



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

FILIERE: Sciences Agronomique

OPTION: Production Végétale

Thème

***Valorisation alimentaire des plantes de
la famille des Apiaceae***

Présenté par :

MENASRIA Khadidja

Soutenu le 21/09/ 2024

Mémoire de Master académique soutenu devant le jury composé de :

Président	Mme KADI kanza (Pr)	Univ. Abbes Laghrour – Khenchela
Encadreur	Mme MEKERSI Nawal (MCB)	Univ. Abbes Laghrour – Khenchela
Examineur	Mme ADDAD Dalila (MCA)	Univ. Abbes Laghrour – Khenchela

Année universitaire 2023/ 2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

Mes remerciements les plus sincères s'adressent en premièrement à "ALLAH" le tout puissant de m'avoir donné la capacité, la force, le courage et la patience pour accomplir ce travail.

Je souhaiterais remercier le plus sincèrement, Docteur «Mekersi Nawal», pour m'avoir fait l'honneur d'être rapporteur de mon mémoire. Je le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnelle, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant la préparation de ce mémoire. Veuillez trouver ici l'expression de ma respectueuse considération et ma profonde admiration pour toutes vos qualités scientifiques et humaines. Ce travail est pour moi l'occasion de vous témoigner ma profonde gratitude.

Je remercie chaleureusement Mme «KADI Kenza» vous me faites le grands honneur de présider le jury de ce mémoire. Soyez assuré Monsieur de mon profond respect.

Je remercie énormément Mme « ADDAD Dalila» vous me faites le grands honneur de jury ce mémoire. Soyez assuré Monsieur de mon profond respect.

Mes remerciements s'adressent aussi à Monsieur le Doyen de la faculté SNV université Abbes Laghrour Khenchela.

Je remercie tous les enseignants de la faculté SNV.

Enfin, notre gratitude va à tous ceux qui, à des degrés divers, nous ont aidées, soutenues, éclairées et encouragées inconditionnellement et constamment dans les moments difficiles de toutes ces années et dont nous ne pouvons pas tous les citer.

Merci

Dédicace

Avec fierté et gratitude, je tiens à exprimer mes remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont contribué à ce jour mémorable, le jour de mon diplôme universitaire.

Tout d'abord, à mon cher mari, qui a été mon pilier et mon soutien à chaque instant, merci pour , ta patience et ta foi en moi. Tu as été la force qui m'a poussée à persévérer et à réaliser ce rêve.

À mes chers enfants, vous êtes la source de ma joie et de ma fierté. Merci d'avoir été ma motivation pour exceller et être un exemple pour vous.

À mes amis et collègues de travail, et à l'université merci pour votre soutien constant et vos encouragements, ainsi que pour votre compréhension durant les moments difficiles. Vous faites partie intégrante de cette réussite.

À toute ma famille bien-aimée, merci pour votre soutien indéfectible, votre amour et vos conseils qui ont éclairé mon chemin.

Avec une reconnaissance toute particulière, je tiens également à exprimer mes sincères remerciements à Monsieur *Younsi amrane*, Président de la circonscription d'Aïn Beïda, pour son soutien inestimable. Votre encouragement et votre confiance m'ont donné la force de continuer et de surmonter les défis. Merci du fond du cœur pour votre bienveillance et votre aide précieuse tout au long de mon parcours.

Ce diplôme est le fruit de nos efforts à tous, et je dédie ce succès à chacun de vous qui a fait partie de cette aventure.

Résumé

Les plantes médicinales, riches en métabolites secondaires bioactifs, jouent un rôle clé dans divers domaines tels que la médecine, la pharmacologie, la cosmétique et l'alimentation. Cette étude s'est concentrée sur l'évaluation des activités antioxydantes de trois plantes de la famille des Apiaceae : *Coriandrum sativum*, *Petroselinum crispum*, et *Apium graveolens*, dans le but de valoriser leur potentiel en tant qu'ingrédients fonctionnels dans l'alimentation. Les extraits méthanoliques et aqueux de chaque plante ont été obtenus et soumis à plusieurs analyses : screening phytochimique, rendement d'extraction, dosage des polyphénols totaux, et test d'activité antioxydante par la méthode du DPPH.

Le screening phytochimique a révélé la présence de composés bioactifs tels que les flavonoïdes, les saponines, et les tanins dans toutes les plantes, avec des variations spécifiques à chaque espèce. *Coriandrum sativum* a montré le rendement d'extraction le plus élevé (78,23 % pour l'extrait méthanolique) ainsi qu'une forte teneur en polyphénols (112.11 mg/g). Cette plante a également affiché le pourcentage d'inhibition des radicaux libres le plus élevé (78,23 %), avec une IC50 de 1,39 µg/mL pour l'extrait méthanolique, soulignant une activité antioxydante puissante. *Petroselinum crispum* a révélé une activité antioxydante significative, mais légèrement inférieure, avec une IC50 de 2,1 µg/mL pour l'extrait méthanolique, tandis qu'*Apium graveolens* a montré la plus faible efficacité avec une IC50 de 0,71 µg/mL.

Les résultats démontrent que les extraits méthanoliques sont globalement plus efficaces que les extraits aqueux. Parmi les plantes étudiées, *Coriandrum sativum* se distingue par son fort potentiel antioxydant, ce qui en fait une candidate prometteuse pour des applications dans la formulation de compléments alimentaires et de produits cosmétiques.

Toutefois, ces résultats *in vitro* nécessitent des validations *in vivo* pour confirmer l'efficacité des extraits dans des conditions biologiques réelles. De plus, des analyses toxicologiques et pharmacologiques sont indispensables pour caractériser en détail les composés actifs et évaluer leur potentiel dans l'industrie de la santé.

Mots-clés : *Coriandrum sativum*, *Petroselinum crispum*, *Apium graveolens*, DPPH, IC50, activité antioxydante.

Abstract

Medicinal plants, rich in bioactive secondary metabolites, play a key role in various fields such as medicine, pharmacology, cosmetics, and food. This study focused on evaluating the antioxidant activities of three plants from the Apiaceae family: *Coriandrum sativum*, *Petroselinum crispum*, and *Apium graveolens*, with the aim of highlighting their potential as functional ingredients in food. Methanolic and aqueous extracts of each plant were obtained and subjected to several analyses: phytochemical screening, extraction yield, total polyphenol content, and antioxidant activity test using the DPPH method.

Phytochemical screening revealed the presence of bioactive compounds such as flavonoids, saponins, and tannins in all plants, with specific variations in each species. *Coriandrum sativum* showed the highest extraction yield (78.23% for the methanolic extract) as well as high polyphenol content (112.11 mg/g). This plant also exhibited the highest percentage of free radical inhibition (78.23%), with an IC₅₀ of 1.39 µg/mL for the methanolic extract, highlighting its powerful antioxidant activity. *Petroselinum crispum* demonstrated significant antioxidant activity, though slightly lower, with an IC₅₀ of 2.1 µg/mL for the methanolic extract, while *Apium graveolens* showed the lowest efficacy with an IC₅₀ of 0.71 µg/mL.

The results demonstrate that methanolic extracts are generally more effective than aqueous extracts. Among the studied plants, *Coriandrum sativum* stands out for its strong antioxidant potential, making it a promising candidate for applications in the formulation of dietary supplements and cosmetic products. However, these in vitro results require in vivo validation to confirm the efficacy of the extracts in real biological conditions. Moreover, toxicological and pharmacological analyses are essential to thoroughly characterize the active compounds and assess their potential in the health industry.

Keywords: *Coriandrum sativum*, *Petroselinum crispum*, *Apium graveolens*, DPPH, IC₅₀, antioxidant activity.

المخلص

تلعب النباتات الطبية، الغنية بالمستقلبات الثانوية النشطة بيولوجيًا، دورًا رئيسيًا في مجالات متنوعة مثل الطب، الصيدلة، مستحضرات التجميل، والتغذية. ركزت هذه الدراسة على تقييم الأنشطة المضادة للأوكسدة لثلاثة نباتات من عائلة الخيميات (Apiaceae): الكزبرة (*Coriandrum sativum*) ، البقدونس (*Petroselinu mcrispum*) ، والكرفس (*Apium graveolens*)، بهدف تسليط الضوء على إمكاناتها كمكونات وظيفية في التغذية. تم الحصول على مستخلصات ميثانولية ومائية لكل نبات وإخضاعها لعدة تحليلات: الفحص الكيميائي النباتي، العائد الاستخراجي، قياس محتوى البوليفينول الكلي، واختبار نشاط مضادات الأوكسدة باستخدام طريقة DPPH.

كشف الفحص الكيميائي النباتي عن وجود مركبات نشطة بيولوجيًا مثل الفلافونويدات، الصابونين، والتانينات في جميع النباتات، مع وجود اختلافات محددة لكل نوع. أظهرت *الكزبرة* أعلى عائد استخراجي (78.23%) للمستخلص الميثانولي) بالإضافة إلى محتوى عالٍ من البوليفينول (112.11 مجم معادل حمض الجاليك/جرام مستخلص). كما عرضت هذه النبتة أعلى نسبة في تثبيط الجذور الحرة (78.23%)، مع IC50 بلغ 1.39 ميكروجرام/مل للمستخلص الميثانولي، مما يشير إلى نشاط مضاد للأوكسدة قوي. أظهر البقدونس نشاطًا مضادًا للأوكسدة ذا دلالة، ولكن أقل قليلًا، حيث بلغ IC50 لديه 2.1 ميكروجرام/مل للمستخلص الميثانولي، بينما أظهر *الكرفس* أقل فعالية مع IC50 بلغ 0.71 ميكروجرام/مل.

تشير النتائج إلى أن المستخلصات الميثانولية كانت أكثر فعالية بشكل عام من المستخلصات المائية. من بين النباتات التي تم دراستها، تبرز الكزبرة بإمكاناتها القوية المضادة للأوكسدة، مما يجعلها مرشحًا واعدًا لتطبيقات في صياغة المكملات الغذائية ومنتجات التجميل. ومع ذلك، تتطلب هذه النتائج المخبرية (*in vitro*) تأكيدات في ظروف بيولوجية حقيقية (*in vivo*) للتحقق من فعالية المستخلصات. بالإضافة إلى ذلك، فإن التحليلات السمية والصيدلانية ضرورية لتوصيف المركبات النشطة بالتفصيل وتقييم إمكاناتها في صناعة الصحة.

الكلمات الافتتاحية : الكزبرة، البقدونس، الكرفس. DPPH، IC50 النشاط المضاد للأوكسدة

Table des matières

Tables de matières

Remerciement	
Dédicace.....	
Résumé	
Abstract.....	
ملخص.....	
Liste des Tableaux.....	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction:.....	1

Chapitre 01: Étude botanique des plantes étudiée

1. Historique	5
1.2. Distribution géographique	5
3. Coriandre (<i>Coriandrum sativum</i> L.).....	6
3.1 Description générale	6
3.2 Description botanique.....	6
3.3. Etymologie.....	6
3.4. Classification	7
3.5. Composition chimique.....	7
3.6. Propriétés thérapeutiques.....	8
4. Persil <i>Petroselinum crispum</i>	8
4.1 Description générale	8
4.2. Etymologie.....	9
4.3. Classification	10
4.4. Composition chimique.....	10
4.5. Propriétés thérapeutiques.....	10
5. Céleri <i>Apium graveolens</i>	11
5.1 Description générale	11
5.2 Etymologie.....	12
5.3 Classification	12
5.4 Composition chimique.....	12
5.5 Propriétés thérapeutiques.....	13

Table des matières

Chapitre 02: L'activité antioxydants

1. Définition	15
2. Mécanisme d'action des antioxydants.....	15
3. Les antioxydants primaires.....	16
4. Les antioxydants secondaires	16
5. Classification des antioxydants	17
6. Utilisation des antioxydants	17

Chapitre 03: Matériels et méthodes

1. Objectif de l'étude	20
1.1 Matériel végétal	20
2. Généralités sur le matériel.....	21
2.1 Méthodes de « Screening phytochimique ».....	21
2.1.1. Détection des Tanins.....	22
2.1.2. Détection des flavonoïdes	22
2.1.3. Détection des coumarines	22
2.1.4. Détection des saponosides (Test de mousse)	22
2.1.5. Détection des Stéroïdes.....	23
2.1.6. Détection des Alcaloïdes.....	23
3. Préparation des extraits	23
4. Détermination du rendement.....	25
5. Analyse Quantitative	26
5.1. Dosage des polyphénols totaux	26
5.2. Mode opératoire.....	26
5.2.1. Préparation de la solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 7,5%	26
5.2.2. Préparation de FolinCiocalteu(1 :10).....	26
5.2.3. Procédure	26
5.2.4. Gamme d'étalonnage	27
6. Evaluation de l'activité Biologique.....	27
6.1. Activité antioxydante (test de DPPH)	27
6.1.1. Mode opératoire	28
6.1.2. Préparation du DPPH.....	28
6.1.3. Préparation des échantillons	28

Table des matières

6.1.4. Calcul du pourcentage d'inhibition du radical DPPH	28
7. Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique	29
7.1. Préparation de la solution mère	29
7.1.1. Préparation des étalons	29
7. Analyse statistique.....	30

Chapitre 04: Résultats et discussions

1. Screening photochimique	32
1.1. Coriandre	32
1.2. Persil	34
1.3. Céleri	36
2. Rendement de l'extraction	38
3. Teneur en polyphénol totaux.....	40
4. Activité antioxydants.....	43
5. Détermination des IC50	45
Conclusion.....	48
Références bibliographiques	Erreur ! Signet non défini.

Liste des tableaux

Liste des Tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau 01	Classification botanique de <i>Coriandrum sativum</i> L	7
Tableau 02	La classification qu'occupe <i>petroselinum crispum</i> dans a systématique	10
Tableau 03	la classification qu'occupe <i>Apium graveolens</i> dans la systématique	12
Tableau 04	La classification qu'occupe <i>Apium graveolens</i> dans la systématique	13
Tableau 05	La valeur nutritive des différentes parties de la plante de céleri	31
Tableau 06	Résultats du criblage phytochimique des trois plantes étudiées	37
Tableau 07	Analyse de la variance à deux facteurs pour les résultats de rendement des deux extraits (méthanolique 80% et aqueux) pour le céleri, persil, et coriandre	37
Tableau 08	Analyse de la variance à deux facteurs pour les polyphénols totaux dans les trois plantes en fonction des deux types d'extraits (méthanolique à 80% et aqueux)	40

Liste des figures

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure 01	Répartition géographique mondiale des Apiaceae	6
Figure 02	Photographies de <i>Petroselinum crispum</i> . (A : Plante, B : Fleurs, C : Feuilles)	9
Figure 03	<i>Petroselinum crispum</i> Feuilles de persil plat	9
Figure 04	Les fleurs d' <i>Apium graveolens</i>	11
Figure 05	Les graines d' <i>Apium graveolens</i>	12
Figure 06	Les systèmes de défense contre les radicaux libres	17
Figure 07	Les plantes étudiée	19
Figure 08	Les plantes étudiées après le séchage et le broyage.	20
Figure 09	Préparation de l'infusé à 5%	21
Figure 10	Solution méthanolique à 80%	23
Figure 11	Le processus d'évaporation des solutions	24
Figure 12	Equation du radical DPPH transformé en DPPH°	27
Figure 13	Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique	29
Figure 14	Les rendements des trois plantes étudiées en fonction du pourcentage pour les deux extraits.	39
Figure 15	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique	40
Figure 16	Teneur en polyphénols totaux dans les deux extraits des trois plantes étudiées en (mg Eq. AG/g E).	42
Figure 17	Inhibition de l'activité scavenging du radical DPPH° des deux extraits des trois plantes et par l'acide ascorbique	44
Figure 18	L'IC50 des deux extraits méthanolique 80% et aqueux des trois plantes dans le test de DPPH et de l'acide ascorbique	46

Liste des abréviations

Liste des abréviations

% :Pourcentage.

