

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

GUENOUNA AICHA

&

YESSAD AHLEM

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES

Spécialité: Nutrition et Pathologie

THÈME

**Effet du solvant sur le contenu phénolique, la capacité
antioxydante et l'activité antimicrobienne de l'*Acacia arabica***

Soutenue publiquement le 26 /06/2024

DEVANT LE JURY

Présidente	YAHLA Imene	MCA. Univ. Mostaganem
Examinatrice	KOUADRI BOUDJELTHIA Nacima	MCB.Univ.Mostaganem
Directrice de mémoire	ZERROUKI Kheira	MCA. Univ.Mostaganem

*Thème réalisé au Laboratoire des Microorganismes Bénéfique, des Aliments
Fonctionnels et de la Santé (LMBAFS). Université de Mostaganem*

Année universitaire : 2023-2024



Dédicaces



A tous ceux qui me sont chers, à tous ceux qui m'ont soutenu

Je dédie ce modeste mémoire :

*A mes parents ma chère Mammon **A C. Halima** et mon cher papa **Djilali** dont je n'oublie jamais leurs aide et leurs encouragements et ainsi que leurs prières.*

*A mes chères sœurs : **Yamina , Zohra , Souad et Noura***

*A mes chers frères : **Djamel et Mohammed***

*A ma chère amie : **Rabia .B***

*A ma chère collègue de ce travail : **Aicha .G***

A ma famille et toutes les personnes que j'aime.

Ahlem .Y



Dédicaces



A mes très chers parents♥

A mon cher papa Djilali♥ et ma chère maman Nacira♥, Qui m'ont toujours poussé pour le mieux, ils ont été une source de force et de motivation Sans eux je ne l'aurais certainement pas fait, ce travail est donc l'aboutissement de leurs soutiens, leurs sacrifices et leurs prières. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent me donner, que dieu leur bénisse une longue vie et bonne santé.

A la personne qui m'a soutenu et soutenu après mes parents :

♥Abderrahmane♥

A Mes Frères♥:Bachir, Abdou, Marouane, cherif

A Mes sœurs♥:Samira, Kanza♥

Pour leurs amours, encouragements permanents et leurs soutiens éternels

A mes amis♥:Houda, Rabeb, Mamia, Farhaet, Khadija, Torchria

Ma collègue♥ :Ahlem .Y

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné le courage, la force, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier infiniment et avec gratitude notre directrice de mémoire **DR. ZERROUKI Kheira**, qui a accepté de nous encadrer et de diriger ce travail.

Nous la remercions vivement pour sa patience, son aide, ses conseils utiles, constructifs afin d'atteindre nos objectifs.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury :

Dr. YAHLA Imen d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire malgré ses multiples tâches pédagogiques.

Dr. KOUADRI BOUDJELTHIA Nacima d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce modeste travail

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères à **M^{me}. HAMED Djahira** responsable de laboratoire LMBAFS pour son aide pratique.

Nos remerciements s'étendent également à toute l'équipe pédagogique à la formation « Nutrition et pathologie », département des Sciences Alimentaire, et à tous les Enseignants de l'université de Mostaganem qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Enfin, à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Résumé

Dans cette étude, les composés actifs (polyphénols) ont été extraits à partir des gousses et des graines de la plante *Acacia arabica* une plante du sud algérien. L'activité antimicrobienne a également été testée à l'aide d'extraits méthanolique et du vinaigre (concentré et dilué). Les concentrations des polyphénols obtenues par extraction méthanolique sont de $(507 \pm 0.22$ et $1671,75 \pm 0.14)$ mg EAG/g MS pour les graines et les gousses respectivement les concentrations obtenus par le vinaigre dilué sont de l'ordre de $(503 \pm 0.11$ et $1012 \pm 0.09)$ mg EAG/gMS, et l'extrait de vinaigre concentré a donné des concentrations de $(369 \pm 0.03$ et $934 \pm 0.09)$ mg EAG/g MS. L'activité antioxydante a montré des valeurs significatives avec l'extrait méthanolique par rapport aux extraits de vinaigre. L'activité antimicrobienne testée pour les trois solvants utilisés a donné pour l'extrait hydrométhanolique des gousses en particulier un excellent pouvoir antimicrobienne vis-à-vis des souches pathogènes testées, révélées par des zones d'inhibition comprises entre $10,20 \pm 0.42$ et $21,91 \pm 0.98$ mm ont été rapportées pour les souches d'*Escherichiacoli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereuset Salmonella typhimurium*. Dans le même protocole expérimental, des zones d'inhibition de $9,97 \pm 0.29$ à $17,04 \pm 0.57$ mm ont été enregistrées pour l'extrait de vinaigre dilué et des zones d'inhibition de $9,42 \pm 0.82$ à $20,92 \pm 0.64$ mm ont été enregistrées pour l'extrait de vinaigre concentré. Il est à conclure que les polyphénols des gousses d'*Acacia arabica* pouvaient servir d'excellents agents antimicrobiens contre les bactéries pathogènes étudiées.

Mots clés : *Acacia arabica* – Polyphénols -Extrait -Activité antimicrobienne -
Activité antioxydante – Souches pathogènes.

Abstract

In this study, the active compounds (polyphenols) were extracted from the pods and seeds of *Acacia arabica*, a plant native to southern Algeria. The antimicrobial activity was also tested using methanolic extracts and vinegar (concentrated and diluted). The concentrations of polyphenols obtained by methanolic extraction were (507±0.22 and 1671.75±0.14) mg EAG/g MS for seeds and pods respectively, the concentrations obtained by diluted vinegar were about (503±0.11 and 1012±0.09) mg EAG/g MS, the concentrated vinegar extract gave concentrations of (369±0.03 and 934±0.09) mg EAG/g MS. The antioxidant activity showed significant values with the methanolic extract compared to the vinegar extracts. The antimicrobial activity tested for the three solvents used gave the hydromethanolic extract of the pods, in particular, excellent antimicrobial power against the pathogenic strains tested, as evidenced by inhibition zones between 10.20±0.42 and 21.91±0.98 mm reported for *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* and *Salmonella typhimurium* strains. In the same experimental protocol, inhibition zones ranging from 9.97±0.29 to 17.04±0.57 mm were recorded for diluted vinegar extract and inhibition zones ranging from 9.44±0.82 to 20.92±0.64 mm were recorded for concentrated vinegar extract. It is concluded that polyphenols from *Acacia arabica* pods could serve as excellent antimicrobial agents against the studied pathogenic bacteria.

Key-words: *Acacia arabica* - polyphenols - extract - antimicrobial activity - antioxidant activity - pathogenic strains.

المخلص

في هذه الدراسة، تم استخلاص المركبات النشطة (البوليفينول) من قرون وبذور نبات الأكاسيا أرابيكا من جنوب الجزائر. كما تم اختبار النشاط المضاد للميكروبات باستخدام المستخلصات الميثانولية والخل (المركز والمخفف). وبلغت تراكيز البوليفينول التي تم الحصول عليها عن طريق الاستخلاص الميثانولي (0.22 ± 507) ملغم EAG/g ms و (0.14 ± 1671.75) ملغم EAG/g ms للبذور والقرون على التوالي، وكانت التراكيز التي تم الحصول عليها عن طريق الخل المخفف من (0.09 ± 1012 و 0.11 ± 503) ملغم EAG/g ms على التوالي، وأعطى مستخلص الخل المركز تراكيز (0.03 ± 369 و 0.09 ± 934) ملغم EAG/g ms. أظهر النشاط المضاد للأكسدة قيمًا كبيرة مع المستخلص الميثانولي مقارنةً بمستخلص الخل. أما النشاط المضاد للميكروبات الذي تم اختباره على المذبيبات الثلاثة المستخدمة فقد أعطى مستخلص الميثانولي المائي من القرون على وجه الخصوص قوة ممتازة مضادة للميكروبات ضد السلالات الممرضة التي تم اختبارها *Esherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus creus et Salmonella typhimurium*، وقد تم تسجيل مناطق تثبيط تتراوح بين $0.42 \pm 10,20$ و $0.98 \pm 21,91$ ملم و في نفس البروتوكول التجريبي تم تسجيل مناطق تثبيط تتراوح بين $0.29 \pm 9,97$ إلى $0.57 \pm 17,04$ مم لمستخلص الخل المخفف ومناطق تثبيط تتراوح بين $0.82 \pm 9,42$ إلى $0.64 \pm 20,92$ مم لمستخلص الخل المركز. يمكن أن نستنتج أن البوليفينول الموجود في قرون أكاسيا أرابيكا يمكن أن يعمل كمضادات ممتازة للميكروبات ضد البكتيريا المسببة للأمراض التي تمت دراستها.

الكلمات المفتاحية: أكاسيا أرابيكا - بوليفينول - مستخلص - نشاط مضاد للميكروبات - نشاط مضاد للأكسدة - السلالات المسببة للأمراض.

