraînant un stress oxydatif secondaire
Cancers, Auto-immunité, Cataracte	Maladie d'Alzheimer, Stérilité masculine, Rhumatismes, athéromes, asthmes.	Diabète, Insuffisance rénale, Maladie de Parkinson.

3.2. Radicaux libres

Les radicaux libres sont des espèces chimiques instables qui possèdent un électron non appariés sur leur couche périphérique et dont la toxicité est importante (Goudable et Favier, 1997). Pour passer à un état plus stable, ils réagissent avec d'autres molécules biologiques dans le but de récupérer un électron. Lorsque l'électron non apparié est situé sur un atome

Synthèse bibliographique

d'oxygène, on parle alors « d'espèces réactives de l'oxygène » (ERO) ou « reactive oxygen species » (ROS) (Di Meo et Venditti, 2020).

Ces derniers attaquent les constituants cellulaires en causant l'oxydation des lipides, des protéines et de l'acide désoxyribonucléique (ADN). L'évolution de cette oxydation semble être la cause de plusieurs maladies telles que le diabète, le cancer, les infections inflammatoires, les maladies cardiaques et accélèrent le processus de vieillissement (Dasgupta et Bratati, 2007).

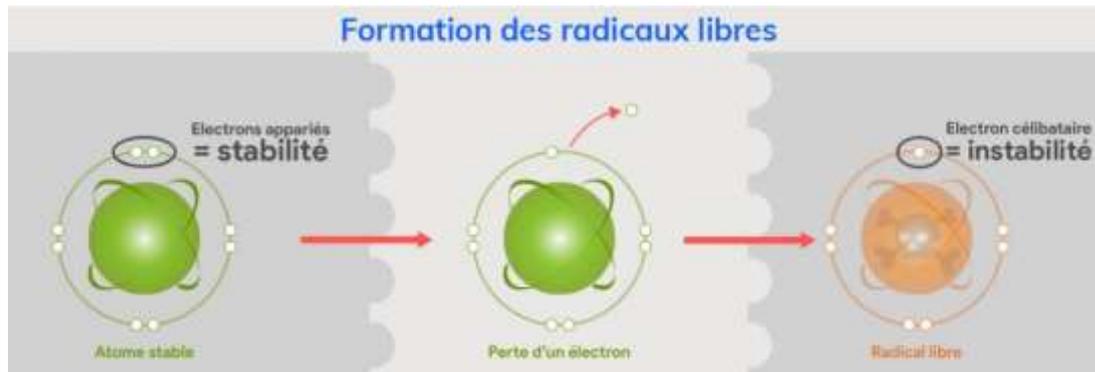


Figure 4: Passage de l'état stable au radical libre et sa stabilisation de nouveau (Penser santé, 2019).

Les radicaux libres (Tableau 03) sont classés en:

- *Radicaux libres primaires* qui sont formés par transfert d'électron à l'atome d'oxygène (Favier, 2003).
- *Radicaux libres secondaires* qui sont formés par réaction des radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule ou par l'interaction de deux radicaux primaires entre eux (Favier, 2003).

Synthèse bibliographique

Tableau 3: les principaux radicaux libres (Munteanu et Apetrei, 2021 ; Rolland, 2004)

Radical	Formule
Anion superoxide	O ₂ ⁻
Hydroxyle	OH
Peroxyle	ROO
Alcoxyles(carbonyle excité)	RO
Perhydroxyle	HO ₂
oxygène singulet	1O ₂
peroxyde d'hydrogène	H ₂ O ₂
Hydroperoxyde	ROOH

Source des radicaux libres:

- Sources endogènes

La source principale de production endogène d'EROs est la chaîne respiratoire mitochondriale (Faitg et al., 2017). L'activité mitochondriale est la principale source physiologique de radicaux libres. Dans les mitochondries, l'oxygène est entièrement réduit et donne naissance à de l'eau s'il réagit avec des protons (H⁺). Dans des conditions de stress métabolique il y a une production importante de radicaux libres qui peuvent endommager la structure des mitochondries et empêcher la production d'énergie (Nuñez et al., 2018).

- Sources exogènes:

Les sources exogènes sont généralement des facteurs environnementaux tels que les pollutions, certains produits chimiques ainsi que des contaminations par des métaux lourds, la fumée de cigarette, les solvants organiques et les pesticides, en alimentation, il y a de nombreux composés pro-oxydants, tels que les quinones, sont apportés à l'organisme (Gülçin, 2012 ; Halliwell, 1999).

- Rôle des radicaux libres

Les radicaux libres jouent un double rôle dans les systèmes vivants : ce sont des sous-produits toxiques du métabolisme aérobie, qui provoquent des dommages oxydatifs et des dysfonctionnements tissulaires, et ils servent de signaux moléculaires activant des réponses bénéfiques au stress (Di Meo et Venditti, 2020).

Synthèse bibliographique

3.3. Les antioxydants :

L'oxygène est vital pour les organismes aérobies, mais l'oxygène peut être également une source d'agression pour ces organismes (Ma, 2010 ; Halliwell, 2007).

Les antioxydants sont des molécules qui aident le corps à lutter contre les radicaux libres, afin qu'ils deviennent inoffensifs, ils neutralisent efficacement toute molécule radicalaire ou ayant le potentiel de se transformer en un radical libre (Nuñez et al., 2018 ; Leverage, 2009).

Les antioxydants constituent le mécanisme cellulaire de défense contre les conséquences des radicaux libres (Hamma, 2019 ; Sosa et al., 2013).

-Mécanisme d'action des antioxydants

Les mécanismes d'action des antioxydants sont divers, ils sont de nature diverse et agissent en synergie soit en se sacrifiant pour piéger l'électron non apparié d'un radical libre et le neutralisé en le délocalisant, soit en réduisant enzymatiquement les espèces réactives de l'oxygène (Favier, 2006).

Leur action incluse aussi le captage de l'oxygène singulier, la désactivation des radicaux par réaction d'addition covalente, la réduction de radicaux ou de peroxydes, la complexation d'ions et de métaux de transition (Diallo, 2005).

En tant que constituants alimentaires, ces antioxydants d'origine naturelle semblent contribuer de manière significative à la prévention des maladies telles que le cancer ou encore des maladies cardio-vasculaires (Diallo, 2005).

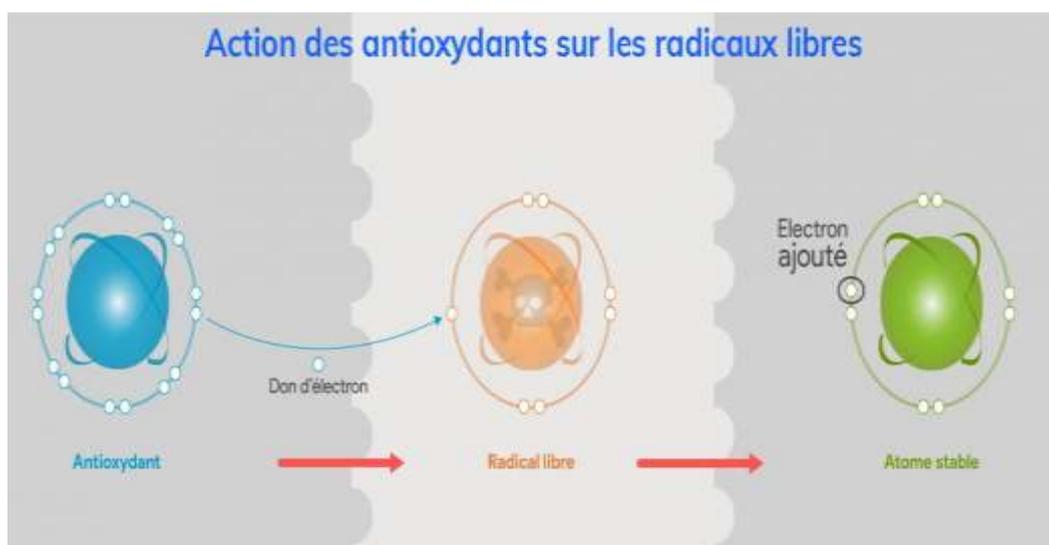


Figure 5 : Action des antioxydants sur les radicaux libres (Penser santé, 2019).

Synthèse bibliographique

Classification des antioxydants:

- Antioxydants à activité enzymatique:

Il y a plusieurs enzymes qui catalysent des réactions pour neutraliser les radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène (**Zehiroglu et Ozturk Sarikaya, 2019**). Il ya des enzymes primaires comme : la superoxyde dismutase (SOD), glutathion peroxydant, la catalase (CAT). et aussi des Enzymes secondaires : Glutathione reductase, glutathione 6-phosphate dehydrogenase (**Flieger et al., 2021**).

- Antioxydants à activité non enzymatique:

Ces antioxydants sont présents dans l'alimentation tels que les vitamines A, C, E et les polyphénols en particulier les flavonoïdes, ainsi que les caroténoïdes, l'ubiquinone (coenzyme Q10) capables de réagir directement ou indirectement avec les ERO (Tableau 04) (**Flieger et al., 2021 ; Durand, 2013**).

- Antioxydants d'origine naturelle:

Sont des substances d'origine naturelle non synthétique, peuvent atténuer l'agression de la matière vivante en évitant toutes sortes de dégradation pathologique et la peroxydation lipidique, tels que β carotène, l'albumine, l'acide urique, les œstrogènes, les polyamines, les flavonoïdes, l'acide ascorbique, les composés phénoliques, la vitamine E...etc. (**Zehiroglu et Ozturk Sarikaya, 2019**)

- Antioxydants d'origine synthétique

Incluent BHA (Butylated hydroxytoluene), BHT (Butylated hydroxyanisole), Trolox, TBHQ (Tertiary-butyl hydroquinone) sont largement utilisés dans le secteur de l'industrie alimentaire et pharmaceutique, sont efficaces et moins chers que les antioxydants naturels (**Zehiroglu et Ozturk Sarikaya, 2019**).