ADN : Acide désoxyribonucléique.

DPPH : 2,2- Diphenyl-1-picrylhydrazine

ERO : les espèces réactives de l'oxygène.

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène.

HTA : hypertension artérielle.

IC50 : Concentration inhibitrice de 50% (Inhibitory Concentration of 50%).

Mg/ml :Milligrams par milliliter

NO- :Monoxide azote.

O₂ : Oxygène

OMS : Organisation mondiale de la Santé

RNS : reactive nitrogen species

RO₂H :hydro peroxide.

ROS : réactive oxygen species.

Introduction

Introduction:

A travers les temps, l'homme a pu compter sur la nature pour subvenir à ses besoins de base tels que, nourriture, abris, vêtements et aussi pour ses besoins médicaux. Les plantes possèdent d'extraordinaires vertus thérapeutiques. Leur utilisation pour le traitement de plusieurs maladies chez les êtres vivants et en particulier l'Homme est très ancienne et toujours était faite de façon empirique (**Svoboda et al. , 2000**).

Ces savoirs traditionnels ont été transmis d'une génération à l'autre, et constituent aujourd'hui, d'une part, un trésor d'informations pour ceux qui préfèrent les Usages populaires, et d'autre part, une ressource inestimable pour l'industrie pharmaceutique (**Ben Guegua et al. ,2010**). Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), environ 65 - 80% de la population mondiale dans les pays en développement, en raison de la pauvreté et du manque d'accès à la Médecine moderne, dépendent essentiellement des plantes médicinales traditionnelles pour leurs soins de santé primaire (**Snader et al. ,2000**).

Il existe environ 500 000 plantes sur terre, 100 000 d'entre elles, environ possèdent des propriétés médicinales dû à leur principe actif qui agissent directement sur l'organisme (**Moulard et al.,2001**).

Un grand nombre de plantes, aromatiques et médicinales possèdent des propriétés biologiques très intéressantes qui trouvent divers domaines d'application à savoir en médecine, pharmacie, cosmétologie et l'agriculture (**Hamidi et al.,2013**).

Le continent africain est un des continents fourni d'une biodiversité la plus riche dans le monde, toutes les plantes supérieurs ont la capacité de produire les métabolites secondaires mais entrés faible quantité comme les composes phénolique, flavonoïdes..... Etc.

Le chemin qui mène de la plante à ses constituants purs est très long et nécessite un travail d'équipes pluridisciplinaires (chimistes, biologistes, pharmacologues etc...).

Ce mémoire s'intéresse à une famille de plantes autrefois appelée Ombellifères aujourd'hui nommée Apiaceae. Cette dernière représente la très grande majorité de l'ordre des apicales. Ces plantes (persil, céleri, coriandre) se caractérisent donc par leurs inflorescences, leurs fruits et leurs compositions chimiques particulières, composés de nombreux éléments aromatiques, qui se retrouvent dans le goût, l'odeur, et même la toxicité de beaucoup de ses membres. Après avoir présenté des généralités sur les plantes de la famille des Apiaceae, nous

Introduction

ferons un bref récapitulatif sur l'intérêt de cette famille à partir de l'activité biologique. Enfin nous exposerons quelques plantes aromatiques médicinales de la famille des Apiaceae en décriront ensuite, en détail chaque plante par sa classification taxonomique, origine et répartition géographique, composition biochimique de la graine, ainsi que par les composés phénoliques, propriétés et utilisation et la toxicité.

L'objectif principal la valorisation alimentaire des plantes de la famille des Apiaceae, en particulier *Coriandrum sativum*, *Petroselinum crispum* et *Apium graveolens*, à travers l'étude de leur activité antioxydante. Ces plantes ont été choisies en raison de leur intérêt nutritionnel et de leur utilisation fréquente dans notre alimentation quotidienne.

Synthèse Bibliographique

Chapitre 01:

Étude botanique des plantes étudiée

Chapitre 01: Étude botanique des plantes étudiée

1. Historique

Les plantes de la famille des Apiaceae sont également connues sous le nom d'Ombellifères, sont familières à l'humanité depuis l'Antiquité, de nombreuses plantes indigènes de cette famille sont utilisées dans les cultures agricoles. Les gens ont rapidement remarqué leurs odeurs, leurs goûts, leurs propriétés comestibles ou leur toxicité. Les noms de coriandre, cumin et fenouil figurent même dans les documents mycéniens du XVIIIe au XVe siècle. (Svoboda *et al.*, 2000)

Au XVIe siècle, les herboristes améliorèrent ont commencé à améliorer la classification des plantes appartenant à la famille des Apiaceae. Ils ont fondé cette classification sur des similitudes végétales bien que cette approche en cours de nombreux éléments externes provenant de plusieurs autres familles végétales. C'est ainsi que César Pino a créé le premier le groupe mondial, appelé « universum genre ferulaceum », comprenant environ 60 types d'herbes. Par la suite, les Dodoenses ont utilisé le terme "deumbelliferis". Pour désigner la plante herbacée, puis Dale a nommé les "Plantae Umbelliferae". C'est ainsi que la famille des Apiacées est née (Svoboda *et al.*, 2000 ; Guignard *et al.*, 2012)

Une étape importante dans l'histoire de la botanique a été marquée par la première monographie d'un groupe végétal indépendant de leurs utilisations réalisée par Morison. Celui-ci a choisi les Ombellifères et a proposé une classification basée principalement sur la morphologie des fruits. Par la suite, la classification de Linnaeus des Umbellales est basée sur la caractéristique de l'inflorescence, la plus importante étant la présence d'involucre de bractées, contrairement au système de Morison. De nombreuses classifications ont émergé au cours du 19e siècle, y compris celles de Hoffmann, Koch, Lagasca, Reichenbach, De Candolle et Lindley qui ont proposé le nom alternatif "Apiaceae". La classification la plus largement utilisée de ce siècle est l'un des Drude (Guignard *et al.*, 2012)

1.2. Distribution géographique

La famille des Apiaceae, ou Ombellifères est largement répartie sur la majeure partie du globe, principalement dans les régions tempérées de l'hémisphère nord. On les trouve fréquemment dans les régions montagneuses des zones tempérées. En revanche, leur présence est relativement rare en zone tropicale (Stearn *et al.*, 1996)

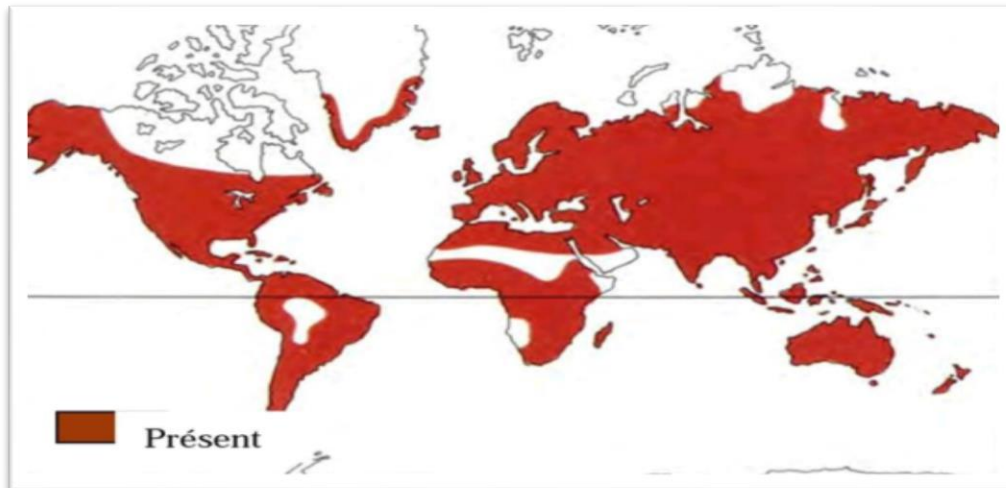


Figure 01 : Répartition géographique mondiale des Apiaceae.

Candollea762-a2-publication-CJBG-2021.pdf

3. Coriandre(*Coriandrum sativum*L)

3.1 Description générale

Cette épice connue des Grecs et Romains et objet de culte, initialement originaire de la région Méditerranéenne Orientale et Proche-Orient (**Beloued et al.,2009**) Son usage en Chine remonte à environ 2000 ans (**Harding et al., 2005**). Plante cultivée abondamment en Algérie pour son utilisation culinaire et autre (**Harding et al.,2005**).

3.2 Description botanique

*C. sativum*L, est une plante herbacée, vert clair. Cette plante est une annuelle, qui mesure jusqu'à 60cm de hauteur, reconnaissable à ses tiges dressées, cannelées ramifiées portant des feuilles vert clair sont glabres, alternes et tombent assez rapidement et palmées (**Lorenzetal.,2001**). Elle possède des racines pivotantes et fuselées (**Nazari et al., 2011**). Les feuilles basales sont longuement pétiolées, pennatiséquées, composées de segments ovales incisés et dentés (rappelant un peu les feuilles du persil plat, d'où ses appellations vernaculaires) (**Greger et al.,1987**) ; les feuilles supérieures sont sessiles, finement découpées en lanière et pourvues d'une longue gaine, large et membraneuse (**Mighri et al.,2010**).

3.3. Etymologie

- Latin :*Coriandrum sativum*
- Anglais :Coriander

Chapitre 01: Étude botanique des plantes étudiée

- Italien : Coriandola
- Espagnol : Cilantro
- Allemand : Koriander
- Arabe : Kesbour, Kosbara, Debcha, Tabel (Guilet *et al.*, 2008).

3.4. Classification

Selon Peter (2004), la classification de *Coriandrum sativum*L. Est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 01: classification botanique de *Coriandrum sativum*L (Anton *et al.*, 1999)

Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Polypetalae
Ordre	Umbellales
Famille	Apiaceae
Genre	<i>Coriandrum</i>
Espèce	<i>Coriandrum sativum</i> L.

3.5. Composition chimique

La coriandre présente diverses propriétés chimiques et médicinales. Les feuilles contiennent des pigments caroténoïdes (provitamine A), des flavonoïdes, des vitamines hydrosolubles et des acides-phénols, avec une forte odeur émanant des racines. Les tiges possèdent une huile essentielle dominée par le phytol (~60%) distincte de celle des feuilles et des fruits. Les fruits, ou graines, sont la partie médicinale principale, avec une huile essentielle riche en linalol (60-70%) et divers composés comme l'alpha-pinène et le limonène. L'huile des fruits est utilisée pour traiter des troubles digestifs mineurs, des infections digestives, des douleurs articulaires ou musculaires, et dans des préparations dermatologiques. Elle est aussi employée dans l'industrie alimentaire pour la conservation grâce à ses propriétés antifongiques, antivirales, et antibiotiques, efficaces contre plusieurs bactéries résistantes aux antibiotiques (Guignard *et al.*, 1968 ; Dulce *et al.*, 2000).

3.6. Propriétés thérapeutiques

La coriandre est employée pour ses propriétés stomachiques, spasmolytiques, et carminatives, principalement grâce à son huile essentielle, qui possède également des effets bactéricides et fongicides. Elle est efficace dans le traitement des gastrites subacides, des diarrhées, et des dyspepsies d'origines variées. L'ajout de coriandre à des préparations contenant des anthraquinones peut prévenir les coliques souvent associées à l'utilisation de ces laxatifs puissants. Des études animales ont démontré que la coriandre a des effets hypoglycémiantes et stimule la sécrétion d'insuline, des bienfaits reconnus depuis longtemps en médecine traditionnelle. De plus, elle est utilisée comme vermifuge et entre dans la composition de liniments pour traiter les rhumatismes et les douleurs articulaires (**Wichtl, .2006**).

4. Persil *Petroselinum crispum*

4.1 Description générale

Le persil, *Petroselinum crispum*, est une plante bisannuelle qui peut atteindre une hauteur de 25 à 80 cm. Elle se caractérise par une odeur distincte et très aromatique lorsqu'elle est froissée. Les tiges du persil sont striées et ses feuilles sont glabres. Les feuilles, d'un vert luisant, sont généralement doublement divisées, surtout celles de la base, tandis que les feuilles supérieures ont souvent seulement trois lobes étroits et allongés (**Figure 2**). Les fleurs du persil, de couleur jaune verdâtre tirant sur le blanc en pleine floraison, sont regroupées en ombelles composées comprenant huit à vingt rayons. Les ombellules sont munies d'un involucre à nombreuses bractées (**Benoît et al.,2017**)

Les racines de persil, de type pivotant, est assez développée et jaunâtre, dégageant une odeur forte et aromatique. Il convient de noter que le persil à feuille plate peut être confondu avec la petite ciguë (*Aethusa cynapium*), une plante toxique de la même famille. La petite ciguë ressemble beaucoup au persil par ses feuilles, mais s'en distingue par des traces rougeâtres à la base des tiges et par son odeur peu agréable (**Benoît et al.,2017**)

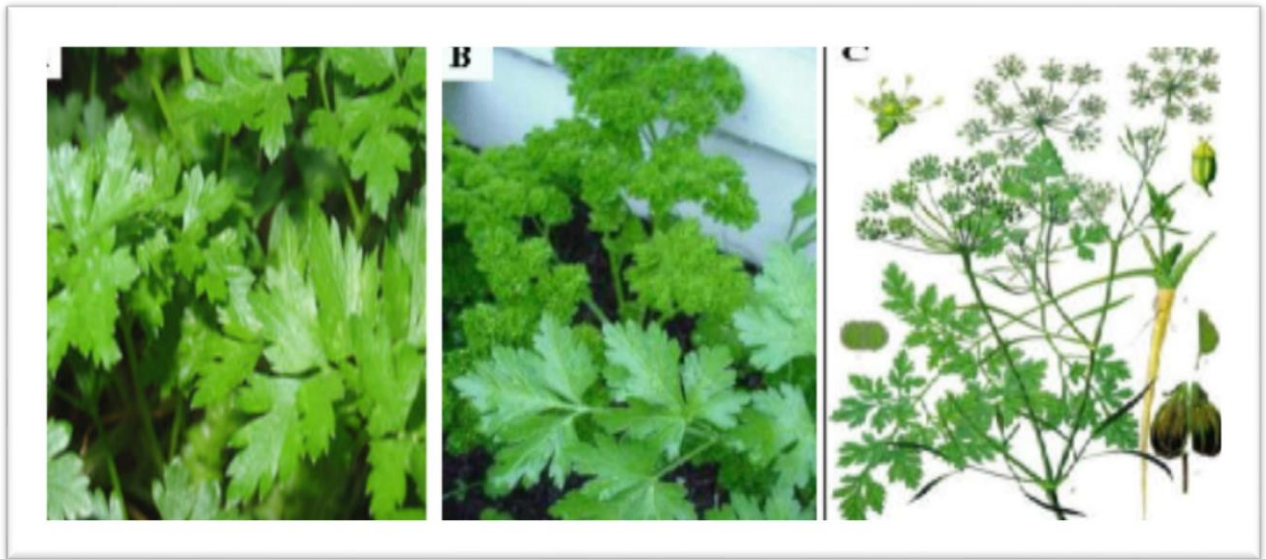


Figure 02 : Photographies de *Petroselinum crispum*. (A : Plante, B : Fleurs, C : Feuilles)



Figure 03: *Petroselinum crispum* Feuilles de persil plat

4.2. Etymologie

Français : Persil

Allemand : Petersilie, Petersil; Peterwurz

Anglais : Parsley.

Arabe : معدنوس maadnousse (**Boughattas et al., 2013**).