Liste des abréviations

Abs : Absorbance

DPPH :1,1-diphényl-2-picrylhédrazyle

E. Coli :*Escherichia-coli*

IC50 : la concentration minimale de l'extrait (antioxydant) qui inhibe 50% du radical libre

Mg : Milligramme

Mg EAG/g MS : Milligramme équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche

ml : Millilitre

Na₂CO₃ : Bicarbonate de sodium

NaCl :Le chlorure de sodium

nm :nanomètre

OMS : Organisation Mondiale de la santé.

ug :*Microgramme*

v/v : volume/volume

Liste des figures

Figure n°	Titre	Page
Figure 1	les gousses d' <i>Acacia arabica</i>	16
Figure 2	Feuilles, pennes et fleurs de l' <i>Acacia arabica</i>	16
Figure 3	l'arbre de l' <i>Acacia arabica</i>	16
Figure 4	Structure générale des flavonoïdes	22
Figure 5	Localisation géographique de la plante <i>Acacia arabica</i>	28
Figure 6	Les gousses d' <i>Acacia arabica</i>	28
Figure 7	Protocole de préparation de l'échantillon d' <i>Acacia arabica</i>	29
Figure 8	Préparation de la poudre d' <i>Acacia arabica</i>	30
Figure 9	Extraction des polyphénols par le vinaigre (les gousses et les graines d' <i>Acacia arabica</i>)	31
Figure 10	Extraction des polyphénols par solvant organique(les graines et les gousses d' <i>Acacia arabica</i>)	32
Figure 11	Protocole de dosage des polyphénols totaux	34
Figure 12	Les souches pathogènes utilisées	36
Figure 13	Activité antibactérienne par la méthode des puits	37

Figure 14	La poudre des graines	39
Figure 15	la poudre des gousses	39
Figure 16	Taux d'humidité des graines et des gousses d' <i>Acacia arabica</i>	39
Figure 17	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique	40
Figure 18	Teneurs en polyphénols totaux des différents extraits d' <i>Acacia arabica</i>	41
Figure 19	Droite étalon de l'acide ascorbique	42
Figure 20	Activité antioxydant des gousses de l'extrait méthanolique	42
Figure 21	Activité antioxydant des graines de l'extrait méthanolique	43
Figure 22	Activité antioxydant des gousses de l'extrait du vinaigre dilué	43
Figure 23	Activité antioxydant des graines de l'extrait du vinaigre dilué	43
Figure 24	Activité antioxydant des gousses de l'extrait du vinaigre concentré	44
Figure 25	Activité antioxydant des graines de l'extrait du vinaigre concentré	44
Figure 26	IC 50 des extraits méthanoliques et de l'acide ascorbique	45
Figure 27	IC 50 des extraits du vinaigre dilué et de l'acide ascorbique	45
Figure 28	IC 50 des extraits du vinaigre concentré et de l'acide ascorbique	46

Figure 29	Activité antimicrobienne de l'extrait du vinaigre dilué vis-à-vis d' <i>Escherichia-coli</i>	47
Figure 30	Activité antimicrobienne de l'extrait du vinaigre dilué vis-à-vis de <i>Candida albicans</i>	47
Figure 31	Extrait phénolique du vinaigre dilué vis-à-vis de <i>Bacillus Cereus</i>	48
Figure 32	Pouvoir antibactérien de l'extrait du vinaigre dilué vis-à-vis de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	48
Figure 33	Effet antimicrobien de l'extrait phénolique du vinaigre dilué vis-à-vis de <i>Salmonella typhimurium</i>	48
Figure 34	Activité antimicrobienne de l'extrait aqueux vis-à-vis de <i>Staphylococcus aureus</i>	48
Figure 35	Diamètres des zones d'inhibition (mm) obtenus par les extraits du vinaigre dilué (5 %) d' <i>Acacia arabica</i>	49
Figure 36	Activité antimicrobienne de l'extrait du vinaigre concentré vis-à-vis de <i>Bacillus Cereus</i>	50
Figure 37	Activité antimicrobienne de l'extrait du vinaigre concentré vis-à-vis de <i>Condida albicans</i>	50
Figure 38	Activité antimicrobienne de l'extrait du vinaigre concentré vis-à-vis de <i>Escherichia-coli</i>	50
Figure 39	Activité antimicrobienne de l'extrait du vinaigre concentré vis-à-vis de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	50
Figure 40	Activité antimicrobienne de l'extrait du vinaigre concentré vis-à-vis de <i>Salmonella typhimurium</i>	51

Figure 41	Activité antimicrobienne de l'extrait du vinaigre concentré vis-à-vis de <i>Staphylococcus aureus</i>	51
Figure 42	Diamètres des zones d'inhibition (mm) des extraits du vinaigre concentré d' <i>Acacia arabica</i>	51
Figure 43	Activité antimicrobienne de l'extrait Méthanolique vis-à-vis de <i>Bacillus cereus</i>	52
Figure 44	Activité antimicrobienne de l'extrait Méthanolique vis-à-vis de <i>Candida albicans</i>	52
Figure 45	Activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique vis-à-vis d' <i>Escherichia-coli</i>	53
Figure 46	Activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique vis-à-vis de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	53
Figure 47	Activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique vis-à-vis de <i>Salmonella typhimurium</i>	53
Figure 48	Activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique vis-à-vis de <i>Staphylococcus aureus</i>	53
Figure 49	Diamètres des zones d'inhibition (mm) obtenus par les extraits méthanoliques d' <i>Acacia arabica</i>	54

Liste des tableaux

Tableau n°	Titre	Page
Tableau 01	Composition chimique des plantes	8
Tableau 02	Taxonomie d'Acacia arabica	15
Tableau 03	Activités biologiques et pharmacologiques	19
Tableau 04	Les principales classes des composés phénoliques	21
Tableau 05	Les souches pathogènes utilisées	35

Sommaire

Dedicace

Remerciement

Resume

Abstract

الملخص

Liste des abreviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....	1
Chapitre I.Partie bibliographique	3
I.1. PHYTOTHERAPIE ET PLANTES MEDICINALES.....	4
I.1.1. Domaine d'application des plantes médicinales	4
I.1.2. principales Parties de plantes médicinales utilisées	5
I.2. La phytothérapie	6
I.2.1. Définition	6
I.2.2. Les deux grands types de phytothérapie	6
I.2.3. Notion de l'aromathérapie.....	7
I.3. Répartition des plantes médicinales en Algérie et dans le monde	7
I.3.1.Composition chimique des plantes médicinales.....	7
I.3.2. Les principes actifs	9
I.3.2.1. Définition de principe actif.....	9
I.3.2.2 Les éléments actifs des plantes.....	9
I.3.2.2.1. Les phénols	9
I.3.2.2.2 Les flavonoïdes	10
I.3.2.2.3. Les huiles essentielles	10
I.3.2.2.4. Les tanins.....	10
I.3.2.2.5. Les polysaccharides	11
I.3.2.2.6. Les alcaloïdes	11
I.3.2.2.7. Les vitamines	11
I.3.2.2.8. Les glucosinolates	11

I.3.2.2.9. Les substances ambres	11
I.4 . Méthodes d'extractions des composés bioactifs	12
I.4.1. La macération	12
I.4.2. Infusion	12
I.4.3. Décoction	13
I.4.4. Entraînement à la vapeur.....	13
I.5. Plante médicinale étudiée	13
I.5.1. Généralités et nomenclature de l' <i>Acacia arabica</i>	13
I.5.2. Classification de l' <i>Acacia arabica</i>	14
I.5.3.Répartition géographique d' <i>Acacia arabica</i>	15
I.5.4. Description morphologie.....	15
I.5.5. Des produits d' <i>Acacia arabica</i>	17
I.5.6. Constituants phytochimiques	18
I.6. Les polyphénols.....	19
I.6.1. Structure chimique.....	20
I.6.2. Principales classes des polyphénols.....	20
I.6.2.1 Acides phénoliques	20
I.6.2.2 Flavonoïdes	22
I.6.2.3 Tannins	22
I.6.3 Extraction des polyphénols totaux.....	23
I.6.4. L'importance des polyphénols en nutrition.....	23
I.6.5. Importance des polyphénols en médecine.....	24
I.6.5 .1. Polyphénols et cancer.....	24
I.6.5.2. Polyphénols et diabète	24
I.6 .5.3. Polyphénols et autres pathologies.....	24
I.7. L'activitéanti microbienne des polyphénols	24
I.7.1 Le mécanisme d'action des polyphénols	25
I.7.1.1 Action sur les enzymes	25
I.7.1.2 Chélation des métaux.....	26
I.7.1.3. Action sur lemétabolisme énergétique	26
Chapitre II.....	27
Matériels et méthodes.....	27
CHAPITRE II. MATERIELS ET METHODES	28
II.1. Matériel végétal étudié	28