Synthèse bibliographique

Tableau 4: Principaux antioxydants non enzymatiques et sources alimentaires associées (Koechlin-Ramonatxo, 2006)

Principaux antioxydants	nutriments	Sources alimentaires
Vitamine C		Agrume, melon, brocoli, fraise, kiwi, chou, poivron
Vitamine E		Huile de tournesol, de soja, de maïs, beurre, œufs, noix
Flavonoïdes		Fruits, légumes, thé vert
Acides phénoliques		Céréales complètes, baies, cerises
Tanins		Lentilles, thé, raisins, vin
Métabolisme de la cystéine, glutathion	de la	Caséine, Lactalbumine (petit-lait), produits laitiers Brocoli, chou Œufs, poissons, viandes

Parmi les antioxydants d'origine végétale, les composés phénoliques apparaissent parmi les plus efficaces quant à leurs effets protecteurs de l'organisme (Gee et Johnson, 2001).

Ces composés ont atteint une position de premier plan en raison de leur large distribution dans les aliments à base de plantes et leur effet bénéfique sur les pathologies comme le cancers, le diabète et les maladies cardiovasculaires (Abbas et al., 2017). Par exemple l'activité antioxydante des polyphénols du thé vert a également été suggérée comme mécanismes potentiels de prévention du cancer (Choukran et Debchi, 2022).

Le raisin contient des composés phénoliques, une consommation modérée de raisins ou de produits à base de raisin (contenant des polyphénols) entraîne une diminution de l'agrégation plaquettaire et une vasodilatation des vaisseaux sanguins (Chira et al., 2008).

Matériel et méthodes



Matériel et méthodes

1. Lieu et objectif de travail :

L'étude expérimentale est réalisée au niveau du laboratoire de la Faculté des Sciences et de la technologie, Université de Tissemsilt.

La **Plante** utilisé est d'origine commerciale, achetée déjà séchée chez un herboriste à Tissemsilt. La plante été choisie essentiellement sur la base de son intérêt thérapeutique.

L'objectif de notre travail est de tester l'activité antioxydante des composés phénoliques des extraits aqueux et hydrométhanolique d'*Ammoide Verticillata*.

Les paramètres ciblés pour évaluer l'activité antioxydante sont la méthode de piégeage du radical libre DPPH et l'Activité de pouvoir réducteur (Test de FRAP).



Figure 6: la plante de l'*Ammoïdes verticillata* (**Originale**).

2. Préparation des extraits d'*Ammoïdes verticillata* :

Pour la préparation des extraits, deux méthodes on été choisis : l'infusion dans l'eau distillée et la macération dans une solution hydroalcoolique.

Infusion :

C'est une méthode d'extraction des principes actifs ou des arômes dans un liquide initialement porté à ébullition que l'on laisse refroidir (**Muanda, 2010**).

- Préparation de l'extrait aqueux par infusion:

L'extrait de noukha été préparé en mélangeant 10g de parties aériennes séchées de noukha broyées en poudre et avec 200 ml d'eau distillée bouillante (**Gulçin et al., 2004**).

On laisse le mélange préparé en infusion pendant 30min. La technique est choisie pour imiter l'ethnopharmacie locale (**Marmouzi et al., 2019**). La suspension obtenue été filtrée et concentrée dans un évaporateur rotatif à 40°C. L'extrait sec est conservé (**Muanda, 2010**).

Matériel et méthodes

Macération :

La macération consiste à exposer la matière végétale en poudre à un solvant pendant des périodes prolongées pour extraire les ingrédients actifs. Généralement utilisé pour l'extraction de composés thermosensibles (Muanda, 2010).

-Préparation de L'extrait hydrométhanolique par macération

Une quantité de 10 g de la poudre d'Ammoïdes verticillata est introduite dans un erlenmeyer contenant 200 ml de solvant eau - Méthnol à (20% et 80% respectivement) (Gulçin et al., 2004). L'ensemble est soumis à une agitation magnétique pendant 2h à température ambiante suivie d'une filtration pour clarifier les extraits. La suspension obtenue est concentrée dans un évaporateur rotatif à 40°C, par la suite, l'extrait sec est conservé (Moudache et al., 2020).



Figure 7: Evaporateur rotatif (originale).

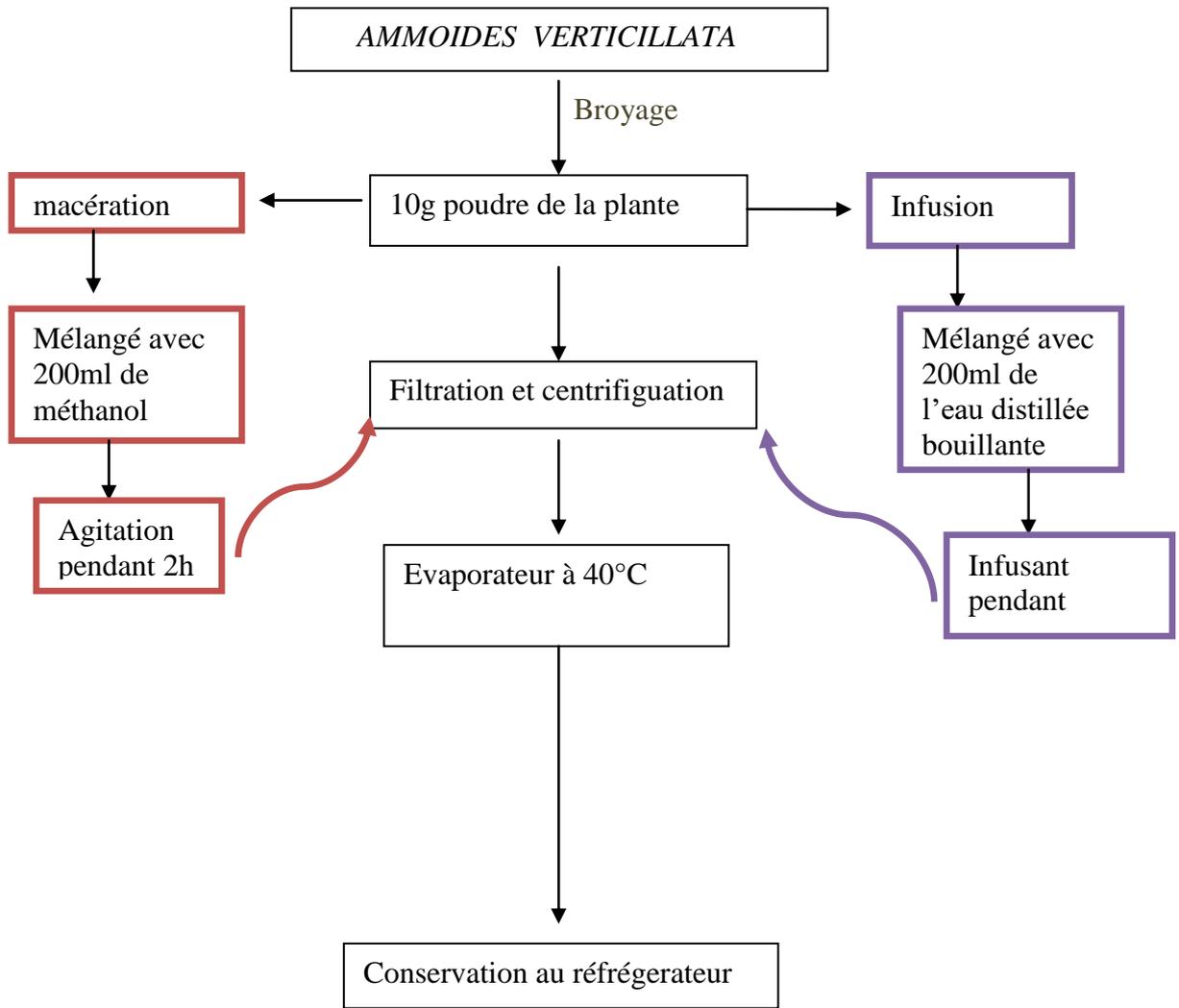


Figure 8: Protocole expérimentale des extraits

-Détermination du rendement des différentes extractions :

Le rendement de chaque extraction est déterminé par le rapport entre le poids de l'extrait sec et le poids de matériel végétal utilisé (Didi, 2020), il est calculé par la formule suivante :

$$R\% = (P_f / P_I) * 100$$

Où ;

R : Rendement de l'extraction (%)

P_f : le poids de l'extrait sec en g

P_I : le poids du matériel végétal mise à l'extraction en g.

Matériel et méthodes

3. Dosage des polyphénols totaux:

Le Folin-Ciocalteu est utilisé pour le dosage des polyphénols totaux des échantillons obtenus par extraction.

Pour cette méthode, du carbonate de sodium (7,5% w/v) et une solution de Folin-Ciocalteu à (10% v/v) sont préparés. Un volume de 100 µl de chaque extrait est mélangé avec 0,75 ml de la solution de Folin-Ciocalteu (10% v/v), le mélange est incubé à température ambiante pendant 5 min à l'obscurité. On ajoute, 0,75 ml de solution de carbonate de sodium (7,5 w/v) et le mélange est incubé à l'abri de la lumière pendant 1,5 h avec agitation intermittente pour s'assurer de l'homogénéisation de l'ensemble du mélange homogénéisé (Okur et al., 2019).

L'absorbance est mesurée à 725 nm dans un spectrophotomètre et comparée à une courbe d'étalonnage préparée avec des concentrations connues d'acide gallique. Les résultats sont calculés en mg d'équivalent d'acide gallique (GAE)/100 g de poids frais (Okur et al., 2019).

4. Méthode d'évaluation de l'activité antioxydante:

4.1. Piégeage du radical libre DPPH• (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl)

Le DPPH est un radical libre stable qui absorbe la lumière visible à une longueur d'onde de 520 nm. Ce test mesure le pouvoir réducteur des antioxydants en présence du radical libre DPPH• qui est un radical libre très stable, il apparaît violet à l'état cristallin et en solution. La forme réduite (jaune pâle) n'absorbe plus, d'où une diminution de l'absorbance à cette longueur d'onde. L'absorbance est mesurable par spectrophotomètre JENWAY 7305 UV-Visible (Dris, 2020 ; Brand-Williams et al., 1995).