4.3. Classification

Tableau 02 : la classification qu'occupe *Petroselinum crispum* dans la systématique (Jeevitha *et al.*, 2014).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Apiales
Famille	Apiaceae
Genre	<i>Petroselinum</i>
Espèce	<i>Petroselinum crispum</i>

4.4. Composition chimique

Le persil est une source riche en huiles essentielles, principalement de l'apiol, également connu sous le nom de camphre de persil, qui est présent dans les graines. Il contient également de la myristicine et un glucoside flavonoïde appelé apiine ou apioside, ainsi que des phtalides, des coumarines et du fer. De plus, les feuilles de persil sont particulièrement riches en vitamines A et C, contenant également une grande quantité de lutéine et de bêta-carotène, ainsi que des antioxydants puissants. Il est intéressant de noter que le persil est le troisième aliment le plus riche en caroténoïdes, après le cresson et la carotte (Fitoterapia *et al.*, 2009)

4.5. Propriétés thérapeutiques

Le persil, est reconnu pour ses effets antioxydants, antimutagènes et anticancéreux. Ses propriétés thérapeutiques sont vastes et bien établies. Sur le plan médicinal, il est utilisé sous différentes forme telle que la poudre, les extraits et les huiles essentielles (Bruneton *et al.*, 2009).

Il est également recommandé pour atténuer la mauvaise haleine et pour tonifier et redonner de l'éclat aux cheveux. Une infusion de persil et de romarin est également préconisée pour éclaircir et purifier la peau lorsqu'elle est appliquée sur le visage (Fansa *et al.*, 2007).

5. Céleri *Apium graveolens*

5.1 Description générale

Le céleri (*Apium graveolens*) est une plante bisannuelle qui forme une rosette de feuilles basales la première année et ne fleurit que la seconde année. Elle peut atteindre jusqu'à 1m de hauteur.

- **Les feuilles :** Les feuilles du Céleri sont de couleur vert foncé et brillante. Elles sont longuement pétiolées, pennatiséquées, avec un limbe triangulaire, crénelé et composé de trois segments. Les feuilles supérieures ont une gaine courte, bordée de blanc et sont soit découpées en trois segments, soit à limbe entier. L'axe principal ainsi que les rameaux latéraux se termine en ombelles composées, formées de 6 à 12 rayons, dépourvus d'involucre et d'involucelle.
- **Les fleurs :** Les fleurs du céleri sont radiales, très petites et actinomorphes. Elles ont 5 pétales blancs ou verdâtres qui se terminent en pointe légèrement enroulée, 5 étamines, 2 styles, un ovaire infère et bicarpellaire (**Figure 04**) (**Dulce et al.,2000**)



Figure 04 : Les fleurs d'*Apium graveolens*

- **Tiges :** Les tiges du céleri sont anguleux, cannelées, souvent creuses et très ramifiées.
- **Racines :** Dans la forme sauvage ainsi que chez le céleri-branche et du céleri à couper, les racines ont une forme pivotante et sont noueuses. Elles sont de nature spongieuse, plus ou moins charnue mais très fibreuse.
- **Graines :** Les graines représentent la partie la plus utilisée en médecine. Gris-vert à brunâtre, parfois fragmentées. Chaque l'akène isolé est glabre de forme ovale, avec une épaisseur de 0.8 à 1.2mm. Sur la face dorsale, il présente trois petites côtes claires à blanchâtres, nettement contrastées (**Figure 05**) (**Dulce et al.,2000**)



Figure 05 : Les graines d'*Apium graveolens*

5.2 Etymologie

Français : Céleri

Allemand : Sellerie

Anglais : Celery

Arabe : كرفس (karfas)

5.3 Classification

Tableau 03 : la classification qu'occupe *Apium graveolens* dans la systématique (**Benoît et al.**, 2017)

Règne :	Plantae
Embranchement	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Rosidae
Ordre	Apiales
Famille	Apiaceae
Genre	<i>Apium</i>
Espèce	<i>Apium graveolens L.</i>

5.4 Composition chimique

Le céleri est une plante qui présente des propriétés nutritives très importantes en raison de sa teneur élevée en vitamines A, B, E et C. De plus, il contient des minéraux essentiels pour un

Chapitre 01: Étude botanique des plantes étudiée

bon fonctionnement de l'organisme, tels que le fer, le potassium, le zinc, le phosphore, le soufre, le cuivre, l'aluminium et le manganèse. Le (**Tableau 04**) représente la valeur nutritive des différentes parties de la plante de céleri, y compris les feuilles, les graines et les tiges, est représentée dans les données disponibles (**Rajeev et al.,2012**).

Tableau 04 : La valeur nutritive des différentes parties de la plante de céleri

Compositions	Feuilles	Graines	Tiges
Energie	64 kcals	392 kcals	34 kcals
Eau	81 %	06 %	95%
Protéine	06 g	18.1g	0.9g
Graisse	0.6g	03 g	0.2g
Vitamines	80m g	52 mg	120 mg
Calcium	6.3 mg	17mg	10mg
Fer	23 mg	1767mg	0.5
Magnésium	06mg	45mg	14 mg

5.5 Propriétés thérapeutiques

Le céleri offre un éventail de propriétés thérapeutiques remarquables. Il présente un effet anti-inflammatoire grâce à certains poly-acétylènes, favorise la perte de poids en agissant comme diurétique, et démontre des potentialités préventives contre les tumeurs cancéreuses (**Sharma et al.,2005 ; Boughattas et al.,2013 ; Jeevitha et al.,2014**). De plus, il est traditionnellement utilisé dans diverses régions, notamment en Algérie et dans les pays du Maghreb, pour ses vertus anticoagulantes, antispasmodiques et antimicrobiennes, ainsi que sa capacité à réduire la glycémie, selon des études menées in vivo.(**Sharma et al.,2005 ; Boughattas et al.,2013 ; Jeevitha et al.,2014**).

Chapitre 02 :

L'activité antioxydants

1. Définition

Le stress oxydative a été relié à plusieurs problèmes de santé comme l'artériosclérose, le cancer, la maladie d'Alzheimer, maladie de Parkinson, le diabète et l'asthme (**Edris et al.,2007**). La balance cellulaire des radicaux libres est maintenue par différents antioxydants (**Karuppayil et al.,2014**) Le pouvoir antioxydant des molécules peut être évalué soit in vivo, sur des organismes vivants, soit in vitro, en utilisant des tests qui miment le phénomène physiologique (**Karuppayil et al.,2014**). Pour la stabilité des aliments, les antioxydants sont capables de minimiser efficacement les rancissements, retarder la peroxydation lipidique, sans effet sur les propriétés sensorielle et nutritionnelle du produit alimentaire. Ils permettent le maintien de la qualité et d'augmenter la durée de conservation du produit (**Karuppayil et al.,2014**) .En outre, l'antioxydant alimentaire idéal, doit être soluble, efficace à faible dose, non toxique, n'entraîne ni coloration, ni odeur, ni saveur indésirable à l'aliment, résistant aux processus technologiques de fabrication, et stable dans le produit finidurant la conservation (**Rafiquzzaman et al.,2013**).

2. Mécanisme d'action des antioxydants

L'évaluation de l'activité antioxydante in vitro des aliments, des extraits naturels et des antioxydants commerciaux repose sur plusieurs méthodes développées à cet effet (**Alam et al.,2013**). Ces méthodes consistent à exposer un échantillon, qui contient des antioxydants, à des espèces oxydantes telles que des radicaux libres ou des complexes métalliques oxydés, afin d'observer la capacité des antioxydants à inhiber la formation de radicaux libres.

Les antioxydants peuvent agir de différentes manières, notamment en neutralisant les radicaux libres, en décomposant ces radicaux ou en chélatant les ions métalliques (**Cam et al.,2009**). En général, un antioxydant prévient l'oxydation d'un autre substrat en s'oxydant lui-même plus rapidement (**Bouhadjra,2011**). Les principaux mécanismes d'action incluent le transfert d'atome d'hydrogène, le transfert d'électron, et l'inhibition des enzymes oxydantes (**Miguel,2010**). De plus, les radicaux intermédiaires produits sont relativement stables en raison de la délocalisation par résonance et du manque de sites favorables à l'attaque par l'oxygène moléculaire (**Bouhadjra,2011**).

Les antioxydants agissent principalement comme des agents préventifs, en bloquant l'initiation des réactions en complexant les catalyseurs, en réagissant avec l'oxygène, ou en servant d'agents de terminaison capables de neutraliser les radicaux libres et de former des

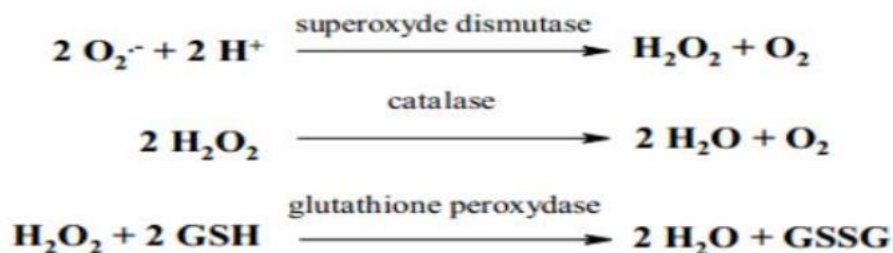
Chapitre 02: L'activité antioxydants

produits non radicalaires. Certains antioxydants interrompent la chaîne de peroxydation lipidique en réagissant rapidement avec un radical d'acide gras avant qu'il n'attaque un autre acide gras, tandis que d'autres absorbent l'énergie excédentaire de l'oxygène singulet et la convertissent en chaleur (**Bouhadjra,2011**).

Compte tenu des nombreux facteurs en jeu, notamment les propriétés physico-chimiques des molécules, il est recommandé de recourir à plusieurs tests pour confirmer l'activité antioxydante (**Prior et al.,2005 ;Miguel ., 2010 ; Alam et al., 2013**).

3. Les antioxydants primaires

Les cellules possèdent des enzymes antioxydantes qui constituent des systèmes de défense très efficaces. Cette première ligne de défense comprend le superoxydedismutase, la catalase, ainsi que des peroxydases telles que le glutathion et l'ascorbate (**Favier, 2006**). Ces enzymes antioxydants permettent l'élimination des radicaux libres primaires, selon les réactions suivantes :



Ces enzymes antioxydantes neutralisent les radicaux libres primaires, empêchant ainsi la formation de radicaux libres organiques, notamment à partir des lipides des membranes cellulaires, et contribuent ainsi à la protection des membranes contre la peroxydation lipidique (**Dacosta, 2003**).

4. Les antioxydants secondaires

Les antioxydants secondaires sont des molécules d'origine exogène. Contrairement aux enzymes antioxydantes, une molécule d'antioxydant piège un seul radical libre. Pour être réutilisable, cette molécule doit être régénérée par d'autres systèmes (**Figure06**) (**Dacosta,2003**). Plusieurs substances ont été identifiées comme antioxydants potentiels in

Chapitre 02:L'activité antioxydants

vivo, parmi lesquelles on retrouve la vitamine E, l'acide ascorbique, le β -carotène, les flavonoïdes, ainsi que divers composés phénoliques (Kohen et al, 2002).

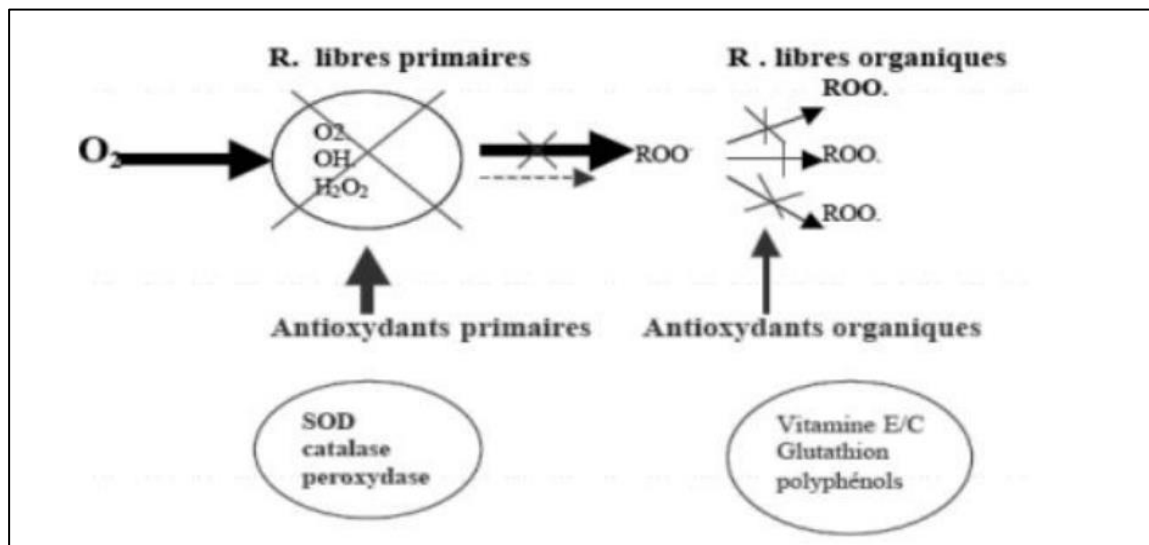


Figure 06 : Les systèmes de défense contre les radicaux libres (Kohen et al,2002).

5. Classification des antioxydants

D'après Hellal (2011), les antioxydants se répartissent en trois catégories distinctes :

- **Les antioxydants synthétiques** : produits chimiquement pour prévenir l'oxydation dans divers processus industriels.
- **Les substances synergiques** : composés qui renforcent l'efficacité des antioxydants lorsqu'ils sont utilisés ensemble.
- **Les antioxydants d'origine végétale** : molécules naturelles extraites de plantes, souvent présentes dans l'alimentation, qui protègent les cellules contre les dommages oxydatifs.

6. Utilisation des antioxydants

Hellal (2011) résume l'utilisation des antioxydants dans trois principaux domaines :

- **Dans l'industrie chimique** : utilisés pour prévenir le durcissement du caoutchouc ou pour protéger les métaux contre l'oxydation en métallurgie.
- **Dans l'industrie agroalimentaire** : employés pour prévenir le rancissement des matières grasses.

Chapitre 02:L'activité antioxydants

- **Dans l'industrie de la teinturerie** : utilisés pour empêcher l'oxydation des colorants au soufre ou des colorants de cuve pendant le processus de teinture.

Chapitre 03:

Matériels et Méthodes

Ce travail a été réalisé durant la période allant de février à mai 2024, au sein du laboratoire pédagogique de l'Université ABBAS LAGHROUR à Khenchela.

1. Objectif de l'étude

Cette étude porte sur la valorisation des plantes médicinales appartenant à la famille des Apiaceae. La thématique de recherche a été proposée par le Dr. MEKERSI N., pour objectif principal la valorisation alimentaire des plantes de la famille des Apiaceae, en particulier *Coriandrum sativum*, *Petroselinum crispum* et *Apium graveolens*, à travers l'étude de leur activité antioxydante. Ces plantes ont été choisies en raison de leur intérêt nutritionnel et de leur utilisation fréquente dans notre alimentation quotidienne.

Notre travail s'inscrit dans une démarche structurée en deux volets complémentaires :

- La première partie consiste en une étude phytochimique visant principalement l'extraction et la détermination qualitative et quantitative des composés actifs à partir d'extraits méthanoliques à 80 % et aqueux des trois plantes étudiées.
- La seconde partie est dédiée à l'évaluation des activités antioxydantes des plantes étudiées.

1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour cette étude a été acheté sur le marché local. Les plantes ont été sélectionnées en tenant compte de leur fraîcheur et de leur qualité visuelle.

Les plantes incluses dans cette étude sont :



Figure 07 : Les plantes étudiées A : *Coriandrum sativum*, B : *Petroselinum crispum*, C : *Apium graveolens* (Photos originales, 2024)



Figure 08 : Les plantes étudiées après le séchage et le broyage (Photos originales, 2024)

Après avoir séparé les feuilles des tiges, le matériel végétal fraîchement récolté a été séché sur du papier à l'ombre pendant 15 jours, à température ambiante, dans un endroit sec et à l'abri de l'humidité jusqu'à la préparation des extraits (Laouer *et al.*, 2003).

La poudre ainsi obtenue est conservée dans un flacon en verre étiqueté, bien hermétique à l'abri de la lumière vue son utilisation ultérieurement.