II.1.1. Origine et préparation.....	28
II. 2. Détermination du taux d'humidité	30
II.3. Méthodes d'extraction des polyphénols	31
II.3.1. Extraction des polyphénols par le vinaigre	31
II.3.2. Extraction par solvant organique (Méthanol)	32
II.4. Dosages des polyphénols totaux	33
II.4.1. Protocole de dosage.....	33
II.4.2 Préparation du droite étalon d'acide gallique	33
II.4.2.1. Expression des résultats	33
II.5. Dosage de l'activité anti-oxydante de <i>l'Acacia arabica</i>	34
II.5.1 Mode opératoire	34
Calcul du pourcentage d'inhibition du radical DPPH	35
II.6. Activité antimicrobienne de l'extrait phénolique de <i>l'Acacia arabica</i>	35
II.6.1 Réactivation des souches pathogènes utilisées	35
II.6.2. Méthodes utilisées de l'activité antibactérienne	36
Mode opératoire.....	36
II.7. Analyse des résultats	36
CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION	39
III.1. Résultats de préparation de <i>l'Acacia arabica</i>	39
III.2. Résultats de dosage de l'humidité.....	39
III.3. Détermination de la teneur en polyphénols totaux <i>d'Acacia arabica</i>	40
III.3.1. Droite d'étalonnage de l'acide gallique.....	40
III.3.2. Résultat du dosage des polyphénols totaux	40
III.4. Evaluation du pouvoir antioxydant	42
III.4.1. Calcul des pourcentages d'inhibitions.....	42
III.4.2. La concentration inhibitrice IC 50	44
III.5. Evaluation de l'activité antimicrobienne de <i>l'Acacia arabica</i> ...47	
III.5.1. Résultats d'activité antimicrobien.....	47
III.5.1.1 Résultats obtenus par l'extrait du vinaigre dilué.....	47
III.5.1.2. Résultats d'inhibition par l'extrait phénolique du vinaigre concentré	50
III.5.1.3. Résultats d'inhibition par l'extrait phénolique du méthanol	52

Conclusion.....56

Références bibliographiques.....57

Introduction

Les médicaments affaiblissent le système immunitaire et entraînent le risque que les agents pathogènes deviennent résistants à leurs effets (**Siewert, 2015**). À la différence des antibiotiques de synthèse, les remèdes végétaux n'agissent pas seulement contre les bactéries, mais aussi contre les virus et les champignons (**Siewert, 2015**). L'infection par des bactéries résistantes aux antibiotiques augmente chaque année et le nombre de personnes qui meurent augmente suite à des conséquences directes de ces infections. C'est ce que nous appelons la résistance aux antibiotiques (**OMS, 2017**). De plus, les substances chimiques antimicrobiennes qui peuvent agir efficacement sur les cellules eucaryotes, comme les levures, ne sont pas disponibles (**Xianghong et al., 2007**).

L'emploi des plantes à des fins médicinales remonte à la préhistoire et se perpétue dans tous les peuples. De nombreuses médecines modernes utilisent des composants découverts dans les plantes et bon nombre de médicaments actuels sont issus de matériaux végétaux. Cependant, la grande différence entre la phytothérapie et la médecine moderne est que, si un médicament moderne est basé sur une seule molécule, la nature a doté chaque plante d'une gamme de composants actifs qui fonctionnent en synergie pour produire un effet curatif ne pouvant être reproduit par un produit simple (**Chevallier, 2007**).

Une des originalités majeures des végétaux réside dans leur capacité à produire des substances naturelles très diversifiées. En effet, à côté des métabolites primaires classiques (glucides, protéides, lipides, acides nucléiques), ils accumulent fréquemment des métabolites dits «secondaires» dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représentent une source importante de molécules utilisables par l'homme dans des domaines aussi différents que la pharmacologie ou l'agroalimentaire (**Macheix et al., 2005**).

En effet, de nombreux travaux ont pu démontrer l'activité biologique et les modes d'action thérapeutiques des métabolites extraits à partir des plantes. Ces dernières permettent d'aborder les traitements de façon globale et moins agressive en éliminant la plupart des effets secondaires connus chez certains médicaments dits modernes (**Kemassi et al., 2014**).

Les composés phénoliques suscitent un intérêt considérable dans le domaine de l'alimentaire, de la chimie et de la médecine en raison de leur potentiel

antioxydant prometteur (**Kalia et al., 2008**).

La résistance aux antibiotiques est un problème de santé publique dans le monde entier notamment en termes de maladies d'origine alimentaire et les infections nosocomiales. La valorisation des plantes médicinales en vue d'exploiter leurs extraits ou leurs principes actifs représente donc un potentiel économique énorme.

Notre travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des produits naturellement synthétisés par des plantes médicinales en vue de leur utilisation dans le traitement de certaines maladies ou comme ingrédients dans des préparations alimentaires. Nous allons tenter d'évaluer l'activité antioxydante et l'activité antimicrobienne de l'extrait phénolique de *l'Acacia arabica*.

La présente étude a été réalisée au sein des laboratoires LMBAFS (Microorganismes Bénéfiques, Aliments Fonctionnels et Santé) à l'université d'Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.

Le plan de cette étude est subdivisé en trois chapitres :

- ✓ Le premier chapitre est dédié à une étude bibliographique qui portera sur la connaissance de la phytothérapie des plantes médicinales étudiées, ainsi que sur les composés phénoliques.
- ✓ Le deuxième chapitre portera sur une présentation des différentes techniques, matériel et méthodes utilisées.
- ✓ Le troisième chapitre portera sur une présentation des résultats obtenus avec une interprétation et discussion et se termine par une conclusion.

Chapitre I.

Partie bibliographique

Chapitre I. Partie bibliographique

I.1. Phytothérapie et plantes médicinales

Selon les rapports de l'OMS, environ 80 % de la population mondiale dépend encore des médicaments à base de plantes ; aujourd'hui plusieurs médicaments doivent leur origine aux plantes médicinales. Les substances naturelles ont longtemps servi de sources de médicaments thérapeutiques, où des médicaments (**sen et samanta, 2015**).

À la Préhistoire, l'homme vivait proche de la nature, sa perception sensorielle était plus développée que la nôtre. 1550 avant Jésus-Christ (av. J.-C), les papyrus Ebers en Egypte soulignent notamment les bienfaits de la coriandre, du fenouil, du genévrier et du thym. 1000 av. J.-C., la Chine détient une riche pharmacopée qui nous démontre l'intérêt des cinq éléments: le bois, l'eau, le feu, la terre et l'air (**Pirard, 1900**).

A partir du premier millénaire, il y a eu apparition de très nombreuses matières aromatiques en Europe, et la science des Arabes – qui étaient à l'époque les maîtres de la moitié du littoral méditerranéen – pénètre tout l'Occident, par le biais des croisades du XI^e au XIII^e siècle, et par le biais de Venise qui était déjà un centre d'échange actif. C'est par là, qu'arrivent en Europe les épices : poivre, cannelle, muscade, girofle, ainsi que de nombreuses substances aromatiques telles que le musc, la civette, le benjoin, le santal, l'encens, les baumes, les gommes, le camphre...etc. (**Teisseire, 1991**).

Actuellement, une grande majorité de la population se tourne vers les produits naturels. Les gens guérissent beaucoup et bien que dans de nombreux cas ils se tournent vers les drogues synthétiques (**Mazari et al., 2010**).

I.1.1. Domaine d'application des plantes médicinales

Les substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples mis à profit par l'industrie. Cet intérêt pour l'utilisation des plantes est dû au fait que ces dernières guérissent sans effet secondaire défavorable. Aussi, on dénombre à titre d'illustrations, les utilisations suivantes (**Tahir, 2023**).

Médecine : Les plantes médicinales sont utilisées en urologie, en dermatologie, contre les ulcères d'estomac ou encore pour le traitement des désordres nerveux. Elles sont également utilisées dans le traitement de l'athérosclérose contre le diabète ou

encore pour leurs capacités anti- oxydantes. Notons également, les propriétés antimicrobiennes, antivirales, antifongiques des plantes médicinales (**Tahir, 2023**).

Alimentation : On les retrouve dans les boissons, les colorants, produits peu—transformés tels que plantes à infusion, épices et aromates secs ainsi que dans les assaisonnements (**Tahir, 2023**).

Agriculture : A titre d'exemple, les huiles d'un arbre sont utilisées en Inde dans le contrôle de divers insectes et divers parasites(**Tahir, 2023**).

Cosmétique: Les plantes médicinales trouvent aussi des applications dans les produits de beauté, les parfums, les produits d'hygiène et les articles de toilette (**Tahir, 2023**).

Chimie : Détergents, colorants, vernis, feux d'artifice(**Tahir, 2023**).

I.1.2. principales Parties de plantes médicinales utilisées

Les différentes parties de la même plante médicinale peuvent présenter des constituants chimiques très différents et qui n'ont pas la même action thérapeutique. Généralement, en médecine traditionnelle, la partie qui contient le plus de principes actifs est la plus employée. Les différentes parties de plantes qui peuvent être employées chez la plupart des populations sont ceux qui ont été décrites par (**Gurib-Fakim, 2006**).

Racine: Les racines peuvent être fibreuses, solide ou charnues

Rhizome: Le rhizome est une tige ligneuse ou allongée charnue qui pousse généralement horizontalement en dessous du sol, formant des feuilles au-dessus du sol et des racines dans le sol.

Bulbe : Un bulbe est une pousse souterraine verticale disposant de feuilles modifiées utilisées comme organe de stockage de nourriture par une plante à dormance.

Tubercule: Un tubercule est une structure charnue gonflée, généralement souterraine, qui assure la survie des plantes pendant la saison d'hiver ou en période de sécheresse.(**Gurib-Fakim, 2006**)

Ces organes peuvent être formés sur les racines ou se développent sur les parties aériennes de la plante.

Écorce: L'écorce est la couche protectrice externe d'un tronc d'arbre, elle est souvent riche en toxines (phénols) et principes amers (tanins) ce qui la rend plus protectrice. Exemple : (*Cinchona sp.*, *Rubiaceae*) et (*Cinnamomum camphora* et *C. camphora* , les deux de la famille *Lauraceae*).

Bois: Le bois est la tige épaisse ou le bois lui-même. Exemple : *Santalum album* de la famille *Santalaceae*.