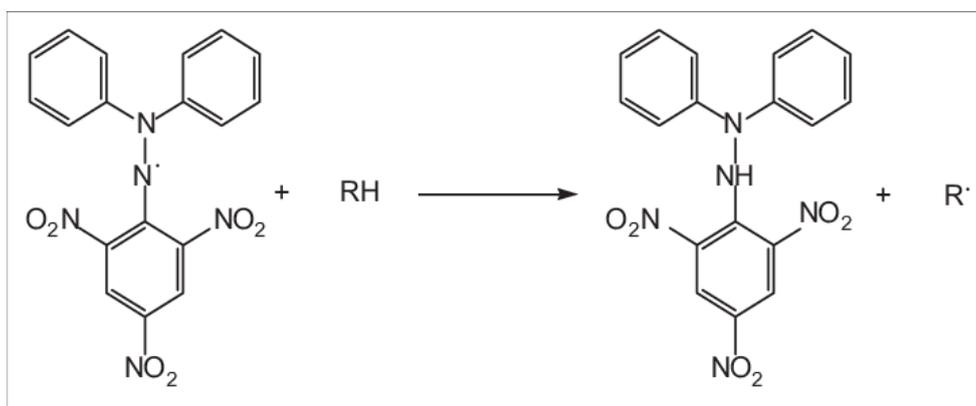


Figure 9: Structure de DPPH avant et après la réaction avec un antioxydant (Molyneux, 2004).

Matériel et méthodes

Mode opératoire :

L'activité antioxydante des extraits de la plante est évaluée par la mesure du pouvoir de piégeage du radical DPPH selon la méthode décrite par **Dris (2020)**. Un volume de 100 µl de chaque extrait préparées (extraits aqueux et l'extraits hydromethanolique) à différentes concentrations (500, 250, 100, 50, 10 µg/ml) est mélangé avec 2.9 ml d'une solution méthanolique de DPPH de 0,004% (p/v). Après 30 min d'incubation à l'obscurité et à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 517 nm par spectrophotomètre 7305 UV-Visible. Nous procédons de la même manière pour l'acide ascorbique (antioxydant de référence).

Détermination du pourcentage d'inhibition :

L'activité antiradicalaire est exprimée en pourcentage de réduction de la solution de DPPH°, le pouvoir de réduction est déterminé en appliquant la formule suivante :

$$PR = (AC - AE) / AC \times 100$$

PR : Pouvoir réducteur exprimé en pourcentage (%) ;

AE : Absorbance de la solution de DPPH° en présence de l'extraits ou de l'acide ascorbique ;

AC : Absorbance du Blanc, la solution de DPPH° en absence de l'extrait et de l'acide Ascorbique (**Karagözler et al., 2008**).

4.2. Activité de pouvoir réducteur (Test de FRAP)

Principe

La méthode est basée sur la capacité d'un antioxydant donné à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) présent dans le complexe de ferrocyanure de potassium ($K_3Fe(CN)_6$) en fer ferreux (Fe^{2+}) (**Müller et al., 2011**). La révélation de la couleur se fait par virement de la couleur jaune du fer ferrique à la couleur bleu-vert du fer ferreux. L'intensité de la couleur est mesurée par spectrophotométrie à 700 nm, où une absorbance élevée indique un fort pouvoir réducteur de l'échantillon (**Dris, 2020 ; Gholivand et al., 2010**).

Mode opératoire :

Le pouvoir réducteur des extraits phenoliques a été déterminé selon la méthode décrite par **Dris (2020)**, pour ce faire :

un volume de 1 ml de chaque extrait (infusion, macératuin) préparées à différentes concentrations (500, 250, 100, 50, 10 µg/ml) est mélangé avec 2.5 ml d'une solution tampon phosphate (0.2 M, pH 6.6) et 2.5 ml d'une solution de ferrocyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ à

Matériel et méthodes

1%. L'ensemble est incubé au bain-marie à 50°C pendant 20 min puis, refroidi à température ambiante, après refroidissement, 2.5 ml d'acide trichloracétique à 10% sont ajoutés pour stopper la réaction.

Le mélange est centrifugé à 3000 tours/min pendant 10 min, puis 2.5 ml de surnageant est mélangé avec 2.5 ml d'eau distillée et 0.5 ml d'une solution aqueuse de trichlorure de fer FeCl_3 à 0.1%.

La mesure de l'absorbance du milieu réactionnel se fait 10 min après incubation à 700 nm par spectrophotomètre 7305 UV-Visible contre un blanc semblablement préparé, en remplaçant l'échantillon de l'extrait par de l'eau distillée. Une solution d'acide ascorbique préparée à différentes concentrations (comprise entre 500 et 5 $\mu\text{g/ml}$) et dans les mêmes conditions est utilisée comme contrôle positif.

Resultats et discussion



Resultats et discussion

Etude l'activité antioxdante des extraits d'Ammoïdes verticillata

Pour l'étude de l'activité antioxydante, nous avons fait appel à différents tests à savoir

1. Rendements d'extraction des composés phénoliques d'*Ammoides verticillata*

Le calcul des rendements est réalisé pour les deux extraits (aqueux et hydrométhanolique) d'*Ammoides verticillata*, les extraits obtenus ont des rendements différents représentés dans le tableau en dessous

Tableau 5: Le rendement des extraits.

Extrait	Poid végétale (g)	Poid d'extrait (g)	Rendement (%)
Aqueux	10	1,365	13,65
Hydrométhanolique	10	0,681	6,18

Les résultats indiqués dans le tableau (5) montrent que l'extrait obtenu par infusion (extrait aqueux) présente le meilleur rendement qui est de (13,65%), alors qu'avec l'extrait hydrométhanolique le rendement est de (6,18%).

Les rendements d'extraction dépendent à la fois de la plante étudiée et aussi du solvant d'extraction et de la méthode utilisée. L'extraction efficace des molécules biologiquement actives nécessite l'utilisation de solvants de polarités différentes, certaines molécules sont mieux solubles dans les solvants polaires tels que le méthanol et l'eau (**Smolskaitė et al., 2014**).

Il a été démontré que le taux d'extraction augmente avec l'augmentation de la température (**Penchev et al., 2010**). Selon **Majhenic et al (2007)**, l'extraction par solvant à température élevée donne des rendements plus élevés d'extraits secs par rapport à l'extraction à

Resultats et discussion

température ambiante, cela explique que l'eau chaude (bouillante) induit la perturbation des cellules, ce qui augmente la capacité d'extraction (**Albano et Miguel, 2010**).

2. Teneur en polyphénols totaux :

La détermination des teneurs en phénols totaux dans les deux extraits est faite en utilisant la méthode colorimétrique Folin-Ciocalteu rapportée en mg équivalent d'acide gallique/g du matériel végétal sec, les résultats sont présentées dans la **figure 11**.

La courbe d'étalonnage est élaborée par une solution standard de l'acide gallique à des concentrations différentes. La formule de la régression linéaire de cette courbe est de $y = 0,0014 x + 0,1603$ avec un coefficient de corrélation R^2 égal à 0,9273.

D'après les résultats obtenus, nous avons constaté que les deux extraits préparés contiennent des composés phénoliques mais à des concentrations différentes. L'extrait hydrométhanolique a présenté la concentration la plus élevée des polyphénols totaux (175,4 mg EAG/g MS), par contre, l'extrait aqueux a présenté un taux de 93,23 mg EAG/g MS.

En comparaison avec les résultats obtenus par **Bendjabeur (2019)**, l'extrait éthanolique de la même espèce a montré un teneur de polyphenols totaux égale à 170,28.

Selon **Belkhouja et al., (2020)**, l'extrait aqueux n'a pas dépassé 9.52 mg EAG/g. L'analyse des composés phénoliques totaux peut être affectée par les méthodes d'extraction et les solvants (**Bohn et al., 2015**).

D'après **Sun et ses collaborateurs (2007)**, le méthanol est le meilleur solvant pour extraire les antioxydants d'une plante. Les solvants hydro-alcooliques permettent d'extraire les molécules actives très polaires (**Gourguillon et al., 2016**).

Ces facteurs peuvent expliquer les différences observées entre les teneurs phénoliques des extraits analysés dans cette étude et les valeurs identifiées dans la littérature pour cette plante. Malgré ces différences, les résultats indiquent que cette plante est une source importante de composés phénoliques.

Les tests phytochimiques sur les différentes préparations des parties aériennes d'*Ammoides verticillata*, ont révélé la richesse de cette plante en composés phénoliques : tanins catéchiques, flavonoïdes, flavones, leucoanthocyanes, coumarines, anthocyanes et quinones libres (**Belkhodja et al., 2020 ; Daira et al., 2016**).

L'étude phytochimique des parties aériennes (tige, fleurs) d'*Ammoides verticillata* a révélée sa richesse en composés polyphénoliques : flavonoïdes, saponines, tanins, saponines, saponines, etc (**Belkhodja et al., 2020 ; Oumessaad et al., 2011**). En effet, il existe une relation positive entre le potentiel d'activité antioxydante et la quantité de composés

Resultats et discussion

phénoliques présente dans les extraits de la plante (Ben Jalloul et al., 2022 ; Mohamed Said et Benmansour, 2018 ; El Ouariachi et al., 2010).