1.2. Généralités sur le matériel

1.2.1. Méthodes de « Screening phytochimique »

Les tests phytochimiques sont réalisés dans le but de déterminer la composition en métabolites secondaires des plantes. Ils sont généralement effectués sur la poudre de broyat végétal ou sur un infusé à 5 % de la plante. Le screening phytochimique implique des réactions de coloration ou de précipitation visant à identifier la présence ou l'absence de composés phytochimiques spécifiques. Leur résultat se traduit par la formation d'un précipité ou par une coloration caractéristique du composé recherché (Dohou *et al.*, 2003 ; N'Guessan *et al.*, 2009).

- **Préparation de l'infusé (à 5 %)**

Dans un erlenmeyer de 250 ml, 5 g de poudre végétale de chaque plante, sont ajoutés à 100 ml d'eau distillée bouillante. Le mélange est laissé infuser pendant 15 minutes, puis filtré à travers du papier filtre. Le résidu est ensuite rincé avec une petite quantité d'eau distillée chaude pour obtenir un volume final de 100 ml de filtrat.

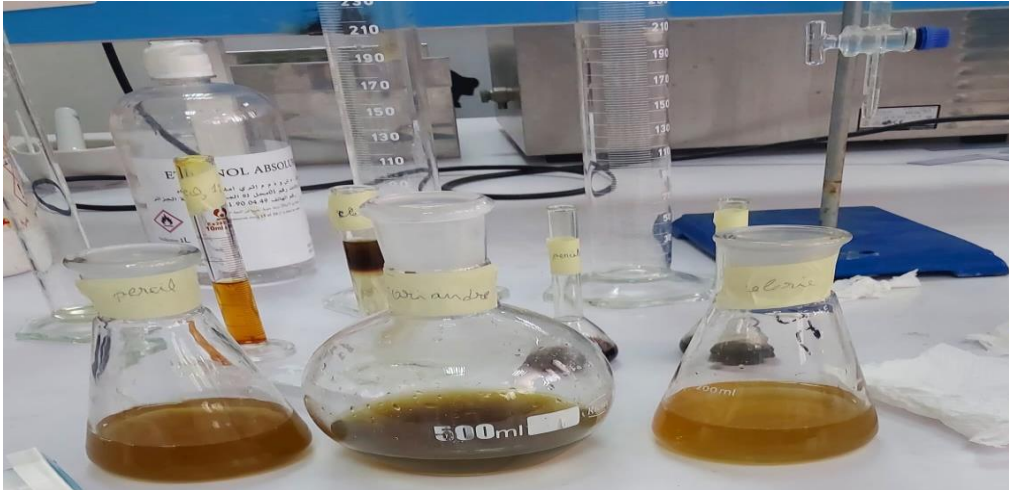


Figure 09 : Préparation de l'infusé à 5% (Photo originale,2024).

2.1.1. Détection des Tanins

Dans un tube à essai, 5 ml de l'infusé à 5% de chaque plante sont ajoutés. Ensuite, environ 1 ml de solution aqueuse diluée de $FeCl_3$ à 1% est ajouté goutte à goutte. En présence de tanins, une coloration verdâtre se développe pour les tanins catéchiques, tandis qu'une coloration bleu noirâtre apparaît pour les tanins galliques (Mouellet,2005).

2.1.2. Détection des flavonoïdes

À 5 ml de l'infusé de chaque plante, 5 ml d'acide chlorhydrique (HCl) sont ajoutés, ainsi qu'un copeau de magnésium. La réaction des flavanols, flavanones et flavones avec le magnésium métallique produit effectivement une couleur rose, orange ou rouge, ce qui indique la présence des flavonoïdes (Mouellet,2005).

2.1.3. Détection des coumarines

Déposer 1 g d'échantillon de chaque plante humide dans un tube à essai. Couvrir le tube avec un papier imprégné d'une solution de NaOH et le placer dans un bain-marie pendant quelques minutes. Ensuite, examiner le papier sous une lumière ultraviolette. La présence de fluorescence des taches confirme la présence des coumarines (Rizk,1982)

2.1.4. Détection des saponosides (Test de mousse)

Pour détecter les saponosides, 10 ml de l'infusé de chaque plante sont placés dans des tubes à essai. Les tubes sont agités vigoureusement pendant 15 secondes, puis laissés en repos

pendant 15 minutes. Si une hauteur de mousse persistante supérieure à 1 cm est observée, cela indique la présence de saponosides (**Bruneton, 1999**).

2.1.5. Détection des Stéroïdes

Pour détecter les stéroïdes, 5 ml d'anhydride acétique sont ajoutés à 5 ml de l'infusé chaud de chaque plante. Ensuite, le mélange est combiné avec 0,5 ml d'acide sulfurique concentré. Après agitation, l'apparition d'un anneau pourpre ou violet à l'interphase, qui vire ensuite au bleu puis au vert, indique une réaction positive et confirme la présence des stéroïdes (**Bruneton, 1999**).

2.1.6. Détection des Alcaloïdes

Pour détecter les alcaloïdes, 10 ml d'extrait de chaque plante sont évaporés jusqu'à obtenir un volume de 0,2 ml. Ensuite, 1,5 ml de HCl à 2% sont ajoutés à cet extrait. Après agitation de la solution acide, 1 à 2 gouttes du réactif de Mayer ou de Wagner sont ajoutées. L'apparition d'un précipité blanc jaunâtre ou brun indique la présence d'alcaloïdes (**Mojab et al., 2003**).

2. Préparation des extraits

a) Principe

Le principe de cette méthode repose sur l'extraction sélective des composés phénoliques à partir de l'échantillon solide en utilisant deux types d'extraits : un extrait méthanolique à 80% et un extrait aqueux.

b) Mode opératoire

1) Extraction par macération dans le méthanol à 80% (extraction solide/liquide)

L'extraction par macération dans le méthanol à 80% est une méthode qui repose sur le principe de laisser la matière végétale (broyat) reposer dans du méthanol à 80% afin d'extraire les principes actifs, notamment les composés phénoliques. Cette technique d'extraction a été réalisée en suivant le protocole décrit par (**Hamia et al., 2014**), avec quelques ajustements.



Figure 10: Solution méthanolique à 80% (Photo originale, 2024).

Le processus d'extraction par macération implique les étapes suivantes :

- Peser 10 g de la matière végétale de chaque plante
- Préparation de méthanol à 80% = 80ml méthanol + 20 ml eau distillée
- Mettre la matière végétale de chaque plante (10 g) sur le méthanol à 80%
- Le mélange obtenu est agité pendant 24h à température ambiante à l'aide d'un agitateur magnétique, ensuite filtrer sur un papier filtre Wathman (n°:1).

2) Extraction avec de l'eau chaude (extraction solide/liquide)

L'extraction avec de l'eau chaude est une méthode qui repose sur le principe de laisser la matière végétale reposer dans de l'eau distillée chauffée, permettant ainsi l'extraction des composés actifs, y compris les composés phénoliques. Cette technique d'extraction a été réalisée en suivant le protocole décrit par **Nshimiyimana et al .(2010)**, avec quelques ajustements.

Le protocole d'extraction pour chaque plante est le suivant :

- Peser 10 g de la matière végétale de chaque plante.
- Ajouter la matière végétale broyée à 200 ml d'eau distillée.
- Agiter manuellement et doucement le mélange pour assurer une bonne dispersion de la matière végétale dans l'eau.
- Chauffer le mélange dans un bain-marie à 40°C pendant 30 minutes, favorisant ainsi l'extraction des composés actifs dans l'eau

- Laisser le mélange refroidir à température ambiante.
- Filtrer la solution obtenue à travers un papier filtre de type Wathman n°1 pour séparer la matière végétale solide des extraits liquides.

3) Evaporation

Le processus d'évaporation des solutions obtenues a été réalisé à l'aide d'un évaporateur rotatif, également appelé rotavap, qui permet d'éliminer le solvant sous vide. Le protocole d'évaporation est le suivant :

- Placer la solution dans le ballon d'évaporation du rotavap.
- Procéder à l'évaporation sous vide jusqu'à ce que le solvant soit complètement évaporé. Pour les solutions méthanoliques de chaque plante, $T^{\circ} = 45^{\circ}\text{C}$ avec une vitesse de rotation de 3 tours par minute. Pour les solutions aqueuses, $T^{\circ} = 65^{\circ}\text{C}$ avec une vitesse de rotation de 27 tours par minute.
- Retirer le ballon du rotavap une fois que l'évaporation est terminée et attendre qu'il refroidisse.
- Peser le ballon pour calculer le rendement d'extraction.
- Recueillir l'extrait concentré dans le ballon après évaporation complète du solvant.



Figure 11: Le processus d'évaporation des solutions (Photo originale, 2024).

4. Détermination du rendement

Pour déterminer le rendement de l'extraction, le poids de l'extrait sec est calculé en soustrayant le poids du ballon vide avant l'évaporation du poids du ballon plein après l'évaporation. Cette méthode permet d'estimer la quantité d'extrait obtenue après le processus d'extraction (Mohammedi, 2005).

$$\text{Rendement d'extraction (\%)} = \frac{\text{Poids de l'extrait sec}}{\text{Poids de la matière végétale utilisée}} \times 100$$

5. Analyse Quantitative

5.1. Dosage des polyphénols totaux

➤ Principe

Le principe de la réaction repose sur l'utilisation du réactif de Folin-Ciocalteu (**Singleton et al., 1965**) selon une méthode de dosage sur microplaque décrite par Miller (**Müller et al., 2010**). Ce réactif, également appelé FCR, est composé d'un mélange d'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$). Lors de l'oxydation des phénols, ce réactif est réduit pour former un mélange d'oxydes de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). La coloration bleue qui en résulte est proportionnelle à la teneur en polyphénols totaux, avec une absorption maximale dans la plage de 750 à 765 nm.

5.2. Mode opératoire

5.2.1. Préparation de la solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 7,5%

Cette solution est préparée en dissolvant 7,5 g de Na_2CO_3 dans 100 ml d'eau distillée.

5.2.2. Préparation de FolinCiocalteu (1 :10)

Pour préparer la solution de FolinCiocalteu(1 :10), dans une fiole jaugée de 10 ml on place 1ml de la solution de FolinCiocalteu concentré (2M) et on complète le volume avec de l'eau distillée.

5.2.3. Procédure

Dans des tubes à hémolyse en verre, un volume de 20 μl d'extrait de chaque plante est ajouté à 100 μl de Folin-Ciocalteu dilué (1:10) et à 75 μl de carbonate de sodium à 7,5%. Le mélange est ensuite placé à l'obscurité pendant 2 heures. La lecture est effectuée à une longueur d'onde de 765 nm. Un blanc est également préparé en suivant la même méthode, mais en remplaçant l'extrait de plante par le solvant utilisé, le méthanol.

5.2.4. Gamme d'étalonnage

Préparation de la gamme d'étalon de l'acide gallique :

Pour préparer la gamme d'étalons de l'acide gallique, 0,5 mg d'acide gallique sont dissous dans 5 ml de méthanol pour obtenir la solution S1 à une concentration de 0,2 mg/ml. Ensuite, cette solution est diluée pour préparer les étalons dans des tubes Eppendorf comme suit :

- 25 µg/ml : 25 µl de S1 sont mélangés avec 175 µl de méthanol.
- 50 µg/ml : 50 µl de S1 sont mélangés avec 150 µl de méthanol.
- 75 µg/ml : 75 µl de S1 sont mélangés avec 125 µl de méthanol.
- 100 µg/ml : 100 µl de S1 sont mélangés avec 100 µl de méthanol.
- 125 µg/ml : 125 µl de S1 sont mélangés avec 75 µl de méthanol.
- 150 µg/ml : 150 µl de S1 sont mélangés avec 50 µl de méthanol.
- 175 µg/ml : 175 µl de S1 sont mélangés avec 25 µl de méthanol.
- 200 µg/ml : 200 µl de S1 sont utilisés directement.

Ensuite, 20 µl de chaque dilution sont transférés dans une microplaque. 100 µl de Folin-Ciocalteu (dilué 1:10) et 75 µl de carbonate de sodium à 7,5% sont ajoutés à chaque puits. Le mélange est incubé pendant 2 heures et la lecture est réalisée à 765 nm.

6. Evaluation de l'activité Biologique

6. 1. Activité antioxydante (test de DPPH)

L'activité antioxydante a été évaluée en testant l'activité scavenging du radical DPPH.

Principe

Le test DPPH (diphényl-picrylhydrazyle) est une méthode couramment utilisée pour évaluer l'activité antioxydante. Le DPPH est connu pour sa capacité à former des radicaux libres stables en raison de la délocalisation des électrons dans sa structure moléculaire. Cette caractéristique se traduit par une coloration violette foncée de la solution. Lorsqu'un agent antioxydant réduit les radicaux DPPH, la solution perd sa couleur. Cette réduction peut être suivie par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 517 nm, permettant ainsi de déterminer le potentiel antioxydant d'une substance ou d'un extrait végétal (**Molyneux, 2004**).

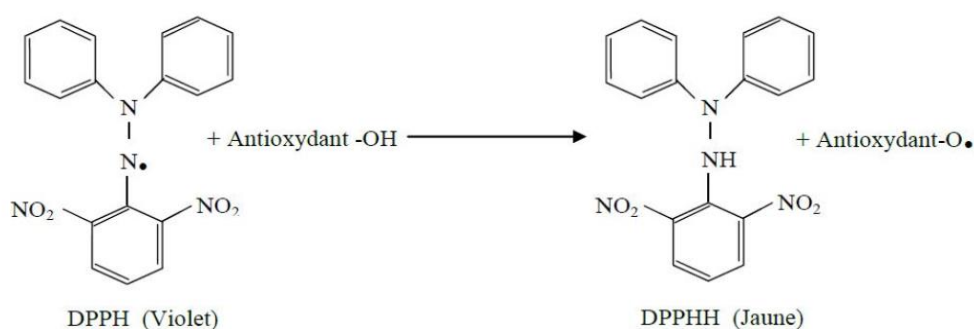


Figure 12: Equation du radical DPPH transformé en DPPH (Molyneux, 2004).

6.1.1. Mode opératoire

Pour évaluer l'activité antioxydante, la méthode du DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) telle que décrite par **Dangles *et al.* (1999)** a été suivie.

6.1.2. Préparation du DPPH

4,929 mg de DPPH ont été dissous dans 50 ml de méthanol pur pour obtenir une solution de DPPH.

6.1.3. Préparation des échantillons

0,2 g d'extrait ont été dissous dans 2 ml de méthanol. À partir de cette concentration, quatre tubes de concentrations décroissantes ont été préparés en ajoutant respectivement 100, 50, 20 et 10 μ L de la solution de DPPH. Les mélanges ainsi obtenus ont été conservés à l'abri de la lumière à température ambiante pendant 30 minutes, puis la densité optique a été mesurée à 517 nm.

6.1.4. Calcul du pourcentage d'inhibition du radical DPPH

Le pourcentage d'inhibition (I%) a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$I\% = \left(\frac{Ac - At}{AC} \right) \times 100$$

Où :

Ac : Représente l'absorbance du contrôle négatif.

At : Représente l'absorbance de l'extrait.

L'acide ascorbique a été utilisé comme contrôle positif à différentes concentrations. La valeur IC50, qui est la concentration d'extrait nécessaire pour réduire de 50% le DPPH, a été déterminée graphiquement par régression linéaire à partir de la courbe du pourcentage de réduction en fonction de la concentration (**Samarth et al., 2008**).

7. Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique

Préparation de la gamme d'étalon d'acide ascorbique (vitamine C) :

7.1. Préparation de la solution mère

10 mg d'acide ascorbique sont dissous dans 10 ml de méthanol pour obtenir une solution mère (S1) à une concentration de 1 mg/ml.