Feuilles : Les feuilles peuvent être utilisées seules ou mélangées avec leur pétiole. Exemple : *Ginkgo biloba* de la famille *Ginkgoaceae*

Gommes : les gommes sont des composés solides constituent d'un mélange de polysaccharides. Ils sont solubles dans l'eau et partiellement digérés par les êtres humains. Exemple (*Acacia Senegal*; *Terminalia bentzoe*).

Huiles essentielles : Exemple (*Mentha x piperita*; *Cananga odorata*). (**Gurib-Fakim, 2006**)

Les parties aériennes: Toutes les parties de la plante qui se trouvent au dessus du sol. Elles sont récoltées, très souvent, lors de la floraison. Exemple : *Hypericum perforatum* de la famille *Hypericaceae*.

Fleurs : Les fleurs sont très utilisées dans la médecine traditionnelle.

Fruits : Exemple (*Punica granatum* ; *Citrus sp*).

Graines : Exemple (*Ricinus communis*; *Foeniculum vulgare*)(**Gurib-Fakim, 2006**)

I.2. La phytothérapie

I.2.1. Définition

On appelle phytothérapie, la thérapeutique par les plantes, du grec « *Phyto = plante* et *Therapia = soin* » (**Catier et Roux, 2004**). La phytothérapie correspond à l'utilisation des plantes dans le but de traiter ou prévenir les maladies (**Létard et al., 2015**).

I.2.2. Les deux grands types de phytothérapie

On peut considérer que la phytothérapie partage en deux grands types:

A/ Une pratique traditionnelle, parfois très ancienne basée sur l'utilisation de plantes selon les vertus découvertes empiriquement.

B/ Une pratique basée sur les avancées et preuves scientifiques qui recherchent des extraits actifs dans les plantes (**Lebreton, 2014**).

I.2.3. Notion de l'aromathérapie

Peut se définir comme une thérapie naturelle qui utilise les extraits de plantes aromatiques pour soigner ou prévenir les maladies, elle s'intègre dans le cadre de la phytothérapie (**Lardry et Haberkorn, 2007**).

I.3. Répartition des plantes médicinales en Algérie et dans le monde

En Algérie, on a longtemps eu recours à la médecine traditionnelle grâce à la richesse et la diversité de sa flore qui compte avec environ 3000 espèces, appartenant à plusieurs familles botaniques (**Krief, 2004**). Cependant cette utilisation ne se base sur aucun critère scientifique, elle tient compte simplement des observations au cours des siècles.

Un inventaire réalisé par l'OMS, vers la fin des années 1970 a estimé que le nombre des espèces ayant des propriétés médicinales était de l'ordre de 21 000 espèces dans le monde (**Ilbert et al., 2016**).

I.3.1. Composition chimique des plantes médicinales

Les plantes synthétisent de nombreux composés appelés métabolites primaires qui sont indispensables à leur existence. Ceux-ci englobent des protéines, des lipides, des acides nucléiques et des hydrates de carbone. De plus les plantes synthétisent une gamme extraordinaire d'autres composés appelés « Métabolites secondaires » (tableau 2), qui interviennent dans l'adaptation de la plante à son environnement, la régulation des symbioses et d'autres interactions plantes-animaux, ainsi que la défense contre les prédateurs et les pathogènes (**Small et Catling, 2000**).

Tableau 1:Composition chimique des plantes médicinales (Létard *et al.*, 2015).

Composé	Propriétés
Phénols	Composés organiques aromatiques (acide salicylique, caféique, ester phénolique, coumarine...etc.) dont le rôle est antiseptique, antibactérien et antihelminthique.
Coumarine	Antimicrobien et antispasmodique.
Tannins	Le plus gros sous-groupe des polyphénols, astringents et asséchants.
Anthraquinolones	Entrainant une teinture jaune et aux effets laxatifs.
Flavonoïdes	Qui donnent la couleur jaune, orange et rouge aux fruits et aux fleurs. Antioxydants, ils protègent les vaisseaux et le cœur.
Terpènes	Le groupe des terpènes avec les sesquiterpènes donnent le goût amer, leur action est anti-inflammatoire et antimicrobienne. Les principes amers de façon générale stimulent aussi les sécrétions digestives, sont sédatifs et relaxants.
Huiles volatiles et fixes	Riches en acides gras saturés, mono-insaturés, poly-saturés et essentiels fondamentaux pour la croissance cellulaire (parois cellulaires).
Polysaccharides	Les polysaccharides ou grands sucres : fructose, lactose, cellulose incluant gommés, mucilages et fructosane (immunostimulant, anti-inflammatoire et anti-tumoral).

I.3.2. Les principes actifs

I.3.2.1. Définition de principe actif

Les principes actifs sont des éléments actifs contenus dans les plantes médicinales. Ils ont des propriétés thérapeutiques et varient d'une espèce à une autre. Chacun remplit une fonction particulière (**El abed, 2007**) .

Les plantes de la médecine traditionnelle constituent un potentiel médical et économique des ressources naturelles qui fournissent les matières premières nécessaires à la fabrication des médicaments (**Cheriti et al, 2007**).

Les principes actifs des plantes médicinales appartiennent essentiellement à trois grands groupes chimiques : les polyphénols, les alcaloïdes et les huiles essentielles (**El abedet al., 2007**)

I.3.2.2 Les éléments actifs des plantes

I.3.2.2.1. Les phénols

Il existe une très grande variété de phénols, de composés simple comme l'acide salicylique ,molécule donnant par synthèse l'aspirine, à des substances plus complexes comme les composés phénoliques auxquels sont rattachés les glucosides Les phénols sont anti-inflammatoires et antiseptiques .On suppose que les plantes en les produisant, cherchent à se prémunir contre les infections et les insectes phytophages Les acides phénoliques, comme l'acide rosmarique, sont fortement antioxydants et anti-inflammatoires et peuvent avoir des propriétés antivirales (**Iserinet al., 2001**).

Le terme « polyphénols » désigne des composés phénoliques, réservé aux seules molécules présentant plusieurs fonctions phénols, ce qui éliminerait les mono phénols ,donc il est préférable d'utiliser la désignation générale « composés phénoliques ». Ces composés appartiennent au groupe des métabolites secondaires (**Macheix et al, 2005**).

Ce sont des molécules largement répandues dans le règne végétal étant trouvées dans tous les fruits et les légumes. Elles sont présentes au niveau de toutes les parties de l'organisme végétal mais avec une répartition quantitative qui varient entre les différents tissus (**Waksmundzka et , Sherma, 2011**).

D'un point de vue chimique, elles se définissent par leurs cycles benzéniques porteurs d'au moins un groupement hydroxyle (**Urquiaga, 2000**), libre ou engagé dans une autre fonction (éther, ester, sucre...) (**Chira et al, 2008**). Elles peuvent aller de molécules simples, comme les acides phénols à des composés hautement polymérisés, comme les tanins (**Mahmoudi et al, 2013**).

I.3.2.2.2 Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont le plus grand groupe de phénols végétaux. Ces pigments sont responsables de la couleur des fleurs, des fruits et parfois des feuilles, comme dans le cas des flavonoïdes jaunes (chalcones, flavonols) et des anthocyanidines rouges, bleus ou violets (**Bruneton, 1999**).

Généralement présents dans les plantes vasculaires, où ils se produisent dans diverses parties de la plante telles que les racines, les tiges, les feuilles, les fleurs et les fruits. Ils protègent probablement les tissus des effets nocifs des rayons ultraviolets (UV). Les flavonoïdes ont un effet antibactérien très important et diversifié. En effet, ils attaquent un grand nombre de bactéries avec une intensité variable selon le microorganisme et l'écosystème dans lequel ils se trouvent (**Babayi et al, 2004 ; Madi, 2010**).

I.3.2.2.3. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles extraites des plantes par distillation comptent parmi les plus importants principes actifs des plantes. Elles sont largement employées en parfumerie. Les huiles essentielles contenues dans les plantes sont des composés oxygénés, parfois d'origine terpénoïde et possédant un noyau aromatique. Les huiles essentielles ont de multiples propriétés. Les huiles essentielles sont à différencier des huiles fixes ou des huiles obtenues par l'hydrolyse des glycosides (**Iserin et al., 2001**).

I.3.2.2.4. Les tanins

Toutes les plantes contiennent des tanins à un degré plus ou moins élevé. Ceux-ci donnent un goût amer à l'écorce ou aux feuilles et les rendent impropres à la consommation pour les insectes ou le bétail. Les tanins sont des composants polyphénoliques qui contractent les tissus en liant les protéines et en les précipitant, d'où leur emploi pour « tanner » les peaux. Ils permettent de stopper les hémorragies et de lutter contre les infections. Les plantes riches en tanins sont utilisées pour retendre

les tissus souples, comme dans le cas des veines visqueuses, et pour drainer les sécrétions excessives, comme dans la diarrhée, et pour réparer les tissus endommagés par un eczéma ou une brûlure (**Iserinet *al.*, 2001**). .

I.3.2.2.5. Les polysaccharides

Ce sont des unités complexes de molécules de sucre liées ensemble que l'on trouve dans toutes les plantes. Les polysaccharides les plus importants sont les mucilages « visqueux » et les gommes, présents dans les racines, les feuilles et les graines. Le mucilage et la gomme absorbent de grandes quantités d'eau, produisant une masse gélatineuse qui peut être utilisée pour calmer et protéger les tissus enflammés, par exemple quand la peau est sèche et irritée ou la paroi des intestins enflammée et douloureuse (**Iserinet *al.*, 2001**).