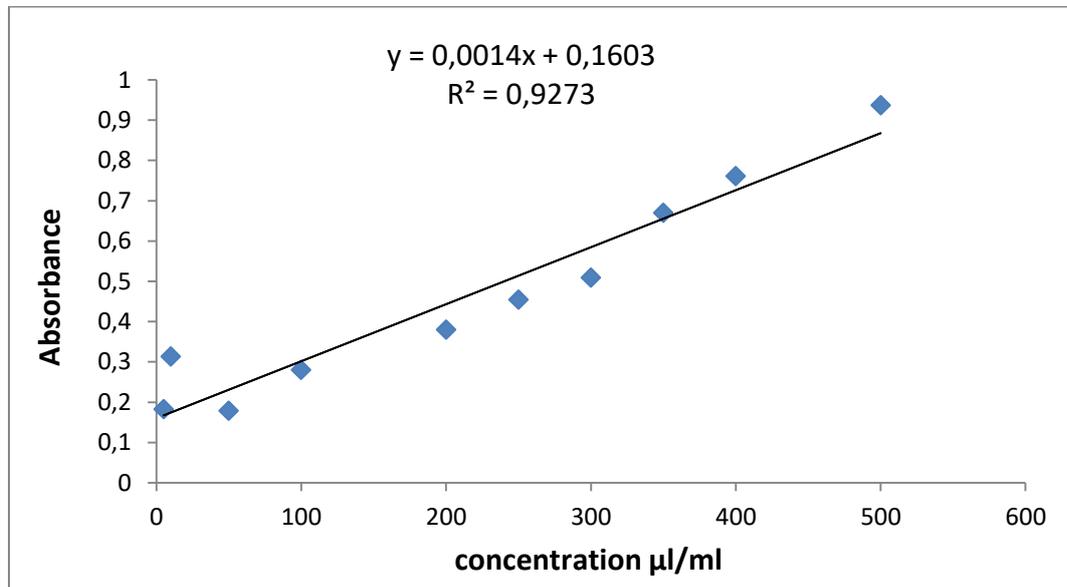


Figure 10 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.

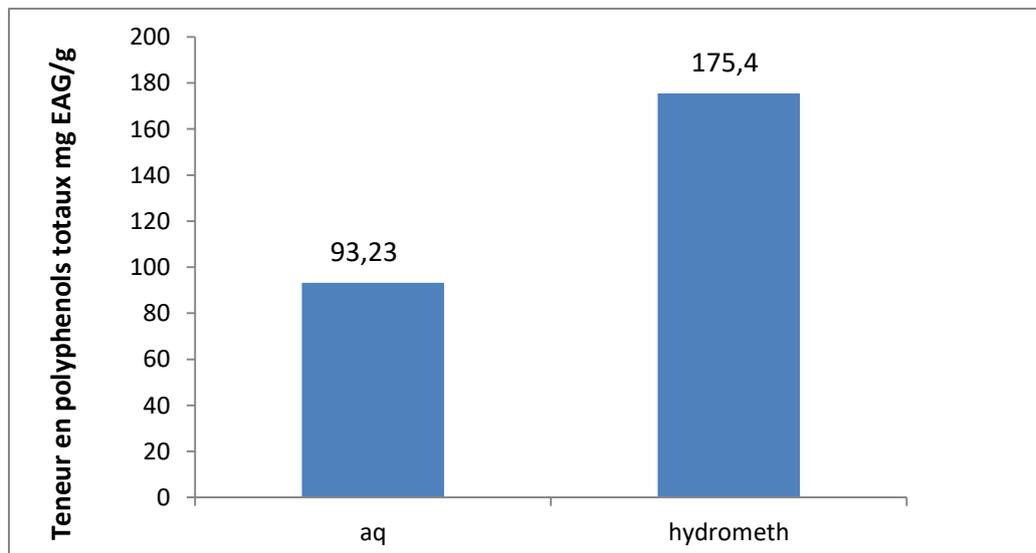


Figure 11: Teneur en polyphénols totaux (mg EAG/g MS) dans l'extrait aqueuse et l'extrait hydrométhanolique d'*Ammodites verticillata*.

Resultats et discussion

3. Étude de l'activité antioxydante

3.1. Test du piégeage du radical libre DPPH

L'activité antioxydante des extraits hydrométhanolique et aqueux d'*Ammoides verticillata* et de l'antioxydant standard (acide gallique) vis-à-vis du radical DPPH a été évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre en suivant la réduction de ce radical.

Les résultats de mesure des pourcentages d'inhibition des deux extraits de la plante et de l'acide gallique sont illustrés dans la figure (12).

Les résultats montrent que l'extrait hydrométhanolique assure une bonne inhibition du radical DPPH marquant ainsi son effet antioxydant par un pourcentage d'inhibition de 87,88% à la concentration de 500 µg/ml, et aussi à faible concentration de 10 µg/ml le pourcentage d'inhibition est de 63,38%.

Les résultats obtenus avec l'extrait aqueux indiquent un pourcentage d'inhibition considérable contre le radical DPPH égale à 83,78% à la concentration de 50 µg/ml.

L'acide gallique possède un pourcentage d'inhibition élevé, à la concentration (500 µg/ml) on note un pourcentage d'inhibition de 99,9% montrant l'effet antioxydant vis à vis du radical DPPH. L'effet de l'acide gallique à différentes concentrations, reste supérieur à celui de l'extrait hydrométhanolique et de l'extrait aqueux aux mêmes concentrations.

D'après **Meriah et Belkacem (2020)**, l'extrait éthanolique de la même espèce a montré une grande activité d'inhibition du radical DPPH, pour une concentration de 0,5 mg/ml, l'activité antioxydante était de 90%.

Une autre étude faite par **Merzougui et Tadj (2012)** a mis en évidence l'activité antioxydante de l'extrait aqueux de l'*Ammoides verticillata* et qui a enregistré des résultats similaires aux notre, pour une concentration de 0,5 mg/ml, le pourcentage d'inhibition était de 70%.

L'étude de **Enneb et al., (2015)** pour l'évaluation de l'activité antioxydante de *L.inermis* vis-à-vis de DPPH, a montré que les extraits méthanoliques a un pouvoir antioxydant intéressant, la plus haute a été enregistrée dans l'extrait de feuilles.

D'après **Noureddine et al., (2015)**, l'étude de l'activité antioxydante de trois plantes médicinales locales : l'*Artemisia campestris*, le *Juniperus phoenicea*, et le *Thymus*

Resultats et discussion

algeriensis a montré que l'extrait hydrométhanolique du *Thymus algeriensis* était plus actif comme agent antioxydant.

Ces résultats indiquent que les deux extraits contiennent des quantités variables de composés actifs responsables de l'activité antioxydante, mais puisque l'extrait hydrométhanolique représente l'activité la plus élevée, cela est dû probablement à sa teneur élevée en composés phénoliques par rapport à l'extrait aqueux.

D'autres études ont rapporté une forte relation entre l'activité antioxydante et la teneur totale en phénols (Smolskaitė et al., 2014), la structure des phénols constituée d'un cycle aromatique portant des hydroxyles explique leur capacité à agir comme agent réducteur, donneur d'hydrogène et du piégeage des radicaux libres (Ben jalloul et al., 2022).

Les résultats du screening phytochimique obtenue par Daira et al (2016), confirment la richesse de la plante *Ammoides verticillata* en composés phénoliques. Ce qui explique l'activité antioxydants que possède cette plante.

Les résultats de Bakchiche et Gherib (2014) indiquent que les plantes aromatiques sélectionnées sont riches en antioxydants tels que les composés phénoliques, les flavonoides et flavanones qui possèdent la propriété de piéger les radicaux libres et de réduire les oxydants. L'étude confirme également une certaine corrélation entre la teneur en composés phénoliques et l'activité anti-radicalaire.

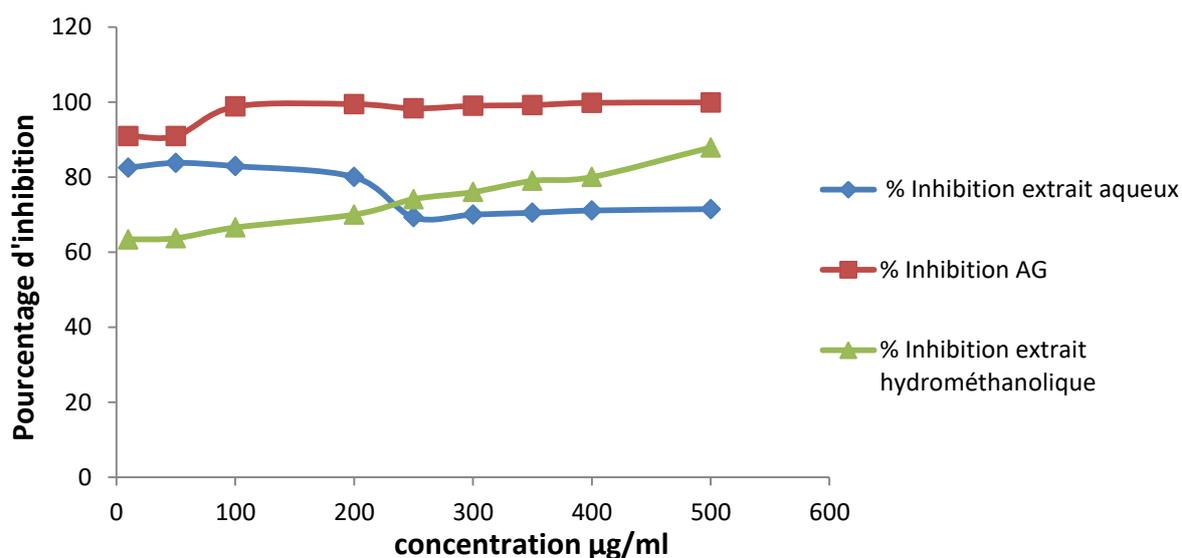


Figure 12: Evolution d'activité du piégeage du radical libre DPPH des deux extraits étudiés et acide gallique en fonction de différentes concentrations (Les résultats sont présentés sous forme de moyenne arithmétique).

Resultats et discussion

3.2. Pouvoir réducteur du fer (test de FRAP)

Pouvoir réducteur du fer (test de FRAP) est un autre test différent de celui piégeage du radical libre DPPH, est réalisé pour l'évaluation de la l'activité antioxydante des extraits aqueux et hydrométhanolique de la plante *Ammoides verticillata*. Les résultats obtenus des pouvoir réducteur des deux extraits de la plante et de l'acide ascorbique sont présentés dans la figure (13).