7.1.1. Préparation des étalons

La solution mère (S1) est diluée pour obtenir les différentes concentrations dans des tubes Eppendorf comme suit :

- 25 µg/ml : 2,5 µl de S1 sont mélangés avec 97,5 µl de méthanol.
- 50 µg/ml : 5 µl de S1 sont mélangés avec 95 µl de méthanol.
- 75 µg/ml : 7,5 µl de S1 sont mélangés avec 92,5 µl de méthanol.
- 100 µg/ml : 10 µl de S1 sont mélangés avec 90 µl de méthanol.
- 125 µg/ml : 12,5 µl de S1 sont mélangés avec 87,5 µl de méthanol.
- 150 µg/ml : 15 µl de S1 sont mélangés avec 85 µl de méthanol.
- 175 µg/ml : 17,5 µl de S1 sont mélangés avec 82,5 µl de méthanol.
- 200 µg/ml : 20 µl de S1 sont utilisés directement.

Pour chaque concentration préparée, le même protocole que celui utilisé pour les échantillons est suivi avec 20µ de chaque dilution.

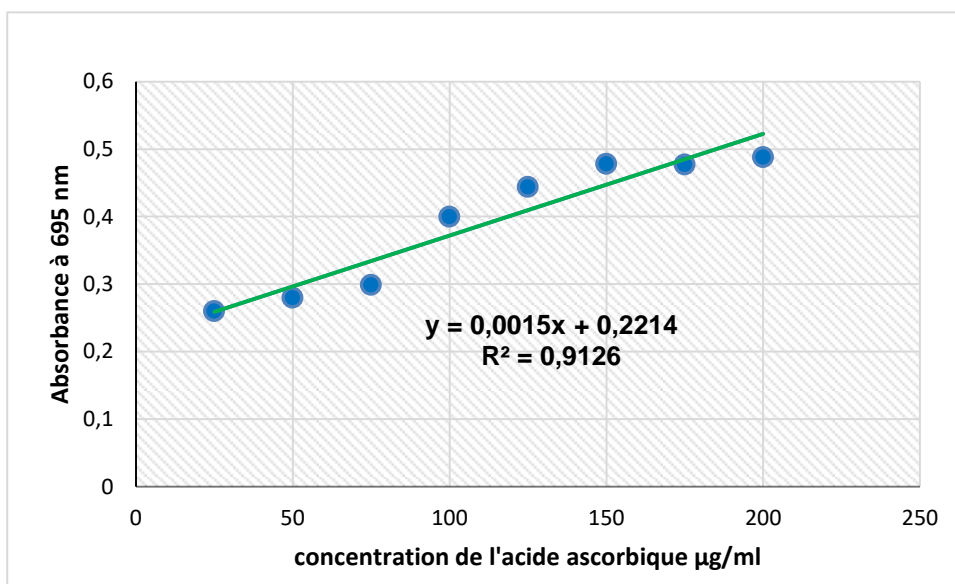


Figure 13 : Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique

8. Analyse statistique

Toutes les expériences ont été faites en triple. Les résultats ont été exprimés en moyenne \pm (déviatiion standard (n=3)).

CHAPITRE 04:


Résultats et Discussion




1. Screening photochimique

Les tests de screening phytochimique comprennent la détection des différents composés actifs présents dans les plantes étudiées, par des tests qualitatifs. Ces réactions dépendent soit de la formation d'un précipité, soit d'un changement de couleur au moyen des réactifs spécifiques à chaque famille de composés actifs. Les résultats des tests qualitatifs de détection appliqués aux trois plantes étudiées sont les suivants :


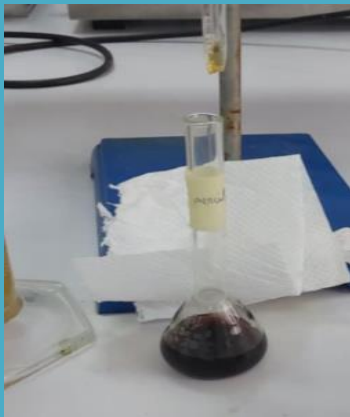
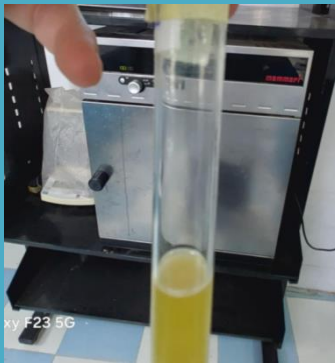
1.1. Coriandre

Tableau 05 : Résultats du criblage phytochimique des trois plantes étudiées

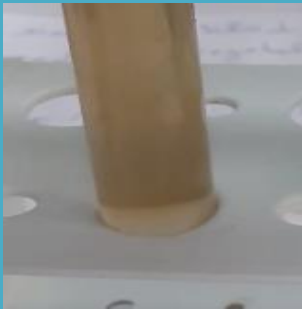

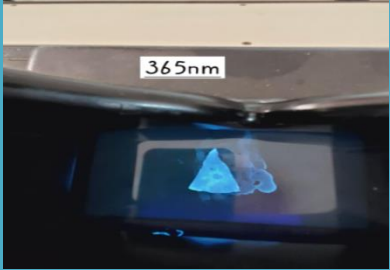
Extrait		Résultats
Coriandre	Flavonoïdes	<p>L'apparition de la coloration rose, orange ou rouge indique la présence des flavonoïdes</p> <p>+++</p> 
	Tanins	<p>Catéchiques</p> <p>Présence de tanins, une coloration verdâtre se développe pour les tanins catéchiques</p> <p>+++</p> 

Saponines	Une hauteur de mousse persistante, supérieure à 1 cm indique la présence de saponosides +	
Stéroïdes	Absence des stéroïde -	/
Alcaloïdes	L'apparition d'un précipité blanc jaunâtre ou brun indique la présence d'alcaloïdes +	
Coumarines	La fluorescence des taches confirme la présence des Coumarines +	

1.2. Persil


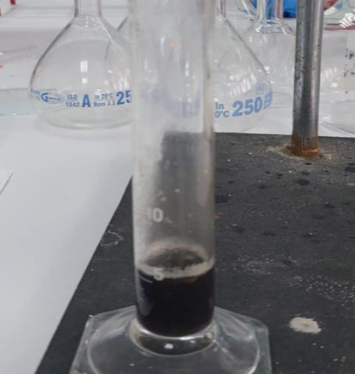
		Extrait	Résultats	
Persil		Flavonoïdes	<p>L'apparition de la coloration rose, orange ou rouge indique la présence des flavonoïdes</p> <p style="text-align: center;">++</p>	
		Tanins	<p>Galliques</p> <p>coloration bleu noirâtre apparaît pour les tanins galliques</p> <p style="text-align: center;">+++</p>	
		Saponines	<p>Une hauteur de mousse persistante, supérieure à 1 cm indique la présence de saponosides</p> <p style="text-align: center;">++</p>	

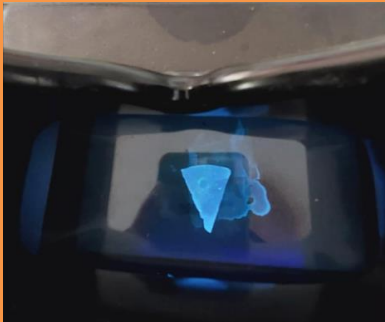
Chapitre 04: Résultats et discussions

Stéroïdes	Après agitation l'apparition, à l'interphase, d'un anneau pour pré ou violet, virant au bleu puis au vert, indique une réaction positive et la présence des stéroïdes +++	
Alcaloïdes	L'apparition d'un précipité blanc jaunâtre ou brun indique la présence d'alcaloïdes ++	
Coumarines	La fluorescence des taches confirme la présence des Coumarines ++	

Chapitre 04: Résultats et discussions

1.3. Céleri

		Extrait	Résultats	
céleri	Flavonoïdes		<p>L'apparition de la coloration rose, orange ou rouge indique la présence des flavonoïdes</p> <p>+</p>	
	Tanins		<p>Galliques</p> <p>coloration bleu noirâtre apparaît pour les tanins galliques</p> <p>+++</p>	
	Saponines		<p>Une hauteur de mousse persistante, supérieure à 1 cm indique la présence de saponosides</p> <p>+</p>	

Stéroïdes	<p>L'apparition, à l'interphase, d'un anneau pourpre ou violet, virant au bleu puis au vert, indique une réaction positive et la présence des stéroïdes</p> <p>+++</p>	
Alcaloïdes	<p>L'apparition d'un précipité blanc jaunâtre ou brun indique la présence d'alcaloïdes</p> <p>++</p>	
Coumarines	<p>La fluorescence des taches confirme la présence des Coumarines</p> <p>+</p>	

Test négatif (-), test faiblement positif (+), test positif (++) , test fortement positif (+++).

Les résultats de notre étude confirment la diversité des composés phytochimiques présents dans *Coriandrum sativum*, *Petroselinum crispum*, et *Apium graveolens*, avec des profils spécifiques à chaque plante. En ce qui concerne *Coriandrum sativum*, l'absence de tanins galliques et de stéroïdes contraste avec la présence abondante de tanins catéchiques, de flavonoïdes, de coumarines, de saponosides et d'alcaloïdes. Ces résultats corroborent les travaux de **Nhutet al. (2020)**, qui ont également mis en évidence une large gamme de

Chapitre 04: Résultats et discussions

composés pharmacologiquement actifs, incluant des alcaloïdes, tanins, flavonoïdes et coumarines dans cette espèce.

Pour le persil et le céleri (*Petroselinum crispum* et *Apium graveolens*), notre étude révèle des différences notables par rapport à la coriandre. Alors que les tanins catéchiques sont absents, les tanins galliques sont présents, accompagnés de flavonoïdes, coumarines, saponosides, stéroïdes et alcaloïdes en quantités significatives. Ces résultats sont en accord avec ceux de **Baananou et al.(2013)**, qui ont démontré que les extraits hydroalcooliques et aqueux d'*Apiumgraveolens*, originaire de Tunisie, contiennent des flavonoïdes, tanins et saponosides.

De plus, les travaux de **SalhiOmyma et al.(2021)** sur l'activité antioxydante des extraits et huiles essentielles d'*Apium graveolen* s'confirment l'existence des tanins galliques et catéchiques, ainsi que des alcaloïdes en quantités importantes, des résultats alignés avec nos observations. Leur étude a également révélé que les graines de cette plante sont riches en saponosides, anthocyanes et flavonoïdes, tandis que les feuilles en contiennent des quantités bien moindres, avec des niveaux plus faibles de saponosides, anthocyanes et coumarines. En outre, l'absence de composés réducteurs, d'amidon et d'hétérosides dans ces parties de la plante a été confirmée, ce qui apporte un éclairage supplémentaire sur la composition spécifique des différents organes d'*Apium graveolens*.

Ainsi, ces résultats soulignent la variabilité interspécifique et intra spécifique des composés bioactifs dans les trois plantes étudiées. Cette variabilité est importante à considérer pour l'optimisation des extraits à des fins pharmacologiques ou alimentaires, notamment dans le cadre d'études sur l'activité antioxydante et d'autres propriétés thérapeutiques. Nos conclusions ouvrent également la voie à des études plus approfondies sur l'impact des facteurs environnementaux et agronomiques sur la composition phytochimique de ces espèces.

2. Rendement de l'extraction

Les résultats de l'analyse de la variance (**Tableau 06**),montrent une différence significative entre le céleri, persil et coriandre ($Pr > F < 0,0001$). Cela signifie que les rendements diffèrent significativement entre les différentes plantes, ainsi qu'une différence significative entre l'extrait méthanolique à 80% et l'extrait aqueux ($Pr > F < 0,0001$), suggérant que ces deux types d'extraits produisent des rendements significativement différents. L'interaction entre les deux facteurs est également significative ($Pr > F < 0,0001$), indiquant que l'effet du type d'extrait varie selon la plante étudiée.

Chapitre 04: Résultats et discussions

Tableau 06 : Analyse de la variance à deux facteurs pour les résultats de rendement des deux extraits (méthanolique 80% et aqueux) pour le céleri, persil, et coriandre :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Plante	2	21 314,84	10 657,42	90 748,64	< 0,0001
Type d'extrait	1	41 322,38	41 322,38	351 862,79	< 0,0001
Interaction(Plante × Type d'extrait)	2	24 669,57	12 334,79	105 031,52	< 0,0001

Les rendements des extraits méthanoliques et aqueux varient pour les trois plantes étudiées. Concernant le céleri, les résultats montrent que le rendement de l'extrait méthanolique est de $0,01 \pm 0,01$ tandis que celui de l'extrait aqueux est de $0,02 \pm 0,01$, indiquant une légère supériorité pour l'extrait aqueux.

Pour le persil, une différence plus importante est observée, avec un rendement méthanolique de $0,10 \pm 0,10$ contre un rendement aqueux de $0,07 \pm 0,07$. Bien que l'extrait méthanolique semble légèrement plus efficace, les rendements restent proches.

En ce qui concerne la coriandre, le rendement méthanolique est notablement plus élevé, atteignant $25,42 \pm 0,10$, tandis que l'extrait aqueux présente un rendement de $0,12 \pm 0,12$. Cela montre une différence significative, où l'extrait méthanolique est largement supérieur.

Ces résultats diffèrent de ceux mentionnés initialement, où les extraits aqueux étaient considérés comme plus efficaces. Les résultats obtenus ici révèlent que pour la coriandre, l'extrait méthanolique est nettement plus performant. La différence observée pourrait s'expliquer par les propriétés chimiques spécifiques des plantes étudiées.

Des études telles que celles de **Jeyakumar et al. (2016)** et **Saoudi et al. (2017)** ont montré que le type de solvant joue un rôle crucial dans l'extraction des composés bioactifs, et que certaines plantes réagissent mieux aux solvants polaires comme le méthanol. Les variations de rendement peuvent également être influencées par des facteurs tels que l'origine géographique, la saison de la récolte et les méthodes d'extraction (**Luthria, 2006**).

Ainsi, bien que les extraits aqueux soient souvent plus efficaces pour certaines plantes, comme l'ont suggéré **Yanardağ et al. (2003)** et **Nhut et al. (2020)**, ces résultats montrent que pour le persil et la coriandre, l'extrait méthanolique offre des rendements plus élevés, ce qui suggère une meilleure adéquation du méthanol pour ces plantes.

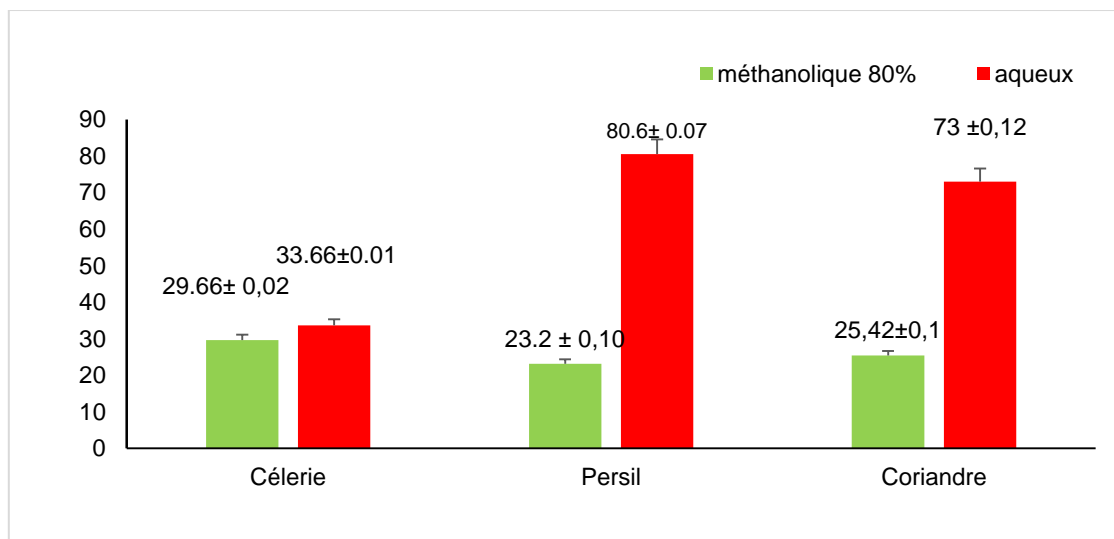


Figure 14 : Les rendements des trois plantes étudiées en fonction du pourcentage pour les deux extraits. Les résultats sont présentés en termes de moyenne \pm écart-type de 3 mesures différentes.