I.3.2.2.6. Les alcaloïdes

Formant un groupe très large, les alcaloïdes possèdent presque tous une molécule d'azote (-N—) qui les rend pharmacologiquement très actifs. Certains sont des médicaments connus qui ont des vertus thérapeutiques avérées

On peut les subdiviser en trois classes : Alcaloïdes vrais, protoalcaloïdes et pseudoalcaloïdes (**Helen *et al.*, 2000**).

I.3.2.2.7. Les vitamines

Les vitamines sont des molécules qui interviennent dans le métabolisme de l'organisme. Elles sont, à faible dose, essentielles pour la croissance et l'équilibre vital. Elles doivent être présentes en quantité suffisante afin d'éviter l'apparition de carences dont les effets peuvent être graves (**Delcus, 2016**).

I.3.2.2.8. Les glucosinolates

Les glucosinolates sont un groupe de métabolites secondaires contenant du soufre et de l'azote que l'on trouve principalement dans 16 familles végétales d'angiospermes dicotylédones de la famille des Brassicacées. Plus de 130 glucosinolates différents ont été identifiés dans les plantes, et au moins 90 structures glucosinolates distinctes ont été bien caractérisées. Parmi ceux-ci, 17 glucosinolates ont été signalés dans des cultures de crucifères (**Hamdi et Oueslati, 2019**)

I.3.2.2.9. Les substances ambrées

Les substances amères forment un groupe très diversifié de composants dont le point commun est l'amertume de leur goût. Cette amertume stimule les sécrétions des glandes salivaires et des organes digestifs. Ces sécrétions augmentent l'appétit et améliorent la digestion. Avec une meilleure digestion, et l'absorption des éléments nutritifs adaptés (**Iserin et al., 2001**).

I.4 . Méthodes d'extractions des composés bioactifs

L'extraction des composés bioactifs peut être décrite comme étant un phénomène de transfert de masse où les solides solubles, contenus dans les structures végétales, migrent dans le solvant jusqu'à l'équilibre. Il existe plusieurs méthodes d'extraction des composés bioactifs, L'extraction de principe actif à haute valeur est une étape très importante dans l'isolement aussi bien que dans l'identification des molécules bioactives naturelles (**Mahmoudi et al., 2013**). C'est la séparation sélective des parties actives des tissus végétaux des composants inactifs ou inertes à l'aide des solvants (**Oroian et al., 2015**).

I.4.1. La macération

Cette technique est le plus souvent mise en œuvre avec des parties végétales (feuilles, fleur, racine, écorce...etc.) en utilisant un solvant qui peut-être de l'eau, de l'alcool et souvent une huile ou une autre matière grasse. Elle consiste en la mise en contact du matériel végétal avec le solvant avec ou sans agitation Généralement elle consiste surtout à laisser séjourner le broyat végétal dans un solvant pendant un certain temps qui peut aller de quelques heures à quelques jours pour extraire des principes actifs (composés phénoliques, flavonoïdes...) (**Handa, 2008**).La macération est généralement une extraction "à froid", ce qui ne signifie pas qu'elle s'accompagne d'un refroidissement mais tout simplement qu'elle se fait à température ambiante sans bénéficier d'une hausse de température qui accélère la plupart des phénomènes chimiques.

La dissolution est toujours plus rapide lorsque la substance solide est dispersée dans le solvant sous forme divisée (végétaux broyés, poudre...etc.) et elle peut aussi être accélérée en maintenant une agitation. A la fin du processus il est nécessaire de retirer du solvant les résidus solides, ils sont en général éliminés par filtration (**Pierre et Lis, 2007**).

I.4.2. Infusion

C'est la forme de préparation la plus simple, elle se prépare en versant de l'eau bouillante sur les parties de plantes fraîches ou séchées et les bien tremper afin d'extraire leurs principes médicinales. Elle convient pour l'extraction de parties délicates ou finement hachées des plantes: feuilles, fleurs, graines, écorces et racines, ayant des constituants volatiles ou thermolabiles comme les huiles essentielles (**Bremer, 1994 et Elisa, 2019**).

I.4.3. Décoction

Elle convient pour l'extraction de matières végétales dur ou très dur : bois ,écorce, racines, ou des plantes avec des constituants peu solubles (ex : l'acide salicylique). Elle consiste à faire bouillir les plantes fraîches ou séchées dans de l'eau pendant 10 à 30 min, pour bien extraire les principes médicinaux (**Bremer, 1994 et Elisa, 2019**).

I.4.4. Entraînement à la vapeur

C'est le moyen le plus répandu pour extraire les molécules volatiles des Plantes Aromatiques Médicinales Le matériel végétal n'est pas en contact avec l'eau, mais la vapeur d'eau produite par une chaudière est injectée et traverse la matière végétale de bas en haut, éclate les cellules et entraîne les molécules volatiles. Entraînement à la vapeur d'eau ascendante (figure 13), en traversant un tube réfrigérant, la vapeur d'eau saturée en composés volatils se condense en un mélange hétérogène composé d'HE et d'hydrolat. On peut également récupérer la phase aqueuse, comportant une faible proportion de composés aromatiques, qui porte alors le nom d'eau florale (**Herzi, 2013 et IESF, 2020**)

I.5. Plante médicinale étudiée

I.5.1. Généralités et nomenclature de l'*Acacia arabica*

Acacia est le genre le plus important de la légumineuse ayant été identifiée par Linné en 1773. Il y a plus de 1380 *Acacia* dans le monde entier, environ 2/3 d'entre eux L'Australie et les autres pays climats subtropicaux et tropicaux . Gamble (1918) a documenté plus de 40 espèces de ce genre en Inde Les espèces *d'Acacia* sont communément appelées « babool » dans L'Inde et l'ethnomédecine sont utilisées depuis longtemps le traitement de la peau, du sexe, de l'estomac et des problèmes dentaires (**kumer et al., 2022**).

Le nom *Acacia* provient d'un Espèces africaines. Ce nom vient du mot grec « Akakia » qui signifie « épine » comme variétés de l'*Acacia* africaine épines. *Acacia* est l'un des plus grands genres avec deux sous-genres, *Acacia* aculéiforme et *Acacia* phyllodineae (**Pandit et al., 2021**).

La famille des Fabacée ou Légumineuse comprend les arbres, les arbustes et les plantes vivaces, mais communément appelées la famille des légumineuses en raison de leurs types de fruits. Les plantes de cette famille montrent composées, congé plantes à fleurs. Les plantes de cette famille ont des nodules sur leurs racines qui contiennent des bactéries de fixation d'azote. Une telle formation de nodule est un exemple de symbiose de rhizobie et de plante de légumineuses. Leur gamme étonnante et l'abondance de légumineuses à travers le monde les ont rendues économiquement et culturellement importantes. la famille est tout aussi importante comme source de aliments en horticulture et en agriculture et pour les composés à usage médicinal(**Singh et Singh., 2018**)

selon (**Kumar et al.,2022**)*Acacia nilotica* (L) Delile Synonymes : *Acacia nilotica* (Lam.) Willd., *Acacia scorpioides* W. Wight, *Mimosa arabica* Lam., *Mimosa nilotica*L., *Mimosa scorpioides* L. Selon (**Alam et al.,2018**), *Acacia nilotica* (Linn); *Mimosa nilotica* (Linn.); *Mimosa arabica* (Lam).

Selon (**Rajvaidya et al., 2012**), *Acacia arabica* (L), Delile **Synonymes** : *Acacia nilotica* (Lam.) Willd., *Acacia scorpioides* W. Wight, *Mimosa arabica* Lam., *Mimosa nilotica* L., *Mimosa scorpioides* L.

Noms communs :*Acacia gomifera*, *acacia à gomme*, *arabischegummiakazie*, *acacia de cayenne*, *babul acacia*, *babul*, *piquant noir*, *cassie*, *cash*, *acacia égyptien*, *gommier rouge*, *goma arabica* ,*gomme arbre arabe*, *gomme arabique*, *gomme arabique indienne*, *acacia épineux* et *épine-mimosa*(**Kumar et al.,2022**)

I.5.2. Classification de l'*Acacia arabica*

La classification de l'*Acacia arabica* est reportée sur le tableau (2).

Tableau 2 : Taxonomie d'*Acacia arabica* (Alam et al., 2018)

Règne	Plante
Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédone
Ordre	Fabales
Famille	Fabacées (Légumineuses)
Sous famille	Mimosoideae
Genre	<i>Acacia</i>

I.5.3. Répartition géographique d'*Acacia arabica*

L'*Acacia arabica* est une espèce d'arbre originaire des régions arides, semi-aride. Cela justifie sa position en Amérique du Sud, en Australie, en Asie et en Afrique.

Sur ce dernier continent, l'espèce est répartie dans certaines zones sahariennes et subsahariennes et tropicales. En Algérie, les espèces d'*Acacia* constituent ce que Maire appelait en 1940 la savane désertique. difficile. Les Acacias d'Arabie se trouvent dans la Grande Vallée, l'Oasis, le Hoggar, le Tassili n'Ajjer et Sahara central (Tissouras, 2014).