D'après les résultats obtenus, on remarque que le pouvoir réducteur de l'extrait aqueux de la plante dépend de la concentration c'est-à-dire que la capacité de réduction de fer est proportionnelle à l'augmentation de la concentration d'extrait aqueux.

A la concentration de 500mg/ml, le pouvoir réducteur de l'extrait aqueux est largement supérieur (65,47%) par rapport à l'extrait hydrométhanolique (45,43%), mais nettement inférieur à celui de l'acide ascorbique (86,7%).

Ainsi, la capacité réductrice des composés peut servir d'indicateur significatif de son activité antioxydante potentielle (Guettaf et al., 2016).

Il est évident que l'activité antioxydante obtenue par nos extraits est attribuée à leur richesse en composés phénoliques. Les phénols sont des constituants végétaux très importants en raison de leur capacité de piégeage due à leurs groupes hydroxyles, une relation hautement Epositive entre les phénols totaux et l'activité antioxydante a été trouvée dans de nombreuses espèces de plantes (Gülçin et al., 2004).

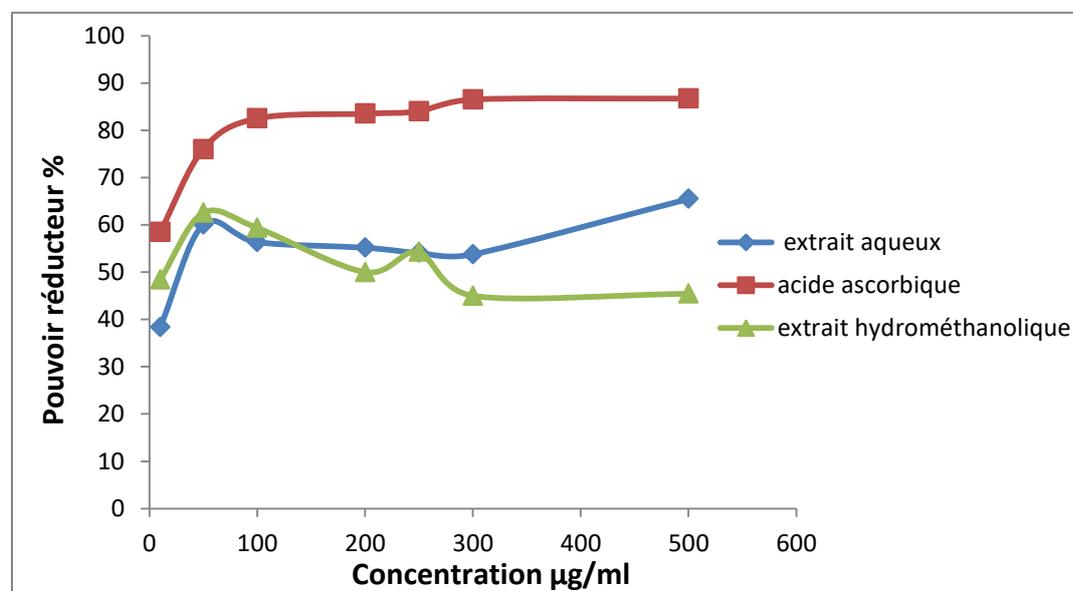


Figure 13 : l'activité antioxydante des extraits par la méthode de FRAP (Les résultats sont présentés sous forme de moyenne arithmétique).

Resultats et discussion

L'étude réalisée par **Hammoudi et al., (2015)** de potentiel antiradicalaire par test de DPPH, le FRAP des extraits plantes *Teucrium polium geyrii* Maire, *Deverra scoparia* Coss et *Salvia chudaei* Battandier, ont été soumises à deux méthodes d'extraction des composés phénoliques, par ultrasons et macération. Montré que Leurs extraits peuvent être considérés comme une source d'antioxydants naturels contribuant à la prévention de diverses maladies en les utilisant comme additifs alimentaires.

L'étude de **Bougandoura et Bendimerad (2012)** indique le pouvoir antioxydant qui est évalué par la méthode du piégeage du radical libre DPPH et celle de la réduction du fer FRAP, a indiqué que les extraits aqueux de *Satureja calamintha ssp. nepeta* (L.) Briq. connue sous le nom vernaculaire « nabta », ont une bonne activité antioxydante supérieure à 90% à la concentration 4,62mg/ml. D'autre part, le test de FRAP a révélé que l'extrait méthanolique de la « nabta » a un pouvoir réducteur plus élevé.

L'étude réalisée par **Kassi et al., (2020)** du pouvoir antioxydant et de la teneur en polyphénols totaux, de six plantes médicinales (*Carica papaya* Linn, *Ceiba pentandra* Gaertn, *Heliotropium indicum* Linn, *Jatropha curcas* Linn, *Paullinia pinnata* Linn et *Voacanga africana* Stapfa) montré que deux extraits (*Paullinia pinnata* et de *Voacanga africana*) renferment plus de polyphénols totaux et de pouvoir antioxydant que les autres plantes.

Conclusion



Conclusion

Les plantes aromatiques et médicinales jouent un rôle important en médecine traditionnelle, elles représentent une source intéressante de composés bioactifs, la médecine moderne utilise aussi les vertus thérapeutiques des extraits des plantes dans divers maladies.

Ammoides verticillata est largement utilisées dans la médecine traditionnelle et par la population locale. Le travail que nous avons entrepris vise principalement à la valorisation de la plante à travers l'étude de l'activité antioxydant de ces différents extraits.

D'abord, Nous avons déterminé quantitativement la teneur en polyphénols totaux de l'extrait hydrométhanolique, obtenus par simple macération de la plante *A. verticillata*, il possède la teneur la plus élevée de l'ordre de 175,4mg EAG /g MS, par rapport à la teneur en polyphénols totaux de l'extrait aqueux qui est égale à 93,23mg EAG /g MS.

Ensuite, nous nous sommes intéressées à l'évaluation de l'activité antioxydante, par des méthodes standards, in vitro, qui sont le piégeage du radical DPPH et la réduction du fer (FRAP).

A propos de l'activité antioxydant, les résultats ont montré des activités variables pour les extraits testés. L'extrait hydro-méthanolique a présenté le meilleur effet qui est comparable à celui de l'acide guallique par la méthode de neutralisation du radical DPPH, tandis que l'extrait aqueux est le plus faible par rapport à l'acide gallique et l'extrait hydro-méthanolique.

Parallèlement, nos extraits ont présenté des activités comparables à l'acide ascorbique pour la méthode FRAP. Cependant, l'activité antioxydant de tous nos extraits reste relativement inférieure à celle de l'acide ascorbique.

Les résultats obtenus confirment l'usage traditionnel de la plante sélectionnée en Algérie, ils valorisent les vertus thérapeutiques de ses extraits. Ils ouvrent également des perspectives multiples qui permettent d'approfondir nos études dans ce domaine.

Enfin, l'étude relation structure-activité permettra de corréler les résultats des tests biologiques avec des structures bien précises.

Cette étude est très importante si l'on veut améliorer l'effet biologique de ces composés. Ceci permettra dans le futur la synthèse de molécules potentiellement actives.

Références bibliographiques



Références bibliographiques

- **Abbas M, Saeed F, Anjum F M, Afzaal M, Tufail T, Bashir M S, Ishtiaq A, Hussain S et Suleria H A R (2017).** Natural polyphenols: An overview. *International Journal of Food Properties*, 20(8), 1689-1699.
- **Abdel-Moneim A M E, Shehata A M, Alzahrani S O, Shafi M E, Mesalam N M, Taha A E et Abd El-Hack M E (2020).** Le rôle des polyphénols dans l'alimentation des volailles. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104 (6), 1851-1866.
- **Al-Awadi F M, Khattar M A et Gumaa K A (1998).** Sur le mecanisme de l'effet hypoglycemiant d'un extrait de plante. *Diabetologia* , 28 , 432-43.
- **Albano S M et Miguel M G (2010).** Biological activities of extracts of plants grown in Portugal. *Ind Cro Prod*, 1-6.
- **Albuquerque B R, Heleno S A, Oliveira M B P, Barros L et Ferreira I C (2020).** Phenolic compounds: Current industrial applications, limitations and future challenges. *Food & function*, 12(1), 14-29.
- **Ambriz-Pérez D L, Leyva-López N, Gutierrez-Grijalva E P et Heredia J B (2016).** Composés phénoliques : Alternative naturelle dans le traitement de l'inflammation. Une critique. *Cogent Alimentation & Agriculture* , 2 (1), 1131412.
- **Attou A, Davenne D, Benmansour A et Lazouni H A (2017).** Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle d'Ammoides verticillata de l'Ouest algérien. *Phytothérapie*, 1-7.
- **Bakchiche B et Gherib A (2014).** "Activités antioxydantes des polyphenols extraits de plantes médicinales de la pharmacopée traditionnelle d'Algérie. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 9(1), 167.
- **Balasundram N, Sundram K et Samman S (2005).** Composés phénoliques dans les plantes et les sous-produits agro-industriels : activité antioxydante, présence et utilisations potentielles. *Chimie alimentaire*, 99(1), 191-203.
- **Baudin B (2020).** Stress oxydant et protections antioxydantes. *Revue Francophone des Laboratoires*, 522, 22-30.
- **Beconcini D, Felice F, Fabiano A, Sarmento B, Zambito Y et Di Stefano R (2020).** Antioxidant and anti-inflammatory properties of cherry extract: nanosystems-based strategies to improve endothelial function and intestinal absorption. *Foods*, 9(2), 207.