3. Teneur en polyphénol totaux

Pour déterminer la teneur en polyphénols dans les deux extraits des trois plantes étudiées nous avons utilisé le réactif de Folin-Ciocalteu. Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/g d'extrait) en se basant sur la courbe d'étalonnage pour ce standard.

Le test ANOVA (**Tableau 07**), montre une différence très significative entre les extraits méthanoliques à 80% et aqueux, avec une valeur de $F = 438,41$ et $Pr > F < 0,0001$. Cela indique que le type d'extrait a un effet important sur les niveaux de polyphénols dans les plantes. Le test ANOVA indique également une différence très significative entre les plantes (céleri, persil, et coriandre), avec une valeur de $F = 1422,88$ et $Pr > F < 0,0001$. Cela suggère que la concentration en polyphénols diffère significativement selon les plantes étudiées. Ainsi que l'interaction est également significative avec une valeur de $F = 93,19$ et $Pr > F < 0,0001$, ce qui signifie que l'effet du type d'extrait dépend de la plante concernée.

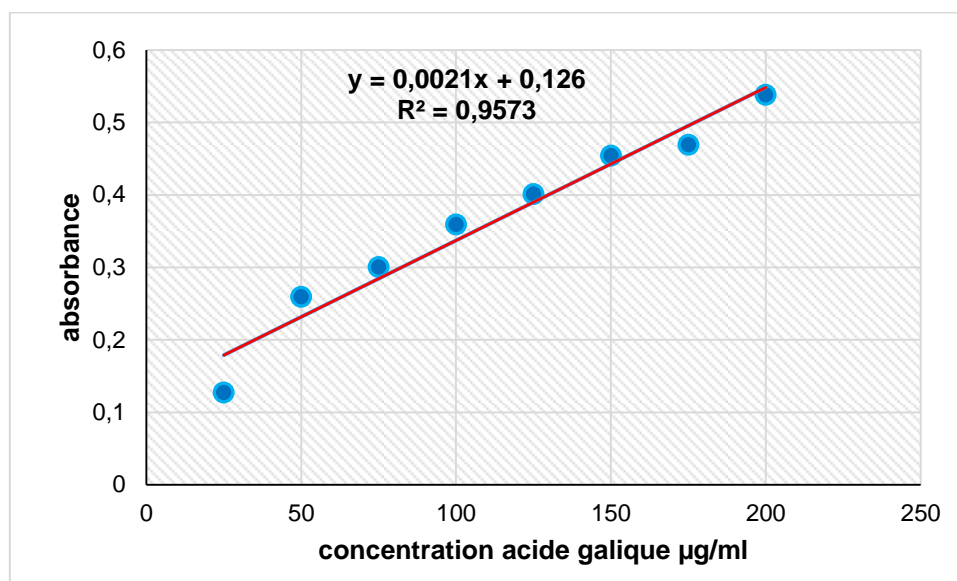


Figure 15 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

Tableau 07 : Analyse de la variance à deux facteurs pour les polyphénols totaux dans les trois plantes en fonction des deux types d'extraits (méthanolique à 80% et aqueux) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Plante	2	10 961,91	5480,95	1422,88	< 0,0001
Type d'extrait	1	1688,77	1688,77	438,41	< 0,0001
Interaction(Plante × Type d'extrait)	2	717,96	358,98	93,19	< 0,0001

La teneur en polyphénols totaux des extraits méthanoliques à 80 % et aqueux des trois plantes étudiées (céleri, persil, et coriandre) est exprimée en mg équivalent acide gallique par gramme d'extrait (mg Eq. AG/g E) (**Figure 16**). Des différences significatives sont observées entre les extraits et les plantes. Pour le céleri, les teneurs en polyphénols sont comparables dans les deux types d'extraits, avec des valeurs légèrement plus élevées dans l'extrait méthanolique (92 mg/g) par rapport à l'extrait aqueux (86 mg/g). En revanche, pour le persil, l'extrait méthanolique (48,03 mg/g) présente une teneur en polyphénols plus élevée que l'extrait aqueux (30,12 mg/g). De même, pour la coriandre, l'extrait méthanolique affiche une teneur en polyphénols nettement supérieure (112,11 mg/g) par rapport à l'extrait aqueux (75,67 mg/g).

Chapitre 04: Résultats et discussions

Ces résultats indiquent que le méthanol à 80 % est généralement plus efficace que l'eau pour extraire les polyphénols, en particulier pour le persil et la coriandre. Cette différence peut s'expliquer par la solubilité des polyphénols dans les solvants organiques. Le méthanol est souvent plus performant pour l'extraction des composés phénoliques en raison de sa capacité à dissoudre à la fois des composés polaires et légèrement apolaires (**Seide,2005 ; Jeyakumar et al., 2016 ;Sultana et al.,2009**) ont montré que l'extraction méthanolique est plus efficace pour extraire les polyphénols grâce à la polarité du méthanol, qui facilite l'extraction des flavonoïdes et autres phénols présents dans les cellules végétales. Leur étude indique que les solvants organiques, comme le méthanol, surpassent l'eau pour extraire ces composés bioactifs.

Les teneurs en polyphénols de persil dans notre étude sont proches de celles obtenues par **Trifunski et al (2012)** (54,20 mg/g), presque deux fois supérieures à celles de **Kaiser et al. (2013)** (25,5 mg/g), mais presque deux fois inférieures à celles de **Ramde-Tiendrebeogo et al (2019)** (102,77 mg/g). Pour l'extrait aqueux, les valeurs sont similaires à celles rapportées par **Hinneburg et al. (2006)** (29,2 mg/g), et supérieures à celles de **Tang et al. (2015)** (9,63 mg/g), **Kamel (2013)** (10,31 mg/g), et **Kuźma (2014)** (4,56 mg/g).

Pour la coriandre, notre étude trouve une teneur en polyphénols proche de celle rapportée par **Nhut et al.(2020)** (113,08 mg/g) pour l'extrait méthanolique et (75,72 mg/g) pour l'extrait aqueux. Ces valeurs sont nettement plus élevées que celles observées en Tunisie et au Canada (12,10 mg/g et 15,16 mg/g, respectivement)(**Asgarpanah et al.,2013**). La teneur en polyphénols du céleri est également proche de celle rapportée par **Dellal et al.(2018)** (102,23 mg/g) pour l'extrait hydroalcoolique.

Les variations dans la teneur en polyphénols totaux peuvent être attribuées à des facteurs génétiques propres à chaque variété, ainsi qu'à des conditions de culture telles que le niveau d'irrigation et l'utilisation de produits chimiques. Ces différences soulignent l'importance du choix du solvant lors de l'extraction pour optimiser le contenu en composés actifs des plantes (**Bigoniya et al.,2011**).

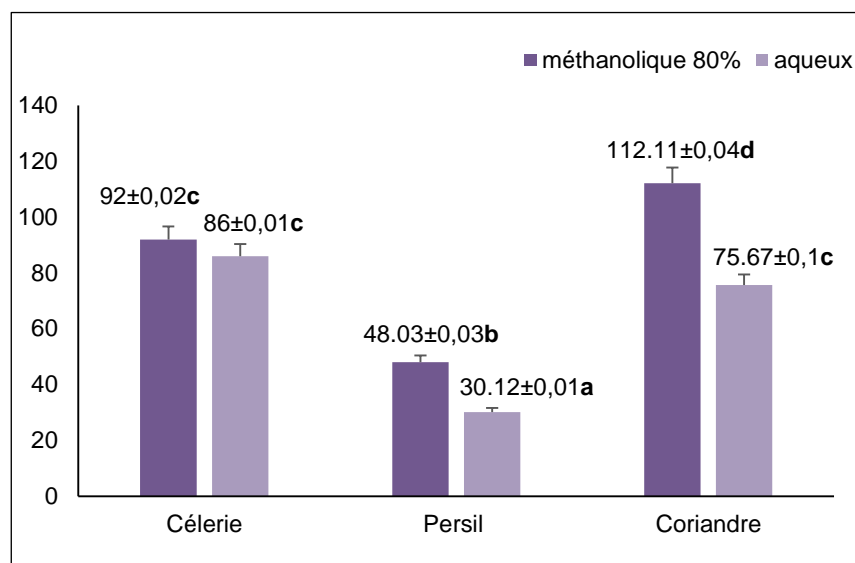


Figure 16 : Teneur en polyphénols totaux dans les deux extraits des trois plantes étudiées en (mg Eq. AG/g E). Les résultats sont présentés en termes de moyenne \pm écart-type de 3 mesures différentes. a, b, c : groupes homogène

4. Activité antioxydants

Les radicaux libres sont impliqués dans de nombreuses pathologies. Afin de renforcer le système de défense endogène, les recherches se concentrent sur l'identification de molécules antioxydantes pouvant être utilisées comme traitements ou suppléments alimentaires. Parmi les mécanismes d'action des antioxydants figurent la neutralisation des radicaux libres.

Ainsi, pour évaluer l'activité antioxydante de nos extraits des trois plantes étudiées, nous avons utilisé la méthode du DPPH. Les résultats obtenus ont été exprimés en pourcentage d'inhibition I%, et IC₅₀ a été calculé.

Les radicaux libres sont des molécules instables impliquées dans des processus pathologiques comme le vieillissement, les maladies cardiovasculaires et le cancer. Les antioxydants jouent un rôle clé en neutralisant ces radicaux, contribuant ainsi à protéger les cellules du stress oxydatif.

Les résultats du pourcentage d'inhibition du radical DPPH° pour les extraits de coriandre, céleri et persil, testés dans deux solvants différents : méthanolique (80 %) et aqueux (**Figure 17**), montrent des différences notables. Le pourcentage d'inhibition indique la capacité des

Chapitre 04: Résultats et discussions

extraits à neutraliser les radicaux libres, en comparaison avec l'acide ascorbique, un antioxydant de référence.

La coriandre montre des résultats intéressants, avec un pourcentage d'inhibition de 78,23 % pour l'extrait méthanolique et de 80,12 % pour l'extrait aqueux. Ces valeurs sont assez proches, indiquant que les composés antioxydants sont extraits de manière similaire dans les deux solvants.

Le céleri, quant à lui, affiche un pourcentage d'inhibition plus faible, avec 30,5 % pour l'extrait méthanolique et 57 % pour l'extrait aqueux, ce qui suggère que l'eau est un meilleur solvant pour extraire les composés actifs du céleri.

Le persil présente des pourcentages d'inhibition relativement élevés, avec 77 % pour l'extrait méthanolique et 73 % pour l'extrait aqueux, indiquant également une bonne extraction des composés antioxydants dans les deux types de solvants.

Enfin, l'acide ascorbique, utilisé comme référence, affiche un pourcentage d'inhibition de 88 %, ce qui est supérieur aux extraits de céleri, mais relativement similaire aux extraits de coriandre et de persil. Ces résultats confirment l'efficacité antioxydante des extraits de plantes, particulièrement celle du persil et de la coriandre.

le test DPPH° a montré que les extraits aqueux et méthanoliques de coriandre et de persil sont efficaces pour inhiber les radicaux libres, tandis que le céleri présente une meilleure efficacité en milieu aqueux. Les résultats obtenus mettent en évidence l'importance des polyphénols dans l'activité antioxydante, et le test DPPH° reste un outil fiable pour mesurer cette capacité dans les extraits de plantes.

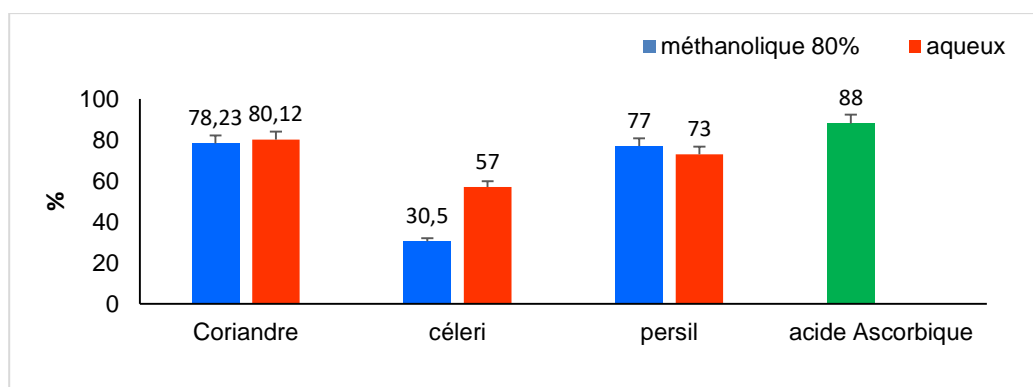


Figure 17 : Inhibition de l'activité scavenging du radical DPPH° des deux extraits des trois plantes et par l'acide ascorbique

4.1. Détermination des IC50

Les résultats des valeurs de l'IC50 des extraits méthanoliques (80 %) et aqueux des trois plantes (coriandre, céleri, persil), ainsi que de l'acide ascorbique, antioxydant de référence (**Figure 18**), permettent d'évaluer l'efficacité de chaque extrait dans l'inhibition du radical libre DPPH°. L'IC50 représente la concentration d'extrait nécessaire pour inhiber 50 % des radicaux libres, un indicateur clé dans l'évaluation de l'activité antioxydante. Plus la valeur est faible, plus l'extrait est efficace.

Pour la coriandre, l'IC50 de l'extrait méthanolique est de 1,39 µg/mL, contre 1,74 µg/mL pour l'extrait aqueux, ce qui indique une meilleure efficacité antioxydante pour l'extrait méthanolique. Cela suggère que les composés antioxydants présents dans la coriandre, tels que les polyphénols, sont mieux extraits dans un solvant méthanolique. Cela rejoint les travaux de **Singh et al. (2017)**, qui ont observé une activité antioxydante plus élevée dans les extraits méthanoliques de coriandre en raison de la solubilité des composés phénoliques dans ce solvant.

Concernant le céleri, l'extrait méthanolique (IC50 = 0,71 µg/mL) est également plus efficace que l'extrait aqueux (IC50 = 0,91 µg/mL), confirmant que les polyphénols et autres antioxydants sont mieux extraits dans le méthanol. Ces résultats sont cohérents avec ceux de **Chakraborty et al. (2020)**, qui ont observé une activité antioxydante plus importante pour les extraits méthanoliques de céleri, en raison de la richesse en composés comme l'acide caféique et l'acide férulique.

En revanche, pour le persil, les valeurs d'IC50 des extraits méthanoliques (2,1 µg/mL) et aqueux (1,9 µg/mL) sont proches, indiquant une efficacité antioxydante similaire dans les deux solvants. Bien que le persil présente une activité antioxydante, son IC50 est plus élevé que celui des autres plantes, ce qui pourrait refléter une concentration plus faible de composés actifs ou des différences dans les méthodes d'extraction. Des études comme celle de **Liskova et al. (2019)** ont montré que la concentration en polyphénols peut varier en fonction de la méthode d'extraction, ce qui pourrait expliquer ces résultats.

Enfin, l'acide ascorbique, utilisé comme référence, présente une IC50 de 0,3 µg/mL, une valeur inférieure à celle des extraits de plantes. Cela montre que, bien que les extraits végétaux soient efficaces, l'acide ascorbique reste un antioxydant de référence avec une très forte capacité à neutraliser les radicaux libres.

Chapitre 04: Résultats et discussions

Les extraits méthanoliques de coriandre et de céleri montrent une meilleure efficacité antioxydante que leurs homologues aqueux, tandis que le persil présente une efficacité similaire dans les deux solvants. Ces extraits de plantes, bien qu'efficaces, affichent des IC50 supérieures à celles de l'acide ascorbique, soulignant leur potentiel mais aussi leurs limites dans certaines conditions.