I.5.4. Description morphologie

Acacia arabica est de taille moyenne; arbre sempervirent à tige courte et ayant entouré à la couronne étalée avec le feuillage plumeux. Il est originaire des parties entières plus sèches de l'Inde. Il atteint normalement une hauteur de 15 m et une circonférence de 1,2 m, bien que les arbres soient atteints jusqu'à une hauteur de 30 m

avec une circonférence de 3 m ont également été signalés (Figure 1, 3). L'écorce est une rugueuse brun foncé à presque noir de couleur avec fissures longitudinales et profondes. Feuilles de 2,5 à 5 cm de long (Figure 2), Il est produit les fleurs jaune doré avec parfumé, entassé dans de longues têtes globuleuses à tiges. Les gousses sont plates, 7,5-15,0 cm, contractées entre les graines circulaires. Fleurs fleurissent de juin à septembre, et aussi de décembre à janvier. Les fruits sont les gousses avec constriction entre les graines. Il peut y avoir 8-12 graines par gousse. Les gousses mûrissent dans le mois de mai à juin (Singh et Singh, 2021).



Figure 1: les gousses d'*Acacia arabica*



Figure 2: Feuilles, pennes et fleurs de l'*Acacia arabica*



Figure 3 : l'arbre de l'*Acacia arabica*

I.5.5. Les produits d'*Acacia arabica*

Alimentation : Les gousses et les pousses tendres sont utilisées comme légume, et les graines grillées sont parfois utilisées au Soudan pour arôme alimentaire. Les graines séchées à l'air contiennent des protéines brutes et sont consommées crues ou grillées en Inde en période de repas aigus rareté (**Orwa, 2009**).

Fourrage : La teneur en protéines brutes des feuilles est de 14 à 20 %, et de 11 à 16 % pour les gousses très appétissantes. Gousses et les pousses sont utilisées comme fourrage pour les chameaux, les moutons et les chèvres, notamment au Soudan, où on dit qu'elles améliorent le lait de ces pousses. En Inde, il constitue l'alimentation principale des chèvres et des moutons, et les graines constituent un aliment précieux pour le bétail (**Orwa, 2009**).

Apiculture : Les fleurs parfumées d' *A. niloticasp. nilotica* est un fourrage populaire pour les abeilles (**Orwa, 2009**).

Combustible : Le pouvoir calorifique de l'aubier est de 4500 kcal/kg, tandis que celui du bois de cœur est de 4950 kcal/kg. Ce précieux Une source de bois de chauffage et de charbon de bois a été utilisée dans les locomotives, les bateaux à vapeur et les petites industries. Brûler du charbon de bois ,cependant, émet des étincelles (**Orwa, 2009**).

Bois d'œuvre : Depuis l'époque des Pharaons, de grands arbres à bois d'œuvre sont exploités dans les forêts riveraines du Nil. L'aubier est blanc jaunâtre et le bois de cœur brun rougeâtre, dur, lourd, durable, difficile à travailler, même s'il nécessite un certain temps. poli élevé, grâce à ses résines, il résiste aux insectes et à l'eau, et il est récolté pour la fabrication de bateaux, de poteaux, de bâtiments, conduites d'eau, bordages de puits, charrues, ébénisterie, roues, manches d'outils, chariots, maillets et autres instruments. C'est un bois attrayant, bon pour la sculpture et le tournage. C'est le meilleur bois minier du Pakistan(**Orwa, 2009**).

Gomme ou résine : *A. nilotica* est probablement la première source de gomme arabique, bien qu'elle provienne désormais principalement de *A. Sénégal*. La gomme extraite de l'écorce est utilisée dans la fabrication d'allumettes, d'encre, de peintures et de confiseries (**Orwa, 2009**).

Tanin ou colorant : Les gousses d'*A. nilotica* est utilisée pour le bronzage en Egypte depuis plus de 6 000 ans. L'écorce interne contient 18 à 23 % de tanin, utilisé pour le tannage et la teinture du cuir en noir. Jeunes cabosses donnent une teinte très pâle aux cuirs, notamment aux peaux de chèvre. Les extraits d'écorce, de feuilles et de gousses sont utilisés pour la teinture coton, soie et cuir(Orwa, 2009).

I.5.6. Constituants phytochimiques

Les écorces

L'écorce est prospère en phénoliques, tannins condensés et phlobatannine, acide gallique, acide protocatéchuic, pyrocatechol, (+) - catéchine, (-) épigallocatechine-7-gallate, et (-) épigallocatechine-5,7- digallate, (-) épicatechin, (+) dicatchine, quercétine, (+) leucocyanidine gallate, saccharose et (+) catéchine-5-gallate. Il contient 12- 20% de tannin. (Alam *et al.*, 2018).

La gomme

La gomme contient du galactose, du L-rhamnose, du L-arabinose et quatre acides aldobiouroniques, à savoir le 6-o-(β -glucopyranosyluronic acide)-D-galactose; 6-o-(4-o-méthyl- β -D-glucopyranosyluronic acide)-D-galactose; 4-o-(α -D-glucopyranosyluronic acid)-D galactose; et 4-o-(4-o-méthyl- α -D-glucopyranosyluronic acid)-D- galactose.(Alam *et al.* ,2018) .

Les fruits

Il contient un pourcentage élevé de composés phénoliques composés d'acide m-digallique, d'acide gallique, de méthyle et d'éthyle esters, protocatéchuiques et acides ellagiques, leucocyanidine, dimère m-digallique 3,4,5,7-tétrahydroxy flavan-3-ol, oligomère 3,4,7-trihydroxy flavan 3,4-diol et 3,4,5,7-tétrahydroxy flavan-3-ol et (-) épicatechol. Le fruit contient également du mucilage et des saponines. Il contient 32 % de tanin. (Alam *et al.*,2018)

Fleurs et gousses

Les fleurs contiennent de l'acide stéarique, du kaempferol-3- glucoside, de l'isoquercétine, de la leucocyanidine. Les gousses contiennent du tannin 22-44%, exprimé en acide oxalique; Le bois contient des chlorures. (Alam *et al.* ,2018)

Les graines Contiennent des acides aminés, des acides gras, de l'acide ascorbique et du tannin en tant que composant majeur, humidité 14%, cendres 3-4% ; gousses ont obtenu de 22 à 44 % de tanin.(Alam *et al.* ,2018)

Feuilles

Contient de l'apigénine, du 6-8-bis-D-glucoside, de la rutine et 32 % de tanin. (Alam *et al.*, 2018)

I.5.7. Activités biologiques et pharmacologiques

Tableau 3 :Activité biologiques et pharmacologiques

Antidiabétique	(Kumar <i>et al.</i> ,2022)
Antimétagène	
Antifongique	
Antidiarrhéique	
Anti hypertenseur et Anti spasmodique	(Mohammad <i>et al.</i> ,2014)
Hypoglycémiant	
Antiplasmodial	
Gastroprotecteur	
Anti ulcère	(Singh <i>et Singh</i> ,2021)
Activités Antioxydantes	(Rajvaidya <i>et al.</i> , 2012 ; Kumar <i>et.</i> , 2022).
Activité antiviral	
Activité antibactérienne	

I.6. Les polyphénols

Les polyphénols sont des produits du métabolisme secondaire des végétaux et sont présents dans toutes les parties de la plante (Lugasi *et al.*, 2003). Sont donc des molécules indirectement essentielles à la vie d'où la dénomination de « métabolites secondaires ».

La désignation générale «*composés phénoliques*» concerne à la fois les mono-, di et polyphénols dont les molécules contiennent respectivement une, deux ou plusieurs fonctions phénoliques (**Macheix et al., 2005**).

De nombreuses études sont en faveur d'un impact positif de leur consommation sur la santé. En effet, les polyphénols pourraient permettre de prévenir de nombreuses pathologies comme le cancer (**Brown et al.,1998**), les maladies dégénératives et adio-vasculaires (**Paganga et al., 1999**).

I.6.1. Structure chimique

De très nombreux composés phénoliques ont été caractérisés à ce jour. Ils ont tous en commun la présence d'un ou plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles (**Macheix et al., 2005**), ainsi que des groupes fonctionnels (ester, méthyle ester, glycoside...) (**Bruneton, 2009**).

Les polyphénols peuvent être répartis en plusieurs classes, selon la complexité de leurs que lette de base, du degré de modification de ce squelette et des liaisons possibles de ces composés avec d'autres molécules (**Macheix et al., 2005**).

Les polyphénols, qui forment une immense famille de plus de 8000 composés naturels ,sont divisés en plusieurs catégories : les flavonoïdes qui représentent plus de la moitié des polyphénols, les tanins qui sont des produits de la polymérisation des flavonoïdes, les acides phénoliques, les coumarines ,les lignanes et d'autres classes existent en nombres considérables (**Dacosta, 2003**).Le tableau 04 regroupe les principales classes de ces molécules phénoliques selon la structure chimique.

I.6.2. Principales classes des polyphénols

I.6.2.1. Acides phénoliques

On distingue deux principales classes d'acide phénolique : les dérivés de l'acide benzoïque et les dérivés de l'acide cinnamique (**Guignard et Dupont, 2015**).

La concentration de l'acide hydroxybenzoïque est généralement très faible chez les végétaux comestibles. Ces dérivés sont assez rares dans l'alimentation humaine par contre ceux d'acides hydroxycinnamiques sont très présents (**Macheix et al., 2005**).Il

se présentent sous forme d'esters, soit solubles s'accumulant dans les vacuoles, ou bien insolubles comme constituants de la paroi cellulaire (Manach *et al.*, 2004).