Références bibliographiques

- **Bekhechi C, Boti J B, Bekkar F A, Abdelouahid D E, Casanova J et Tomi F (2010).** Isothymol in Ajowan essential oil. *Natural product communications*, 5(7), p:1107-1110.
- **Belkhodja H, Belhouala K et Nehal S (2020).** Phytochemical Screening and Evaluation of the Antiarthritic Potential of Ammoides pusilla Aqueous Extract on Freund's Adjuvant-Induced Rheumatoid Arthritis. *Pharmaceutical sciences*, 27(2), 170-182.
- **Belščak-Cvitanović A, Durgo K, Hudek A, Bačun-Družina V et Komes D (2018).** Présentation des polyphénols et de leurs propriétés. Dans *Polyphénols : Propriétés, valorisation et applications*, pp 3-44.
- **Benabderrahim M A, Yahia Y, Bettaieb I, Elfalleh W et Nagaz K (2019).** Antioxidant activity and phenolic profile of a collection of medicinal plants from Tunisian arid and Saharan regions. *Industrial Crops and Products*, 138, 111427.
- **Bendjabeur S.** Etude phytochimique et activités biologiques des huiles essentielles et des extraits éthanoliques de *Teucrium polium* subsp *capitatum*, *Thymus algeriensis* et *Ammoides verticillata*. (2019). Ecole nationale supérieure agronomique El-Harrach-ALGER. Pp 194.
- **Benjalloul A B, Ayadi N, Klai A et Abderrabba M (2022).** Functionalization of Pasteurized Milk Using Rosemary, Thyme, and Ammoides Aqueous Extracts for Better Microbial Quality and an Improved Antioxidant Activity. *Molecules*, 27(12), 3725.
- **Benoît B (2012).** Nomenclature de la flore de la France. *Tela Botanica BDNFF*, 4, Pp 15.
- **Bensakhria A (2018).** Le stress oxydatif. *Toxicologie générale*, 70-86.
- **Bhamre S, Sahoo D, Tibshirani R, Dill D L et Brooks J D (2010).** Gene Expression Changes Induced by Genistein in the Prostate Cancer Cell Line LNCaP. *The Open Prostate Cancer Journal*, 3, 86–98.
- **Bnouham M, Merhfour F Z, Legssyer A, Mekhfi H, Maallem S et Ziyat A (2007).** Antihyperglycemic activity of *Arbutus unedo*, *Ammoides pusilla* and *Thymelaea hirsuta*. *Pharmazie*, 62, p 630-632.
- **Bnouham M, Merhfour F Z, Ziyat A, Aziz M, Legssyer A, Mekhfi H (2010).** Antidiabetic effect of some medicinal plants of Oriental Morocco in neonatal non-

Références bibliographiques

- insulin- dependent diabetes mellitus rats. *Human Experimental Toxicology*, 29, 865-871.
- **Bohn T, McDougall G J, Alegría A, Alminger M, Arrigoni E, Aura A, Brito C, Cilla A S, Karakaya S, Martínez-Cuesta M et Santos C (2015).** Mind the gap-deficits in our knowledge of aspects impacting the bioavailability of phytochemicals and their metabolites-a position paper focusing on carotenoids and polyphenols. *Molecular Nutrition and Food Research*, 59(7), 1307-1323.
 - **Bougandoura N, Bendimard N (2012).** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha ssp Nepeta (L)* Briq. *Nature et technologie*, 9, 14.
 - **Bousetla A, Akkal S, Medjroubi K, Louaar S, Azouzi S, Djarri L, Zaabat N, Laouer H, Chosson E et Seguin E (2005).** Flavonoid glycosides from *Ammoides pusilla*. *Chemistry of natural compounds*, 41, 95-96.
 - **Brand-Williams W, Cuvelier M E et Berset C L W T (1995).** Utilisation d'une méthode radicalaire pour évaluer l'activité antioxydante. *LWT-Food science and Technology*, 28 (1), 25-30.
 - **Bravo L (1998).** Polyphénols : chimie, sources alimentaires, métabolisme et importance nutritionnelle. *Revue nutritionnelle*, 56 (11), 317-333.
 - **Brunton J.** Toxic plants dangerous to humans and animals. (1999). P 545.
 - **Checkouri E, Reignier F, Robert-Da Silva C et Meilhac O (2020).** Evaluation de la teneur en polyphénols et du pouvoir antioxydant d'extraits aqueux de huit plantes médicinales de l'île de la Réunion : Protection contre le stress oxydatif des globules rouges et des préadipocytes. *Antioxydants*, 9 (10), 959.
 - **Cherfia R, Milet A, Talhi I, Kara Ali M et Kacem Chaouche N (2022).** Extraction, quantification et activités biologiques des composés phénoliques de deux plantes aromatiques du Nord d'Algérie. *Journées Nationales en Biotechnologies et Bioinformatiques*, Pp 79.
 - **Chikezie P C, Ibegbulem C O et Mbagwu F N (2015).** Bioactive principles from medicinal plants. *Research Journal of Phytochemistry*, 9(3), 88-115.
 - **Chira K, Suh J H, Saucier C et Teissèdre P L (2008).** Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie*, 6(2), 75-82.
 - **Chouikh A, Chems A E, Aounallah C, Aounallah et Alia F (2020).** Phytochemical study, nutritive value, antioxidant and anti-inflammatory activities of

Références bibliographiques

- phenolic extracts from desert plant *Calligonum comosum* L'Hér. Algerian journal of biosciences, 1(2), 68-75.
- **Choukran B et Debchi B K M (2022)**. Effets anticancéreux de certaines plantes médicinales: cas du cancer colorectal.
 - **Daira N E H, Maazi M C et Chefrour A (2016)**. Contribution à l'étude phytochimique d'une plante médicinale (*Ammoides verticillata* Desf. Briq.) de l'Est Algérien. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, 85(1), 276-290.
 - **Dangles O (2006)**. The physic-chemical properties of polyphenols. Tech & Doc, 17, p 64.
 - **Dangles O (2006)**. The physico-chemical properties of polyphenols (Tech & Doc). Lavoisier, 17: p 64.
 - **Dasgupta N et Bratati D (2007)**. Antioxidant activity of some leafy vegetables of India: A comparative study. Food chemistry, 101(2), 471-474.
 - **Deepika et Maurya P K (2022)**. Avantages pour la santé de la quercétine dans les maladies liées à l'âge. Molécules , 27 (8), 2498.
 - **Defraigne J O et Pincemail J (2008)**. Stress oxydant et antioxydants: mythes et réalités. Revue médicale de Liège, 63.
 - **Del Rio D, Rodriguez-Mateos A, Spencer J P, Tognolini M, Borges G et Crozier A (2013)**. Les polyphénols alimentaires en santé humaine : structures, biodisponibilité et preuves d'effets protecteurs contre les maladies chroniques. Antioxydants et signalisation redox , 18 (14), 1818-1892.
 - **Di Meo S et Venditti P (2020)**. Évolution des connaissances sur les radicaux libres et autres oxydants. Médecine oxydative et longévité cellulaire , 2020 .
 - **Diallo A**. Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Syzgium guine* Willd (Myrtacées). (2005). université de Bamako, 275.
 - **Didi M (2020)**. Evaluation of the antioxidant activity of the coffee parchment. Scientific Study and Research, 20, 2-32.
 - **Dris I**. Caractérisation chimique des huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* L. Evaluation du pouvoir antimicrobien et antioxydant (2020). Université Ahmed Ben Yahia El wancharissi-Tissemsilt,137.
 - **Duda-Chodak A, Tarko T, Satora P et Sroka P (2015)**. Interaction of Dietary Compounds, Especially Polyphenols,with the Intestinal Microbiota: A Review. European Journal of Nutrition, 54, 325–341.

Références bibliographiques

- **Durand D, Damon M et Gobert M (2013).** Le stress oxydant chez les animaux de rente: principes généraux. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 48(5), 218-224.
- **El Ouariachi E M, Tomi P, Bouyanzer A, Hammouti B, Desjobert J M, Costa J et Paolini J (2010).** Chemical composition and antioxidant activity of essential oils and solvent extracts of *Ptychotis verticillata* from Morocco. *Food and chemical toxicology*, 49 533–536.
- **El Ouariachi E, Bouyanzer A, Salghi R, Hammouti B, Desjobert J M, Costa J, Paolini J et Majidi L (2013).** Inhibition of corrosion of mild steel in 1 M HCl by the essential oil or solvent extracts of *Ptychotis verticillata*. *Research on Chemical Intermediates*, 41, 935-946.
- **Enneb H, Belkadhi A, Cheour F et Ferchichi A (2015).** Comparaison des composés phénoliques et du pouvoir antioxydant de la plante de henné (*Lawsonia inermis L.*). *Journal of New Sciences*, 20.
- **Faitg J, Reynaud O, Leduc-Gaudet J P et Gouspillou G (2017).** Dysfonctions mitochondriales et vieillissement musculaire-Une mise à jour. *médecine/sciences*, 33(11), 955-962.
- **Favier A (2003).** Le stress oxydant. *L'actualité chimique*, 108(10), 863-832.
- **Favier A (2006).** Stress oxydant et pathologies humaines. In *Annales pharmaceutiques françaises* . 64 (6), 390-396.
- **Felidj M, Bouazza M et Ferouani T (2010).** Note sur le cortège floristique et l'intérêt de la plante médicinale *Ammoides pussila* (*verticillata*) dans le Parc national des Monts de Tlemcen (Algérie occidentale). *Geo-Eco-Trop*, 34, 147-154.
- **Felidj M, Bouazza M, et Ferouani T (2013).** *Ammoides verticillata* (brot.) breistr. aromatic and medicinal plant endangered in the mountains of Tlemcen (western algeria). *Acta horticulturae*, 997, 25-32.
- **Fleuriet A, Jay-Allemand C et Macheix J J (2005).** Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. *Presses polytechniques et universitaires romandes* . 121-216.
- **Flieger J, Flieger W, Baj J et Maciejewski R (2021).** Antioxydants : classification, sources naturelles, mesures d'activité/capacité et utilité pour la synthèse de nanoparticules. *Matériaux* , 14 (15), 4135.
- **Gee J M et Johnson I T (2001).** Polyphenolic compounds: interactions with the gut and implications for human health. *Current Medicinal Chemistry*, 8, 1-182.