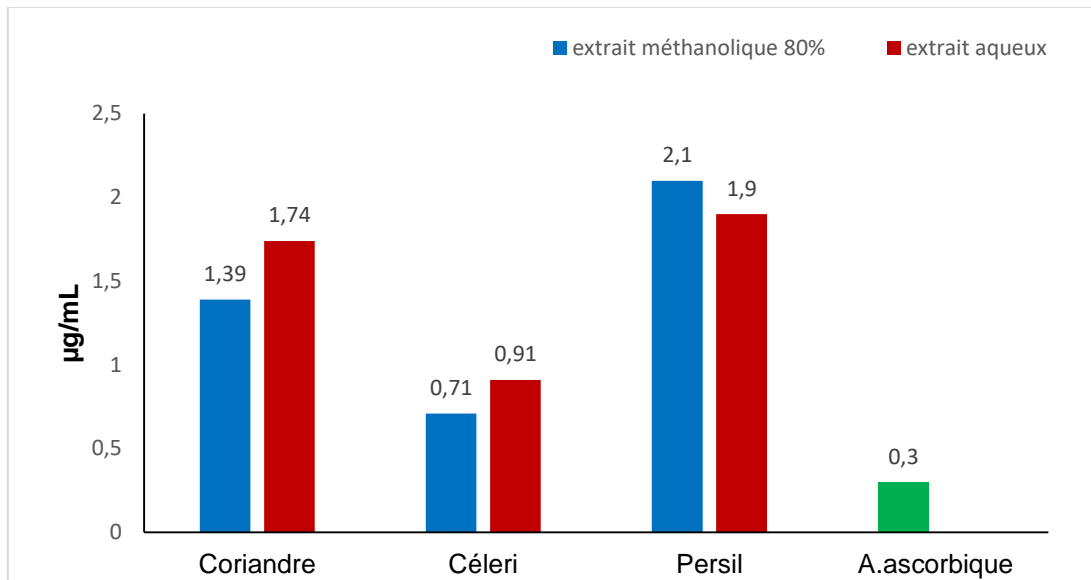


Figure 18: L'IC50 des deux extraits méthanolique 80% et aqueux des trois plantes dans le test de DPPH et de l'acide ascorbique.

Conclusion

Conclusion

Les plantes médicinales, riches en molécules bioactives issues de leurs métabolites secondaires, jouent un rôle crucial dans divers domaines tels que la médecine traditionnelle, la pharmacologie, la cosmétique et l'alimentation. Cette étude a évalué les activités antioxydantes des extraits de trois plantes de la famille des Apiaceae: *Coriandrum sativum*, *Petroselinum crispum*, et *Apium graveolens*.

Les extraits ont été obtenus par extraction méthanolique (80%) et aqueuse, puis analysés pour le screening phytochimique, le rendement d'extraction, le dosage des polyphénols totaux, et leur activité antioxydante via la méthode DPPH. Voici les résultats clés :

1. Screening phytochimique : Toutes les plantes contenaient des composés bioactifs tels que les flavonoïdes, les saponines et les tanins, avec des variations dans leur composition.

2. *Coriandrum sativum* :

- Rendement : 78,23% pour l'extrait méthanolique et 80,12% pour l'extrait aqueux, d'après le premier diagramme.
- Polyphénols totaux : 112.11 mg Eq. AG/g E pour l'extrait méthanolique et 75.67 mg Eq. AG/g E pour l'extrait aqueux.
- Pourcentage d'inhibition des radicaux libres : Comme observé dans le deuxième diagramme, les extraits méthanoliques et aqueux montrent respectivement 78,23% et 80,12%.
- IC50 : 1,39 µg/mL pour l'extrait méthanolique et 1,74 µg/mL pour l'extrait aqueux (troisième diagramme).

Ces résultats montrent que *Coriandrum sativum* présente un fort potentiel antioxydant, avec des performances similaires pour les deux types d'extraits.

3. *Petroselinum crispum* :

- Rendement : 77% pour l'extrait méthanolique et 73% pour l'extrait aqueux (premier diagramme).
- Polyphénols totaux : 48.03 mg Eq. AG/g E pour l'extrait méthanolique et 30.12 mg Eq. AG/g E pour l'extrait aqueux.

- Pourcentage d'inhibition des radicaux libres : 77% pour l'extrait méthanolique et 73% pour l'extrait aqueux, comme indiqué dans le second diagramme.
- IC50 : 2,1 µg/mL pour l'extrait méthanolique et 1,9 µg/mL pour l'extrait aqueux (troisième diagramme).

Les extraits méthanoliques de *Petroselinum crispum* ontrent une meilleure efficacité antioxydante que les extraits aqueux.

4. *Apium graveolens*:

- Rendement : 57% pour l'extrait aqueux et 30,5% pour l'extrait méthanolique (premier diagramme).
- Polyphénols totaux : 92 mg Eq. AG/g E pour l'extrait méthanolique et 86 mg Eq. AG/g E pour l'extrait aqueux.
- Pourcentage d'inhibition des radicaux libres : L'extrait aqueux atteint 57%, et l'extrait méthanolique 30,5%, d'après le second diagramme.
- IC50 : 0,71 µg/mL pour l'extrait méthanolique et 0,91 µg/mL pour l'extrait aqueux (troisième diagramme).

Les résultats montrent que *Coriandrum sativum* présente le potentiel antioxydant le plus élevé parmi les plantes étudiées, suivi de *Petroselinum crispum* et *Apium graveolens*. Toutefois, il est important de souligner que ces résultats in vitro nécessitent des validations supplémentaires in vivo, ainsi que des études toxicologiques et pharmacologiques pour confirmer l'efficacité des extraits à long terme.

Références bibliographique

Références bibliographiques

- Afonso, V., Champy, R., Mitrovic, D., Collin, P., & Lomri, A. (2007). Reactive oxygen species and superoxide dismutases. *Joint Bone Spine*, 74, 324-329.
- Alam, M. N., Bristi, N. J., & Rafiquzzaman, M. (2013). Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 21, 143-152.
- Allaith, A. (2019). Antioxidants in date fruits and the extent of the variability of the total phenolic content: Review and analysis. In E. Shalaby (Ed.), *Antioxidants* (pp. 418). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.83851>
- Anton & Lobstein. (2005). Coskuner& Karababa. (2007).[Citation incomplete,missing journal or book title].
- Anton & Lobstein. (2005).Coskuner&Karababa.(2007). Harding. (2005). [Citationincomplete, missing journal or book title].
- Asgarpanah, J., & Kazemivash, N. (2013). *Journal of Integrative Medicine*, 19, 153-159.
- Baananou, S., Borgi, W., Amor, M., Boukef, K., Chouchane, N., Aouam, K., & Boughattas, N. (2013). Anti-inflammatory and analgesic activities of Tunisian *Apium graveolens* L. leaves extracts in rats. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 2(4), 225-231.
- Barzilai, A., & Yamamoto, K. I. (2004). DNA damage response to oxidative stress. [Journal name missing], 3(8-9), 1109-1115.
- Bat-Özmatara, M. (2020). The antioxidant activity of *Apium graveolens*. *International Journal of Food Engineering Research*, 6(1), 17-33.
- Bennett, R. N., & Wallsgrove, R. M. (1994). Secondary metabolites in plant defense mechanisms. *New Phytologist*, 127(4), 617–633.
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76.
- Berger, M. M. (2005). Can oxidative damage be treated nutritionally? *Clinical Nutrition*, 24(2), 172–183.
- Beutner, S., Bloedorn, B., Frixel, S., Hernández-Blanco, I., Hoffmann, T., Martin, H. D., & Mayer, B. (2001). Quantitative assessment of antioxidant properties of natural colorants and phytochemicals: Carotenoids, flavonoids, phenols, and indigoids. The role of β -carotene in antioxidant functions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(6), 559–568.

- Blomhoff, R., Carlsen, M. H., Andersen, L. F., & Jacobs, D. R. (2006). Health benefits of nuts: Potential role of antioxidants. *British Journal of Nutrition*, 96(S2), S52–S60.
- Bloomer, R. J., Fisher-Wellman, K. H., & Smith, W. A. (2009). Postprandial oxidative stress: Influence of sex and exercise training status. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(12), 2111–2119.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30.
- Buhler, D. R., & Miranda, C. L. (2000). Antioxidant activities of flavonoids. In *Flavonoids in the Living System* (pp. 241–281). Springer, Boston, MA.
- Cai, Y., Luo, Q., Sun, M., & Corke, H. (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anti cancer. *Life Sciences*, 74(17), 2157–2184.
- Cadenas, E., & Packer, L. (2002). *Handbook of Antioxidants*. Marcel Dekker Inc., New York, USA.
- Chandrasekara, A., & Shahidi, F. (2011). Determination of antioxidant activity in free and hydrolyzed fractions of millet grains and characterization of their phenolic profiles by HPLC-DAD-ESI-MS(n). *Journal of Functional Foods*, 3(3), 144–158.
- Chen, C. Y., Milbury, P. E., & Blumberg, J. B. (2004). Polyphenols in almond skins after blanching modulate plasma biomarkers of oxidative stress in healthy humans. *Antioxidants & Redox Signaling*, 6(6), 991–999.
- Chung, K. T., Wong, T. Y., Wei, C. I., Huang, Y. W., & Lin, Y. (1998). Tannins and Human health: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38(6), 421–464.
- Clarke, J. D., Hsu, A., & Riedl, K. (2011). Bioavailability and inter-individual variability in sulforaphane absorption from broccoli: Effects of genetic polymorphisms in glutathione S-transferase. *Carcinogenesis*, 32(8), 1244–1251.
- Collins, A. R. (2005). Assays for oxidative stress and antioxidant status: Applications to research into the biological effectiveness of polyphenols. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 261S–267S.
- Conn, E. E. (1979). Cyanogenic glycosides. In *Herbivores: Their Interaction with Secondary Plant Metabolites* (pp. 389–412). Academic Press.
- Cotelle, N. (2001). Role of flavonoids in oxidative stress. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 1(6), 569–590.
- Das, D., & Das, D. K. (2007). Resveratrol and cardiovascular health. *Molecular Aspects Of Medicine*, 28(5–6), 491–506.

- Davalos, A., Gomez-Cordoves, C., Bartolome, B. (2004). Extending applicability of the oxygen radical absorbance capacity (ORAC–fluorescein) assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(1), 48–54.
- Del Rio, D., Costa, L. G., Lean, M. E., & Crozier, A. (2010). Polyphenols and health: What compounds are involved? *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 20(1), 16.
- Di Matteo, V., & Esposito, E. (2003). Biochemical and therapeutic effects of antioxidants in the treatment of Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and amyotrophic lateral sclerosis. *Current Drug Targets - CNS & Neurological Disorders*, 2(2), 95–107.
- Dragsted, L. O., Strube, M., & Larsen, J. C. (1993). Cancer-protective factors in fruits and vegetables: Biochemical and biological background. *Pharmacology & Toxicology*, 72(S1), 116–135.
- El-Ghorab, A. H., & Nauman, M. (2010). Preparation and characterization of antioxidant functionalized nano materials: A review. *Journal of Nanomaterials*, 2010, 1–18.
- Elliott, R. (2005). Mechanisms of genomic and non-genomic actions of carotenoids. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease*, 1740(2), 147–154.
- Ellis, C. L., Edirisinghe, I., & Kappagoda, T. (2011). Effect of a grape seed extract beverage on blood pressure in subjects with pre-hypertension. *Nutrition*, 27(3), 338–341.
- Engelmann, N. J., Rogers, R. B., & Kris-Etherton, P. M. (2009). Challenges in researching the bioactive constituents of plant-based foods: Research approaches for fruit polyphenols. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(1), 4–12.
- Erlund, I., Koli, R., Alfthan, G., et al. (2008). Favorable effects of berry consumption on platelet function, blood pressure, and HDL cholesterol. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 87(2), 323–331.
- Esposito, F., Arlotti, G., Bonifati, A. M., Napoli, M., Vitale, D., & Fogliano, V. (2005). Antioxidant activity and dietary fiber in durum wheat bran by-products. *Food Research International*, 38(10), 1167–1173.
- Fan, Y., Chen, C., & Ma, Y. (2010). Effects of polysaccharides on learning and memory and anti-oxidative activities in SAMP8 mice. *International Journal of Biological Macromolecules*, 47(2), 250–253.
- Fang, Y. Z., Yang, S., & Wu, G. (2002). Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition*, 18(10), 872–879.
- Faust, B. D., & Cravo-Laureau, C. (2005). Proteins involved in DNA damage recognition and repair. *Trends in Plant Science*, 10(4), 176–182.

- Ferguson, L. R. (2001). Role of plant polyphenols in genomic stability. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 475(1–2), 89–111.
- Finkel, T., & Holbrook, N. J. (2000). Oxidants, oxidative stress, and the biology of ageing. *Nature*, 408(6809), 239–247.
- Fleury, C., Mignotte, B., & Vayssiere, J. L. (2002). Mitochondrial reactive oxygen species in cell death signaling. *Biochimie*, 84(2), 131–141.
- Fresco, P., Borges, F., Diniz, C., & Marques, M. P. (2006). New insights on the anticancer properties of dietary polyphenols. *Medicinal Research Reviews*, 26(6), 747–766.
- Gardner, E. J., & Ruxton, C. H. (2002). Black tea—helpful or harmful? A review of the evidence. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56(1), 3–11.
- Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12), 909–930.
- González, R., Ballester, I., López-Posadas, R., Suárez, M. D., Zarzuelo, A., Martínez-Augustin, O., & Sánchez de Medina, F. (2011). Effects of flavonoids and other polyphenols on inflammation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(4), 331–362.
- Gutteridge, J. M., & Halliwell, B. (2010). Antioxidants: Molecules, medicines, and myths. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 393(4), 561–564.
- Halliwell, B. (2007). Biochemistry of oxidative stress. *Biochemical Society Transactions*, 35(5), 1147–1150.
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. (1990). Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: An overview. *Methods in Enzymology*, 186, 1–85.
- Hallmann, E., & Rembialkowska, E. (2012). The content of antioxidant compounds in selected crops cultivated in organic and conventional farming. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(12), 3637–3646.
- Harada, M., & Kan, Y. (2006). Molecular mechanisms of the anti-inflammatory and anticancer activities of polyphenols. *Current Medicinal Chemistry*, 13(14), 1765–1781.
- Harman, D. (2003). The free radical theory of aging. *Antioxidants & Redox Signaling*, 5(5), 557–561.
- Heim, K. E., Tagliaferro, A. R., & Bobilya, D. J. (2002). Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism, and structure-activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 13(10), 572–584.
- Hertog, M. G., Feskens, E. J., Hollman, P. C., Katan, M. B., & Kromhout, D. (1993). Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: The Zutphen Elderly Study. *The Lancet*, 342(8878), 1007–1011.