Tableau 4 : Les principales classes des composés phénoliques (Macheix *et al.*, 2005)

Squelette	Classe	Exemple	Sources alimentaires
Carboné			
C6	Phénol simple	Catéchol	
C6-C1	Acides hydroxybenzoïques	p-Hydroxybenzoïque	Epices, fraise
C6-C3	Acides hydroxycinnamiques Coumarines	Acides caféique et férulique Scopléine, esculétine	Pomme de terre, Pomme Agrumes
C6-C4	Naphtoquinones	Juglone	Noix
C6-C2-C6	Stilbènes	Resvératrol	Vin, Raisin
C6-C3-C6	Flavonoïdes Flavonols Anthocyanes Flavanols Flavanones Isoflavonoïdes	Kaempférol, quercétine Cyanidine, pélargonidine Catéchine, épicatechine Naringénine Daidzéine	Fruits, légumes Fruits rouges Pomme, raisin Agrumes Soja, pois
(C6-C3)2	Lignanes	Pinorésinol	Pin
(C6-C3)n	Lignines		Bois, noyau des fruits
(C15)n	Tannins		Raisin rouge, kaki

I.6.2.2. Flavonoïdes

Le terme flavonoïde regroupe une très large gamme de composés naturels polyphénoliques. Par définition, les flavonoïdes sont des composés qui ont en commun la structure du diphenylpropane (C6-C3-C6) (figure 4) ; les trois carbones servant de jonction entre les deux noyaux benzéniques notés A et B forment généralement un hétéro cycle oxygéné C (**DeRijke et al., 2006**).

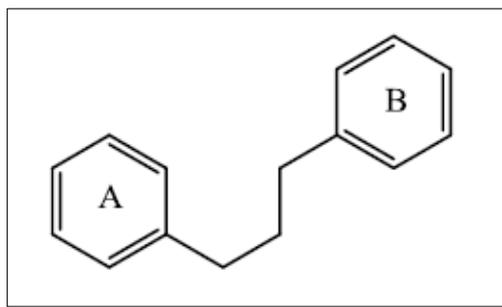


Figure4: Structure générale des flavonoïdes

les flavonoïdes sont classées en 6 familles qui impliquent les flavonols, les flavones, les flavanes, les isoflavones, les anthocyanines et les flavanols. Au sein de ces six familles, deux types de structures ont été relevés, celui des flavonoïdes au sens strict dont la structure porte le noyau aromatique B en position 3 sur la chaîne C3 et celui des isoflavonoïdes dont le noyau aromatique B est en position 2 sur la chaîne C3.

I.6.2.3. Tannins

Les tanins sont un groupe des polyphénols à haut poids moléculaire. Les tanins sont des molécules fortement hydroxylés et peuvent former des complexes insolubles lorsqu'ils sont associés aux glucides, aux protéines et aux enzymes digestives, réduisant ainsi la digestibilité des aliments. Ils peuvent être liés à la cellulose et aux nombreux éléments minéraux (**Alkurd et al., 2008**). On distingue classiquement deux grands groupes de tannins chez les végétaux, basés sur des différences structurales les tannins hydrolysables et les tannins condensés (**Talbi, 2015**).

I.6.3 . Extraction des polyphénols totaux

L'extraction des principes actifs à partir de la matière végétale, notamment le cas des polyphénols est une étape très importante dans l'isolement aussi bien que dans l'identification des composés phénoliques (**Mahmoudi et al., 2013**), elle dépend de leur structure chimique, de la méthode d'extraction, de la granulométrie et du temps de macération (**Levizou et al., 2004**).

La plupart des phénols simples présents dans la vacuole peuvent aisément être extraits avec des mélanges méthanol/eau (80/20, v/v) (**Macheix et al., 2005**). La solubilité des composés phénoliques dépend de leur nature chimique dans la plante, qui varie de composés simples à fortement polymérisés. Les matières végétales peuvent contenir des quantités variables d'acides phénoliques, phénylpropanoïdes, anthocyanines, et tanins (**Garcia-Salas et al., 2010**). Cette diversité structurale est responsable de la grande variabilité des propriétés physico-chimiques influençant l'extraction des polyphénols (**Koffi et al., 2010**).

I.6.4. L'importance des polyphénols en nutrition

Des effets protecteurs de la consommation d'aliments riches en polyphénols vis-à-vis de différentes pathologies (maladies cardiovasculaires, cancers, diabète...) ont été mis en évidence tant d'un point de vue épidémiologique qu'expérimental. De nombreuses études se sont penchées sur l'analyse du mode d'action des polyphénols dans la prévention de ces pathologies, qui met en cause les propriétés réductrices des polyphénols et/ou leur affinité pour une grande variété de protéines (enzymes, récepteurs, facteurs de transcription) (**Achat, 2013**).

Diverses études épidémiologiques ont montré l'existence d'une corrélation inverse entre la consommation de polyphénols ou d'aliments riches en polyphénols et le risque de développement de maladies cardiovasculaires (**Peters et al., 2001**)

Il s'avère notamment que de fortes prises de quercitrine et de kaempférol réduisent le taux de mortalité due à des accidents cardiaques (**Knekt et al., 2002**)

Le développement récent de nouveaux outils et méthodes pourrait permettre des avancées importantes dans les années à venir. C'est notamment le cas de la nutriginomique qui vise à mettre en évidence les gènes dont l'expression est régulée

(à la hausse ou à la baisse) par les composants de l'alimentation. La difficulté réside ensuite dans l'analyse et l'interprétation de ces données biologiques complexes (**Achat, 2013**).

I.6.5. Importance des polyphénols en médecine

I.6.5 .1. Polyphénols et cancer

Les propriétés anticancéreuses des polyphénols ont été mises en évidence dans de nombreuses études *in vitro*, utilisant des cultures cellulaires cancéreuses ou des animaux prétraités par des réactifs chimiques carcinogènes. Cependant, les données disponibles sur les effets des polyphénols vis-à-vis des cancers chez l'homme sont plus disparates (**Achat, 2013**). L'effet des polyphénols sur les lignées de cellules cancéreuses humaines est fréquemment protecteur et induit une réduction du nombre de tumeurs et de leur croissance

(**Scalbert et al., 2005**).

I.6.5.2. Polyphénols et diabète

L'administration aiguë ou chronique de polyphénols chez des modèles animaux a montré des effets sur la glycémie : les polyphénols agissent par différents mécanismes dont l'inhibition de l'absorption du glucose au niveau intestinal (**Dembinska-Kiec et al., 2008**), ou encore son assimilation dans les tissus périphériques (inhibition de la gluconéogenèse, de la stimulation adrénergique de l'absorption du glucose ou stimulation de la libération de l'insuline par les cellules ² du pancréas) (**Scalbert et al., 2005**).

I.6 .5.3. Polyphénols et autres pathologies

Les polyphénols ont montré des effets protecteurs dans d'autres pathologies, telle que la sclérose en plaque (**Gonzalez-Gallego et al., 2010**), l'ostéoporose (**Scalbert et al., 2005**) et les pathologies liées au vieillissement cérébral (maladie d'Alzheimer, autres types de démences, maladie de Parkinson...) (**Spencer, 2010**). Les composés phénoliques peuvent aussi atténuer les infections d'origine virale ou bactérienne.

I.7. L'activité antimicrobienne des polyphénols

La capacité d'une espèce végétale à résister à l'attaque des insectes et des microorganismes, est souvent corrélée avec leur teneur en métabolites secondaires tels les polyphénols (**Bahorun, 1997**). Ces métabolites secondaires peuvent conduire à la

diminution de l'activité enzymatique ainsi qu'à la croissance microbienne (**Karou et al., 2004**).

D'après **Cowan (1999)**, les acides caféique et cinnamique sont très efficaces contre les virus, les bactéries et les champignons.

Les propriétés antibactériennes des flavonoïdes vis-à-vis de différentes souches bactériennes ont été mises en évidence (**Miller et al., 1995 ; Puupponen-Pimiä et al., 2001**) ils atténuent le pouvoir infectieux ou affectent la réplication intracellulaire de plusieurs virus tels que le virus respiratoire syncytial (VRS), l'herpès simplex virus (HSV) et les adénovirus (**Middleton et al., 2000**).

Quant aux tanins plusieurs travaux ont démontré leurs toxicités vis à vis des champignons filamenteux, levures et bactéries et certains d'entre eux sont même capables d'inhiber la réplication de quelques virus (**Henis et al., 1964 ; Scalbert, 1991**).

I.7.1 Le mécanisme d'action des polyphénols

Le mécanisme d'action des composés phénoliques est sans doute très complexe et plusieurs hypothèses ont été avancées afin d'élucider leur activité contre de nombreux microorganismes parmi elles : l'inhibition des enzymes extracellulaires microbiennes (protéases, carbohydrases), la séquestration de substrat nécessaire à la croissance microbienne ou chélation de métaux et l'inhibition du métabolisme microbien (**Cowan, 1999; Scalbert, 1991**).

I.7.1.1 Action sur les enzymes

Les composés phénoliques sont des inhibiteurs enzymatiques à l'égard de nombreuses enzymes (**Cowan, 1999**). Ils sont capables de se complexer avec les protéines et par voie de conséquence bloquer les sites actifs des enzymes inhibant ainsi leur activité (**Haslem, 1998 ; Huang et al., 2004**).