Références bibliographiques

- **Ghazghazia H, Chediab A, Abderrazakb M et Brahim H (2013).** Comparaison des contenus en polyphénols et de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques de quatre plantes collectées du nord de Tunisie. *Microbiol Hyg Alim*, 25(73), 37-41.
- **Gholivand M B, Rahimi-Nasrabadi M, Batooli H et Ebrahimabadi A H (2010).** Chemical composition and antioxidant activities of the essential oil and methanol extracts of *Psammogeton canescens*. *Food Chem. Toxicol*, 48(1), 24-28
- **González-Sarrías A, Tomás-Barberán F A et García-Villalba R (2021).** Structural diversity of polyphenols and distribution in foods. *Dietary Polyphenols: Their Metabolism and Health Effects*, 1-29.
- **Goudable J et Favier A (1997).** Radicaux libres oxygénés et antioxydants. *Nutrition clinique et métabolisme*, 11(2), 115-120.
- **Gourguillon L, Destandau É, Lobstein A et Lesellier E (2016).** Comparaison de différentes méthodes d'extraction d'acides dicaféoylquiniques à partir d'une plante halophile. *Comptes Rendus Chimie*, 19(9), 1133-1141.
- **Guettaf S, Abidli N, Kariche S, Bellebcir L et Bouriche H (2016).** Phytochemical screening and antioxidant activity of aqueous extract of *Genista Saharae* (Coss. & Dur.). *Der Pharmacia Lettre*, 8(1), 50-60.
- **Gülçin I (2012).** Activité antioxydante des constituants alimentaires : un aperçu. *Archives de toxicologie*, 86, 345-391.
- **Gülçin I, Küfrevioğlu Ö İ, Oktay M et Büyükokuroğlu M E (2004).** Antioxidant, antimicrobial, antiulcer and analgesic activities of nettle (*Urtica dioica* L.). *Journal of ethnopharmacology*, 90(2-3), 205-215.
- **Halliwell B (2007).** Biochimie du stress oxydatif. *Transactions de la société biochimique*, 35 (5), 1147-1150.
- **Halliwell, B. (1999).** Mécanismes de défense antioxydante : du début à la fin (du début). *Recherche sur les radicaux libres*, 31 (4), 261-272.
- **Hamma S (2019).** Rôle du stress oxydatif dans le cancer de la prostate. *Journal Algérien de Médecine*, 1, 21.
- **Hammoudi R.** Activités biologiques de quelques métabolites secondaires extraits de quelques plantes médicinales du Sahara méridional algérien. (2015). Université Kasdi Merbah Ouargla. Pp 152.
- **Haslam E, Lilley T H, Cai Y, Martin R et Mangnolato D (1989).** Médicaments traditionnels à base de plantes - le rôle des polyphénols. *Planta medica*, 55 (01), 1-8.

Références bibliographiques

- **Hayes J D, Dinkova-Kostova A T et Tew K D (2020).** Oxidative stress in cancer. *Cancer cell*, 38(2), 167-197.
- **Houba Z et Himeur H (2019).** Contribution à l'étude phytochimique et biochimique (In vitro et In vivo) des cônes femelles d'*Ephedra alata* DC . de la région d'Oued Souf. *Semantic scholar*. Pp 120.
- **Jean B.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. (2009). (4e éd).Pp 1243.
- **Karagözler A A, Erdağ B, Emek Y Ç et Uygun D A (2008).** Activité antioxydante et teneur en proline des extraits de feuilles de *Dorystoechas hastata*. *Chimie alimentaire* , 111 (2), 400-407.
- **Kassi A B B, Ballo D, Kabran A F, Sissouma D et Adjou A (2020).** Evaluation du pouvoir antioxydant et de la teneur en polyphénols totaux de six plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies cardiovasculaires. *Journal of Applied Biosciences*, 153(1), 15788-15797.
- **Koechlin-Ramonatxo C (2006).** Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydants ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. *Nutrition clinique et métabolisme*, 20(4), 165-177.
- **Kouamé L P, Kouadio E J P, Gbotognon J O, Fagbohoun J B, Kanga K A, Monnet Y T et Diomande M (2021).** Potentiel bioactif et antimicrobien de la transformation des produits de quatre variétés de mangue (*Mangifera indica* Variétés Amelie, Kent, Keitt et Brooks) de la région du Poro (Côte d'Ivoire). *Journal international de recherche et d'examen en biochimie*.
- **Lambert J D et Elias R J (2010).** Les activités antioxydantes et pro-oxydantes des polyphénols du thé vert : un rôle dans la prévention du cancer. *Archives de biochimie et biophysique* , 501 (1), 65-72.
- **Laouer H, Zerroug M M, Sahli F, Chaker A N, Valentini G, Ferretti G, Grande M et Anaya J (2003).** Composition and antimicrobial activity of *Ammoides pusilla* (Brot.) Breistr. essential oil. *Journal of Essential Oil Research*, 15(2), 135-138.
- **Leverve X (2009).** Stress oxydant et antioxydants. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 44(5), 219-224.
- **Ma Q (2010).** Réponses transcriptionnelles au stress oxydatif : implications pathologiques et toxicologiques. *Pharmacologie & thérapeutique* , 125 (3), 376-393.
- **Majhenič L, Škerget M et Knez Ž (2007).** Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. *Food chemistry*, 104(3), 1258-1268.

Références bibliographiques

- **Marmouzi I, Kharbach M, El Jemli M, Bouyahya A, Cherrah Y, Bouklouze A, Heyden Y V et Faouzi M E A (2019).** Antidiabetic, dermatoprotective, antioxidant and chemical functionalities in *Zizyphus lotus* leaves and fruits. *Industrial Crops and Products*, 132, 134-139.
- **McDougall G J, Shpiro F, Dobson P, Smith P, Blake A, Stewart, D (2005).** Different Polyphenolic Components of Soft Fruits Inhibit α -Amylase and α -Glucosidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2760–2766.
- **Meriah N, Belkacem F.** Etude chimique et biologique de trois plantes médicinales. (2020). Université Abou-Bakr-Belkaïd Tlemcen. P 72.
- **Merzougui I et Tadj H.** Etude de l'effet antibactérien et antioxydant d'*Ammoides verticillata* de la région de Tlemcen. (2012). Université Abou-Bakr-Belkaïd Tlemcen. P 59.
- **Mohamed Said R et Benmansour N (2018).** Biological activities (antioxidant and antimicrobial activity) of the aqueous extracts and essential oil of *Ammoides verticillata* (Nounkha). *Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine, Animal Science and Biotechnologies*, 75(2), 64-70.
- **Moudache M, Silva F, Nerín C et Zaidi F (2020).** Olive cake and leaf extracts as valuable sources of antioxidant and antimicrobial compounds: a comparative study. *Waste and Biomass Valorization*, 12, 1431-1445.
- **Moulyneux P (2004).** Utilisation du radical libre stable diphénylpicrylhydrazyle (DPPH) pour estimer l'activité antioxydante. *Song klanakarín j sci technol*, 26(2), 211-219.
- **Muanda F N.** Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques.(2010). Université Paul Verlaine-Metz, 295.
- **Müller L, Fröhlich K et Böhm V (2011).** Activités antioxydantes comparatives des caroténoïdes mesurées par le pouvoir antioxydant réducteur ferrique (FRAP), le test de blanchiment ABTS (α TEAC), le test DPPH et le test de piégeage des radicaux peroxydes. *Chimie alimentaire* , 129 (1), 139-148.
- **Munteanu I G et Apetrei C (2021).** Méthodes analytiques utilisées pour déterminer l'activité antioxydante : une revue. *Journal international des sciences moléculaires* , 22 (7), 3380.

Références bibliographiques

- **Narayana C, Somayajulu B A R et Thirumala Rao S D (1967).** Recovery of fatty oil from spent seeds of Ajowan (*Trachyspermum ammi* Linn). *The indian journal of Technology*, 5, 268-269.
- **Noureddine A, Saidat B, Bakchiche B et Maatallah M (2015).** Etude comparative des indices d'activité antioxydante des extraits du Cérium et du DPPH: Application sur trois plantes médicinales locales. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 13(3), 681-690.
- **Nuñez A, Benavente I, Blanco D, Boix H, Cabañas F, Chaffanel M, Fernández-Colomer B, Fernández-Lorenzo J R, Loureiro B, Moral M T, Pavón A, Tofé I, Valverde E et Vento M (2018).** Oxidative stress in perinatal asphyxia and hypoxic-ischaemic encephalopathy. *Anales de Pediatría (English Edition)*, 88(4), 228.
- **Okur İ, Baltacıoğlu C, Ağçam E, Baltacıoğlu H et Alpas H (2019).** Evaluation of the effect of different extraction techniques on sour cherry pomace phenolic content and antioxidant activity and determination of phenolic compounds by FTIR and HPLC. *Waste and Biomass Valorization*, 10, 3545-3555.
- **Oumessaad T, Abdelghani D et Chérifa H (2011).** Phytochemical study and antimicrobial activity of *Ammoides verticillata*, an Algerian endemic species. *Current Opinion in Biotechnology*, (22), S143.
- **Penchev P, Angelov G et Condoret J S (2010).** Extraction des agents antioxydants (acide rosmarinique) à partir de la mélisse (*Melissa officinalis* L.). *Revue de génie industriel*, 5, 115-123.
- **Penser santé.** Antioxydants contre radicaux libres. (2019).
- **Penser santé.** Les radicaux libres, qu'est-ce que c'est. (2019).
- **Perron N R et Brumaghim J L (2009).** Un examen des mécanismes antioxydants des composés polyphénoliques liés à la liaison du fer. *Biochimie et biophysique cellulaires*, 53, 75-100.
- **Quezel P et Santa S (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. Edition du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, P : 788-789.
- **Rasouli H, Farzaei M H et Khodarahmi R (2017).** Les polyphénols et leurs bienfaits : un bilan. *Journal international des propriétés alimentaires*, 20 (sup2), 1700-1741.