- Ho, S. C., & Chen, C. Y. (2009). The effects of lutein on the expression of inflammatory cytokines and antioxidant enzymes in lipopolysaccharide-stimulated macrophages. *Food and Chemical Toxicology*, 47(8), 1913–1919.
- Ho, Y. S., & Gao, Q. (2009). Oxidative stress in Alzheimer's disease: Implications for prevention and therapy. *Alzheimer's & Dementia*, 5(5), 291–302.
- Hodgson, J. M., & Croft, K. D. (2006). Dietary flavonoids: Effects on endothelial function and blood pressure. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(15), 2492–2498.
- Hotz, C., & Gibson, R. S. (2007). Traditional food-processing and preparation practices to enhance the bioavailability of micronutrients in plant-based diets. *The Journal of Nutrition*, 137(4), 1097–1100.
- Huang, D., Ou, B., & Prior, R. L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 1841–1856.
- Hung, H. C., Joshipura, K. J., Jiang, R., Hu, F. B., Hunter, D., Smith-Warner, S. A., & Willett, W. C. (2004). Fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease. *Journal of the National Cancer Institute*, 96(21), 1577–1584.
- Hurst, W. J., & Glinski, J. A. (2011). Role of antioxidants in cocoa and chocolate. In *Chocolate in Health and Nutrition* (pp. 117–131). Springer, New York, NY.
- Ikram, M. (1978). Economic importance of *Nigella sativa* L. *Economic Botany*, 32(3), 352–357.
- Jaime, L., Mendiola, J. A., Herrero, M., Soler-Rivas, C., Santoyo, S., Señorans, F. J., & Ibáñez, E. (2005). Separation and characterization of antioxidants from *Spirulina platensis* microalga by pressurized liquids. *Journal of Chromatography A*, 1100(1), 31–35.
- Jankovic, J. (2008). Parkinson's disease: Clinical features and diagnosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 79(4), 368–376.
- Jimenez-Escrig, A., & Sanchez-Moreno, C. (2006). Functional foods based on marine sources. *Food Chemistry*, 97(4), 1–8.
- Jimoh, F. O., & Adedapo, A. A. (2010). Effect of processing on antioxidant activities of some selected indigenous Nigerian vegetables. *African Journal of Food Science*, 4(3), 1–13.
- Joyce, D. A. (1987). Oxygen radicals in disease. *Advances in Pharmacology*, 14, 189–237.
- Jung, H. A., Kim, J. E., Chung, H. Y., & Choi, J. S. (2003). In vitro antioxidant activities of some selected medicinal plants. *Archives of Pharmacal Research*, 26(9), 727–733.
- Kaneda, Y., Tsujimoto, M., & Ishikawa, H. (2002). Inhibition of nitric oxide production by plant-derived polyphenols in RAW 264.7 macrophages. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 25(8), 1031–1034.

- Kaur, C., & Kapoor, H. C. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables—The millennium's health. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(7), 703–725.
- Kirby, A. J., & Schmidt, R. J. (1997). The antioxidant activity of Chinese herbs for eczema and of placebo herbs. *Journal of Ethnopharmacology*, 56(2), 103–108.
- Klaunig, J. E., & Wang, Z. (2018). Oxidative stress and oxidative damage in chemical carcinogenesis. *Toxicology Letters*, 283, 75–86.
- Klein, E., & Kim, J. (2008). Age-related eye disease study research group. Age-Related Eye Disease Study (AREDS): A Randomized, Placebo-Controlled, Clinical Trial of Zinc and Antioxidants for the Prevention of AMD. *Archives of Ophthalmology*, 126(3), 10–16.
- Knekt, P., Kumpulainen, J., Järvinen, R., Rissanen, H., Heliövaara, M., Reunanen, A., & Aromaa, A. (2002). Flavonoid intake and risk of chronic diseases. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(3), 560–568.
- Kohen, R., & Nyska, A. (2002). Oxidation of biological systems: Oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantification. *Toxicologic Pathology*, 30(6), 620–650.
- Krinsky, N. I., & Johnson, E. J. (2005). Carotenoid actions and their relation to health and disease. *Molecular Aspects of Medicine*, 26(6), 459–516.
- Kuang, Y., & Wang, C. (2017). Effects of phenolic acids on the uptake of cadmium and antioxidant enzymes in rice seedlings (*Oryza sativa*). *Plant Physiology and Biochemistry*, 118, 109–116.
- Lee, J., & Hwang, S. (2004). Antioxidative and anticancer activities of extracts from some medicinal plants grown in Korea. *Journal of Medicinal Plants Research*, 12(5), 12–18.
80. Leenen, R., Roodenburg, A. J., Tijburg, L. B., & Wiseman, S. A. (2000). A single dose of tea with or without milk increases plasma antioxidant activity in humans. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54(1), 87–92.
- Levi, F., Pasche, C., Lucchini, F., & La Vecchia, C. (2000). Dietary intake of selected micronutrients and the risk of breast cancer. *Cancer*, 89(1), 204–210.
- Lu, J., & Holmgren, A. (2014). The thioredoxin antioxidant system. *Free Radical Biology and Medicine*, 66, 75–87.
- Maeda, K., & Tsukahara, K. (1996). Antioxidant effects of natural plant extracts on skin. *Skin Pharmacology and Physiology*, 9(1), 43–49.
- Mahadevan, N., & Kamboj, P. (2009). *Hibiscus sabdariffa* Linn.—An overview. *Natural Product Radiance*, 8(1), 77–83.

- Marles, R. J., & Farnsworth, N. R. (1995). Antidiabetic plants and their active constituents. *Phytomedicine*, 2(2), 137–189.
- McCarty, M. F. (1999). Polyphenolic-rich diets can promote vascular health by opposing the effects of protein glycation, peroxidation, and nitration: Complementary effects to insulin-sensitizing agents. *Medical Hypotheses*, 52(2), 127–130.
- Medina, M., Garrido, A., & Cabrera, C. (2003). Nutritional aspects of tea and its potential as a chemopreventive beverage. *Nutrition and Cancer*, 47(1), 1–13.
- Mehta, H., & Chacko, K. (2010). Antioxidant activity of selected medicinal plants from the western ghats. *Journal of Experimental Sciences*, 1(3), 10–14.
- Takhtajan, A. L. (1969). Evolution et classification des plantes Supérieures. *Evolution and Classification of Higher Plants*. 17th ed., ed. Masson, Paris, pp. 34–46.
- Tannin-Spitz, T., Grossman, S., Dovrat, S., Gottlieb, H., Bergman, M. (2007). Growth inhibitory activity of cucurbitacine glucosides isolated from *Citrullus colocynthis* on human breast cancer cells. *Biochemical pharmacology*, 73(1), 56–67.
- Tapsell L. C., Hemphill I., Cobiac L., et al. (2006). Health benefits of herbs and spices: the past, the present, the future. *Medical Journal of Australia*, 185(4), S4–S24.
- Touati, B., Benabadi, M. I., Djebli, N., & Ouedraogo, J. B. (2009). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques de *Nigella sativa* L. Mémoire de fin d'études, Université de Mostaganem, Algérie.
- Touitou, M., & Bergman, M. (2017). Modulation of the immune system by medicinal plants. *Medicinal Plants in the Treatment of Inflammatory Diseases*, 34(1), 245–267.
- Toyooka, T., Ibuki, Y., & Goto, R. (2010). Ultraviolet B-induced reactive oxygen species formation: Relationship with DNA damage in human keratinocytes. *Photochemistry and Photobiology*, 86(5), 1156–1163.
- Trabelsi, N., Megdiche, W., Ksouri, R., Falleh, H., Oueslati, S., Souguir, M., et al. (2010). Solvent effects on phenolic contents and biological activities of the halophyte *Limonium densiflorum*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(10), 823–829.
- Tuberoso, C. I. G., Kowalczyk, A., Sarritzu, E., & Cabras, P. (2007). Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial lemon and lime juices by a HPLC–UV–MS method. *Food Chemistry*, 104(2), 787–795.
- Vanacker, H., & Carver, T. L. W. (2000). Pathogen resistance in plants: Role of reactive oxygen species and antioxidants. *Trends in Plant Science*, 5(9), 403–407.
- Varier, P. S. (1994). *Indian Medicinal Plants: A Compendium of 500 Species*. Volume 1, Orient Longman Limited, Hyderabad, India.

- Vitaglione, P., Morisco, F., Mazzone, G., Amoruso, D., & Caporaso, N. (2004). Antioxidant and anti-inflammatory activity of citrus fruit derivatives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(19), 6136–6140.
- Vyas, N., Dave, R., & Jain, A. K. (2008). Phytochemical screening and in-vitro antioxidant activity of herbal formulation using DPPH assay. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 70(4), 482–485.
- Wang, H., Liu, S., & Zhang, Y. (2003). Chemical composition and antioxidant activity of essential oil of celery (*Apium graveolens* L.) from China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(13), 4095–4099.
- Watson, R. R., Preedy, V. R., & Zibadi, S. (2010). *Polyphenols in Human Health and Disease*. Academic Press, San Diego, USA, pp. 189–202.
- Wedge, D.-E. (2006). Gas chromatographic-mass spectrometric analysis of essential oils from *Pimpinella* species gathered from Central and Northern Turkey. *Journal of Chromatography A*, 1117, 194-205.
- Wolfe, K. L., & Liu, R. H. (2007). Cellular antioxidant activity (CAA) assay for assessing antioxidants, foods, and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(22), 8896–8907.
- Zargari, A. (1992). *Medicinal Plants*. Volume 2, 5th Edition, Tehran University Publications, Tehran, Iran.
- Zhou, K., & Yu, L. (2004). Antioxidant properties of bran extracts from ‘wheat and corn’. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(20), 6705–6709.

عنوان المذكرة : التثمين الغذائي للنباتات من عائلة الخيميات (Apiaceae)

الإسم و اللقب : خديجة مناصرية

المؤطر : مكرسي نوال

ملخص :

تلعب النباتات الطبية، الغنية بالمستقلبات الثانوية النشطة بيولوجيًا، دورًا رئيسيًا في مجالات متنوعة مثل الطب، الصيدلة، مستحضرات التجميل، والتغذية. ركزت هذه الدراسة على تقييم الأنشطة المضادة للأكسدة لثلاثة نباتات من عائلة الخيميات (Apiaceae): الكزبرة (*Coriandrum sativum*)، البقدونس (*Petroselinum crispum*)، والكرفس (*Apium graveolens*)، بهدف تسليط الضوء على إمكاناتها كمكونات وظيفية في التغذية. تم الحصول على مستخلصات ميثانولية ومائية لكل نبات وإخضاعها لعدة تحليلات: الفحص الكيميائي النباتي، العائد الاستخراجي، قياس محتوى البوليفينول الكلي، واختبار نشاط مضادات الأكسدة باستخدام طريقة DPPH.

كشفت الفحص الكيميائي النباتي عن وجود مركبات نشطة بيولوجيًا مثل الفلافونويدات، الصابونين، والتانينات في جميع النباتات، مع وجود اختلافات محددة لكل نوع. أظهرت الكزبرة* أعلى عائد استخراجي (78.23% للمستخلص الميثانولي) بالإضافة إلى محتوى عالٍ من البوليفينول (112.11 مجم معادل حمض الجاليك/جرام مستخلص). كما عرضت هذه النبتة أعلى نسبة في تثبيط الجذور الحرة (78.23%)، مع IC50 بلغ 1.39 ميكروجرام/مل للمستخلص الميثانولي، مما يشير إلى نشاط مضاد للأكسدة قوي. أظهر البقدونس نشاطًا مضادًا للأكسدة ذا دلالة، ولكن أقل قليلًا، حيث بلغ IC50 لديه 2.1 ميكروجرام/مل للمستخلص الميثانولي، بينما أظهر الكرفس أقل فعالية مع IC50 بلغ 0.71 ميكروجرام/مل.

تشير النتائج إلى أن المستخلصات الميثانولية كانت أكثر فعالية بشكل عام من المستخلصات المائية. من بين النباتات التي تم دراستها، تبرز الكزبرة بإمكاناتها القوية المضادة للأكسدة، مما يجعلها مرشحًا واعدًا لتطبيقات في صياغة المكملات الغذائية ومنتجات التجميل. ومع ذلك، تتطلب هذه النتائج المخبرية (*in vitro*) تأكيدات في ظروف بيولوجية حقيقية (*in vivo*) للتحقق من فعالية المستخلصات. بالإضافة إلى ذلك، فإن التحليلات السمية والصيدلانية ضرورية لتوصيف المركبات النشطة بالتفصيل وتقييم إمكاناتها في صناعة الصحة.

الكلمات المفتاحية: الكزبرة، البقدونس، الكرفس، DPPH، IC50، النشاط المضاد للأكسدة

Title of the dissertation : Food valorisation of plants from the Apiaceae family

Full name : Menasria Khadidja

Directed by : Mekersi Nawal

Abstract:

Medicinal plants, rich in bioactive secondary metabolites, play a key role in various fields such as medicine, pharmacology, cosmetics, and food. This study focused on evaluating the antioxidant activities three plants from the Apiaceae family: *Coriandrum sativum*, *Petroselinum crispum*, and *Apium graveolens*, with the aim of highlighting their potential as functional ingredients in food. Methanolic and aqueous extracts of each plant were obtained and subjected to several analyses: phytochemical screening, extraction yield, total polyphenol content, and antioxidant activity test using the DPPH method. Phytochemical screening revealed the presence of bioactive compounds such as flavonoids, saponins, and tannins in all plants, with specific variations in each species. *Coriandrum sativum* showed the highest extraction yield (78.23% for the methanolic extract) as well as high polyphenol content (112.11 mg/g). This plant also exhibited the highest percentage of free radical inhibition (78.23%), with an IC50 of 1.39 µg/mL for the methanolic extract, highlighting its powerful antioxidant activity. *Petroselinum crispum* demonstrated significant antioxidant activity, though slightly lower, with an IC50 of 2.1 µg/mL for the methanolic extract, while *Apium graveolens* showed the lowest efficacy with an IC50 of 0.71 µg/mL.

The results demonstrate that methanolic extracts are generally more effective than aqueous extracts. Among the studied plants, *Coriandrum sativum* stands out for its strong antioxidant potential, making it a promising candidate for applications in the formulation of dietary supplements and cosmetic products. However, these *in vitro* results require *in vivo* validation to confirm the efficacy of the extracts in real biological conditions. Moreover, toxicological and pharmacological analyses are essential to thoroughly characterize the active compounds and assess their potential in the health industry.

Keywords: *Coriandrum sativum*, *Petroselinum crispum*, *Apium graveolens*, DPPH, IC50, antioxidant activity.

Titre du mémoire: Valorisation alimentaire des plante des plantes de la famille des Apiaceae

Nom et prénom: Menasria Khadidja

Encadreur : Mekersi Nawal

Résumé :

Les plantes médicinales, riches en métabolites secondaires bioactifs, jouent un rôle clé dans divers domaines tels que la médecine, la pharmacologie, la cosmétique et l'alimentation. Cette étude s'est concentrée sur l'évaluation des activités antioxydantes de trois plantes de la famille des Apiaceae : *Coriandrum sativum*, *Petroselinum crispum*, et *Apium graveolens*, dans le but de valoriser leur potentiel en tant qu'ingrédients fonctionnels dans l'alimentation. Les extraits méthanoliques et aqueux de chaque plante ont été obtenus et soumis à plusieurs analyses : screening phytochimique, rendement d'extraction, dosage des polyphénols totaux, et test d'activité antioxydante par la méthode du DPPH. Le screening phytochimique a révélé la présence de composés bioactifs tels que les flavonoïdes, les saponines, et les tanins dans toutes les plantes, avec des variations spécifiques à chaque espèce. *Coriandrum sativum* a montré le rendement d'extraction le plus élevé (78,23 % pour l'extrait méthanolique) ainsi qu'une forte teneur en polyphénols (112.11 mg Eq. AG/g E). Cette plante a également affiché le pourcentage d'inhibition des radicaux libres le plus élevé (78,23 %), avec une IC50 de 1,39 µg/mL pour l'extrait méthanolique, soulignant une activité antioxydante puissante. *Petroselinum crispum* a révélé une activité antioxydante significative, mais légèrement inférieure, avec une IC50 de 2,1 µg/mL pour l'extrait méthanolique, tandis qu'*Apium graveolens* a montré la plus faible efficacité avec une IC50 de 0,71 µg/mL.

Les résultats démontrent que les extraits méthanoliques sont globalement plus efficaces que les extraits aqueux. Parmi les plantes étudiées, *Coriandrum sativum* se distingue par son fort potentiel antioxydant, ce qui en fait une candidate prometteuse pour des applications dans la formulation de compléments alimentaires et de produits cosmétiques.

Toutefois, ces résultats in vitro nécessitent des validations in vivo pour confirmer l'efficacité des extraits dans des conditions biologiques réelles. De plus, des analyses toxicologiques et pharmacologiques sont indispensables pour caractériser en détail les composés actifs et évaluer leur potentiel dans l'industrie de la santé.

Mots-clés : *Coriandrum sativum*, *Petroselinum crispum*, *Apium graveolens*, DPPH, IC50, activité antioxydante.