Références bibliographiques

- **Rolland Y (2004).** Antioxydants naturels végétaux. Oléagineux, Corps gras, Lipides, 11(6), 419-424.
- **Scarlbert A, Johnson I T et Saltmarsh M (2005).** Polyphenols: antioxydants and beyond. Am J Clin Nutr, 81, 215-217.
- **Schirner M (2004).** Huiles essentielles : description de plus de 200 huiles essentielles et huiles végétales. Guy Trédaniel, Pp 23.
- **Singla R K Dubey A K Garg A, Sharma R K Fiorino M, Ameen S M, Haddad M A et Al-Hiary M (2019).** Polyphénols naturels : Classification chimique, définition des classes, sous-catégories et structures. Journal de l'AOAC International , 102 (5), 1397-1400.
- **Smolskaitė L, Venskutonis P R et Talou T (2014).** Comprehensive evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of different mushroom species. LWT-Food Science and Technology, 60(1), 462-471.
- **Sosa V, Moliné T, Somoza R, Paciucci R, Kondoh H et Leonart M E (2013).** Oxidative stress and cancer: an overview. Ageing research reviews, 12(1), 376-390.
- **Souhail N, Sifaoui I, Hassine D B, Bleton J, Bonose M, Moussa F, Pinero J E, Lorenzo-Morales J et Abderrabba M (2017).** Ammoides pusilla (Apiaceae) essential oil: Activity against Acanthamoeba castellanii Neff. Experimental parasitology, 183, 99-103.
- **Souri E, Amin G, Farsam H, Jalalizadeh H et Barezi S (2007).** Screening of thirteen medicinal plant extracts for antioxidant activity. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 7(2), 149-154.
- **Souto E B, Sampaio A C, Campos J R Martins-Gomes C, Aires A et Silva A M (2019).** Polyphénols pour le cancer de la peau : propriétés chimiques, mécanismes d'action liés à la structure et nouveaux systèmes de délivrance. Études de chimie des produits naturels, 63, 21-42.
- **Sun T, Powers J R et Tang J (2007).** Evaluation of the antioxidant activity of asparagus broccoli and their juices. Food Chemistry 105: 101-106.
- **Taibi M, Elbouzidi A, Ou-Yahia D, Dalli M, Bellaouchi R, Tikent A, Roubi M, Gseyra N, Asehrou A, Hano C, Addi M, El Guerrouj, B et Chaabane, K (2023).** Assessment of the Antioxidant and Antimicrobial Potential of Ptychotis verticillata Duby Essential Oil from Eastern Morocco: An In Vitro and In Silico Analysis. Antibiotics, 12(4), 655.

Références bibliographiques

- **Tefiani C, Riazi A, Belbachir B, Lahmar H, Aazza S, Figueiredo A C et Miguel M G (2016).** *Ammoides pusilla* (Brot.) Breistr. from Algeria: Effect of harvesting place and plant part (leaves and flowers) on the essential oils chemical composition and antioxidant activity. *Open Chemistry*, 14(1), 343-350.
- **Tefiani C, Riazi A, Youcefi F, Aazza S, Gago C, Faleiro M L, Pedro L G, Barroso J G, Figueiredo A C, Megías C, Cortés-Giraldo I, Vioque J et Miguel M G (2015).** *Ammoides pusilla* (Apiaceae) and *Thymus munbyanus* (Lamiaceae) from Algeria essential oils: Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and antiproliferative activities. *Journal of Essential Oil Research*, 27(2), 131-139.
- **Thanan R, Oikawa S, Hiraku Y, Ohnishi S, Ma N, Pinlaor S, Yongvanit P, Kawanishi S et Murata M (2014).** Oxidative stress and its significant roles in neurodegenerative diseases and cancer. *International journal of molecular sciences*, 16(1), 193-217.
- **Trüeb, RM (2015).** L'impact du stress oxydatif sur les cheveux. *Journal international des sciences cosmétiques*, 37, 25-30.
- **Tsao R (2010).** Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, 2(12), 1231-1246.
- **Tutun H, Kaya M M, Usluer M S et Kahraman H A (2021).** Bee pollen: Its antioxidant activity. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 21(1), 119-131.
- **Vona R, Pallotta L, Cappelletti M, Severi C et Matarrese P (2021).** L'impact du stress oxydatif en pathologie humaine : Focus sur les troubles gastro-intestinaux. *Antioxydants*, 10 (2), 201.
- **Wehmer C (1931).** Doppelnamen in der Pflanzenchemie. *Zeitschrift für Angewandte Chemie*, 44(35), 719-720.
- **Yahfoufi N, Alsadi N, Jambi M et Matar C (2018).** Le rôle immunomodulateur et anti-inflammatoire des polyphénols. *Nutriments*, 10 (11), 1618.
- **Yakhlef G.** Etude de l'activité biologique des extraits de feuilles de *Thymus vulgaris L* et *Laurus nobilis L*. (2010).Magister thesis, Université de Batna 2
- **Zatout F, Benarba B, Bouazza A, Babali B, Bey N N et Morsli A (2021).** Enquête ethnobotanique sur les plantes médicinales utilisées par les populations locales dans le Parc National de Tlemcen (extrême nord-ouest algérien). *Mediterranean Botany*, 42, 12.

Références bibliographiques

- **Zehiroglu C et Ozturk Sarikaya S B (2019)**. L'importance des antioxydants et leur place dans les études scientifiques et technologiques d'aujourd'hui. *Journal des sciences et technologies alimentaires* , 56 , 4757-4774.
- **Zhang H et Tsao R (2016)**. Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects . *Current Opinion in Food Science*, 8, 33–42.
- **Ziani B E, Barros L, Boumehira A Z, Bachari K, Heleno S A, Alves M J et Ferreira I C (2017)**. Profiling polyphenol composition by HPLC-DAD-ESI/MSn and the antibacterial activity of infusion preparations obtained from four medicinal plants. *Food & function*, 9(1), 149-159.
- **Ziani B E, Calhelha R C, Barreira J C, Barros L, Hazzit M et Ferreira I C (2015)**. Bioactive properties of medicinal plants from the Algerian flora: Selecting the species with the highest potential in view of application purposes. *Industrial Crops and Products*, 77, 582-589.

Resumé

Dans le cadre de la valorisation de la flore algérienne, nous nous sommes intéressés à une espèce de la famille des Apiacées. La plante sur laquelle a porté notre choix est *Ammoides verticillata* ((Desf.) Bri). Dans ce travail on a étudié la partie aérienne de la plante pour évaluer l'effet antioxydant.

Sur le plan technique, nous avons évalué d'une part, le contenu en phénols totaux. D'autre part, l'activité antioxydante de deux extraits de la plante. (TCP) ont également été mesurées en utilisant un dosage au réactif de Folin-Ciocalteu. La capacité antioxydante de la plante est estimée par les tests DPPH et FRAP. Les résultats révèlent que le rendement d'extraction le plus élevé est obtenu par l'extrait aqueux qui est de (13,65%) et il est riche en polyphénols totaux (93,23 mg EAG/g MS), suivi par celui de l'extrait hydrométhanolique (6,18%), qui était aussi important. L'évaluation de l'activité antioxydante par la méthode de DPPH et le test de FRAP, a montré que l'extrait hydrométhanolique possède un pouvoir antioxydant contre le radical DPPH supérieur à l'extrait aqueux, au contraire l'extrait aqueux a un pouvoir reducteur supérieur à l'extrait hydrométhanolique.

Ces résultats intéressants confirment premièrement l'intérêt thérapeutique de la plante dans la médecine traditionnelle et assurent leurs utilisations comme sources naturelles des métabolites bioactifs.

Mots-clés : *Ammoides verticillata*, Composés phénoliques, activité antioxydante, stress oxydant.

Abstract

As part of the valorization of the Algerian flora, we were interested in a species of the family Apiaceae. The plant we chose is *Ammoides verticillata* ((Desf.) Bri). In this work the aerial part of the plant was studied to evaluate the antioxidant effect.

On the technical side, we evaluated on the one hand, the total phenol content. On the other hand, the antioxidant activity of two extracts of the plant. (TCP) were also measured using a Folin-Ciocalteu reagent assay. The antioxidant capacity of the plant is estimated by DPPH and FRAP tests.

The results reveal that the highest extraction yield is obtained by aqueous extract MeOH which is (13.65%) and it is rich in total polyphenols (93.23 mg EAG / g DM), followed by that of the hydromethanolic extract (6.18%), which was also important. The evaluation of antioxidant activity by the DPPH method and the FRAP test, showed that the

hydromethanolic extract has an antioxidant power against the DPPH radical superior to the aqueous extract, on the contrary the aqueous extract has a higher reducing power than the hydromethanolic extract.

These interesting results first confirm the therapeutic interest of the plant in traditional medicine and ensure their uses as natural sources of bioactive metabolites.

Keywords: *Ammoides verticillata*, Phenolic compounds, antioxidant activity, oxidative stress.

الملخص

في إطار ترمين النباتات الجزائرية ، قمنا بدراسة الجزء الهوائي لنبات النوخة (*Ammoides verticillata*). حيث قمنا بتقييم محتوى الفينول الكلي بواسطة الكاشف Folin-Ciocalteu. من ناحية أخرى ، تم تقدير النشاط المضاد للأكسدة لاثنين من مستخلصات النبات من خلال اختبارات DPPH وFRAP.

أظهرت النتائج أن المستخلص المائي حصل على أعلى إنتاجية وهو (13.65%) وغني بالبوليفينول الكلي 93.23 مجم EAG/، يليه المستخلص الميثانولي (6.18%). أظهر تقييم نشاط مضادات الأكسدة أن مستخلص الهيدروميثانول له قوة مضادة للأكسدة ضد جذور DPPH أكبر من المستخلص المائي ، و لكن بالمقابل المستخلص المائي لديه قدرة تقليل الحديد الثلاثي اعلى من المستخلص الهيدروميثانول.

تؤكد هذه النتائج المثيرة للاهتمام أولاً الاهتمام العلاجي للنبات في الطب التقليدي وتضمن استخدامه كمصادر طبيعية للأيضات النشطة بيولوجياً.

الكلمات المفتاحية: نوخة ، مركبات الفينول ، نشاط مضادات الأكسدة ، الإجهاد التأكسدي.