Tout comme les tanins condensés les tanins hydrolysables ont la capacité de se complexer avec les protéines. Ce processus peut inhiber et/ou immobiliser les enzymes microbiennes extracellulaires (**Maie et al., 2003**).

I.7.1.2 Chélation des métaux

Les composés phénoliques peuvent limiter la croissance des bactéries grâce à leur capacité à chélater le fer, ce dernier est un nutriment indispensable à la survie des microorganismes. Il joue un rôle important dans plusieurs fonctions y compris sa nécessité pour la respiration et pour la synthèse de l'ADN (**Akiyama et al., 2001**).

I.7.1.3. Action sur le métabolisme énergétique

Les composés phénoliques sont capables de chélater les ions métalliques largués provoquant un déséquilibre dans le métabolisme énergétique des microorganismes.

Chapitre II.

Matériels et méthodes

Chapitre II. Matériels et méthodes

II.1. Matériel végétal étudié

II.1.1. Origine et préparation

Dans cette étude, le matériel végétal utilisé est une plante nommée *Acacia arabica* qui a été récoltée dans des régions différentes de la wilaya d'Ouargla les mois de Novembre et décembre 2023 (Figure 5). Les gousses d'*Acacia arabica* sont droites, noueuses et de couleur grise-brune. (Figure 6).



Figure 5 : Localisation géographique de la plante : *Acacia arabica*.



Figure 6: Les gousses d'*Acacia arabica*

Les différentes parties de l'échantillon utilisées ont subi un traitement physique et mécanique. Tout d'abord l'échantillon a subi un tri afin d'éliminer les mauvaises parties, suivi d'un lavage à l'eau pour éliminer des matières polluantes. Les graines et les gousses (Figure 6) sont ensuite séparées individuellement. Suivie du processus de broyage à l'aide d'un broyeur électrique de marque Sonifer afin de transformer l'échantillon en poudre. La poudre ainsi obtenue est conservée à l'abri de la lumière et de l'humidité à température ambiante (Sadiq *et al.*, 2015).

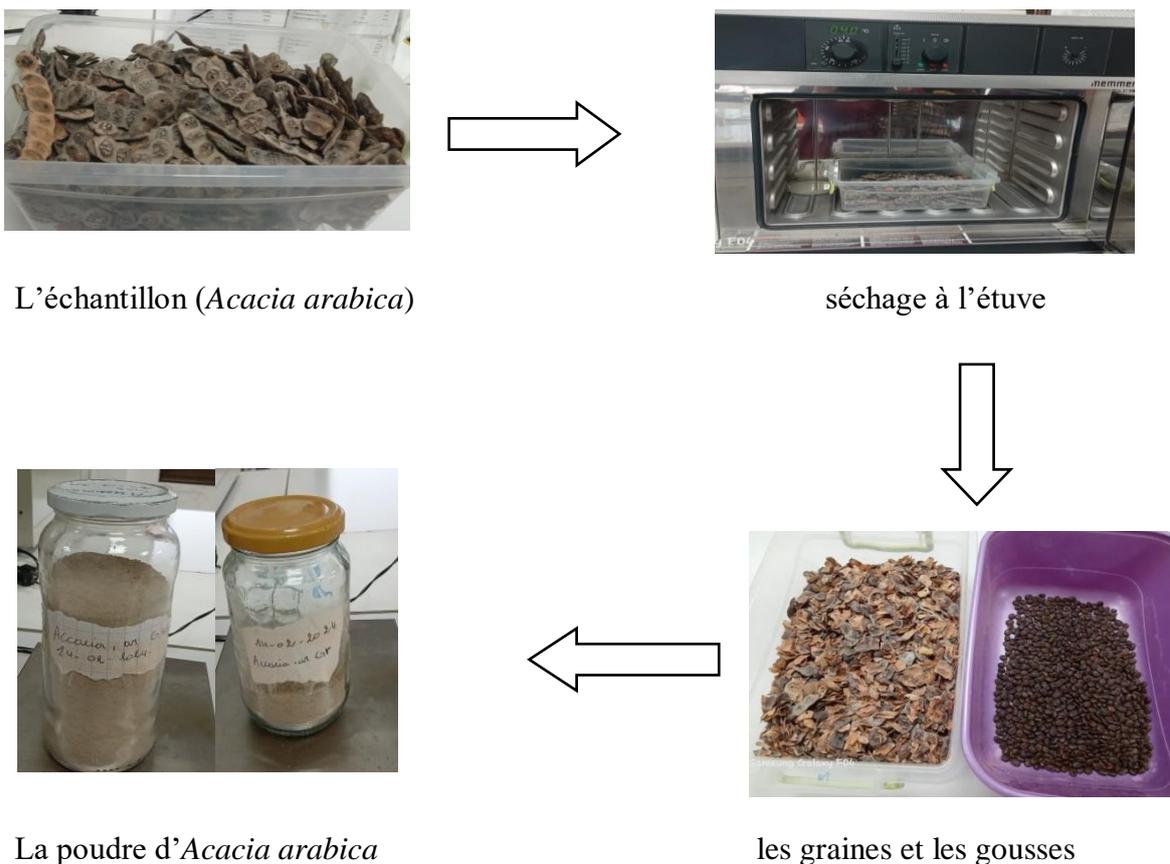


Figure 7: Protocole de préparation de l'échantillon d'*Acacia arabica*

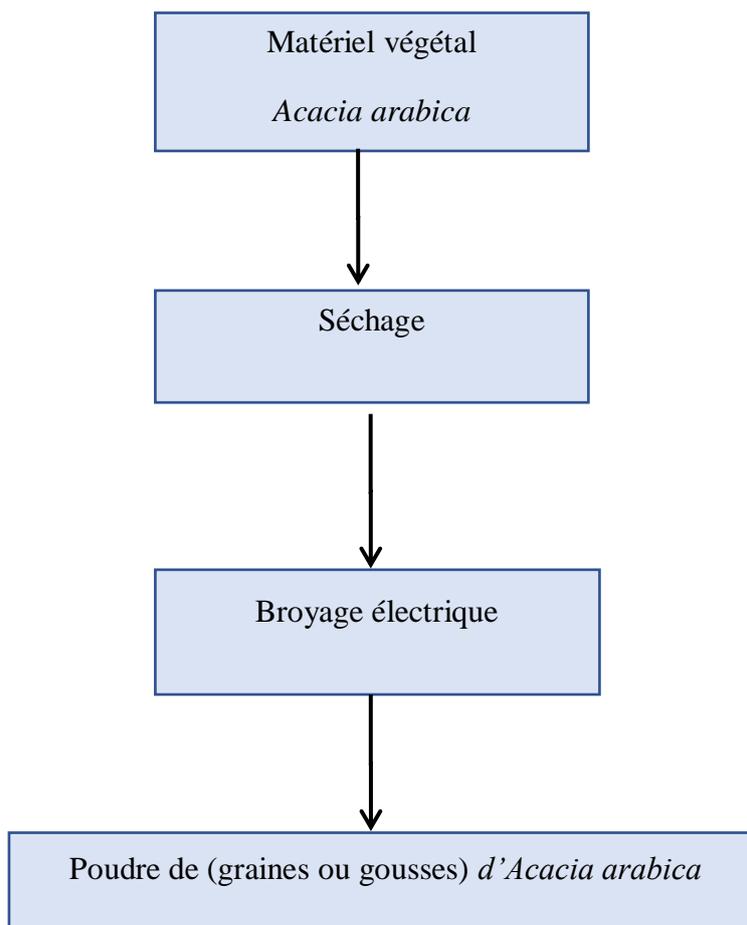


Figure 8:Préparation de la poudre *d'Acacia arabica*

II. 2. Détermination du taux d'humidité

Le taux d'humidité est la perte de masse en eau exprimée en pourcentage, que subit un l'échantillon dans les conditions décrites par la technique AFNOR, (1988). On procède à une dessiccation d'échantillon à la température 105°C dans une étuve jusqu'à une masse pratiquement constante. Le nombre de répétitions est de 3 fois et chaque répétition représente un poids de 15 g. Toute les 15 minutes, on détermine le poids jusqu'asa stabilisation. La teneur moyenne en eau est exprimée en pourcentage selon la formule suivante

$$H\% = [(M1 - M2) \div P] \times 100$$

H(%) : taux d'humidité.

M1 : Poids en g de la capsule avec l'échantillon avant séchage.

M2 : Poids en g de la capsule avec l'échantillon après séchage.

P : Poids en g de la prise d'essai. (**Tehami, 2017**).

II.3. Méthodes d'extraction des polyphénols

II.3.1. Extraction des polyphénols par le vinaigre

L'extrait des échantillons (gousses ou graines) d'*Acacia arabica* a été préparé selon la méthode décrite par **Moroh et al (2008)** et qui a été modifiée par utilisation du vinaigre alimentaire. Cette méthode, consiste à peser 20 grammes de poudre des graines ou des gousses d'*Acacia arabica* le même protocole utilisé pour vinaigre concentré (100ml) et vinaigre dilué (5%) sont dissoutes dans 100ml de vinaigre. Le tout a été homogénéisé et laissé pendant 48 heures à température ambiante à l'aide d'un agitateur magnétique de type (DLAB) L'homogénat obtenu a été ensuite filtré deux fois sur du coton (figure 9)

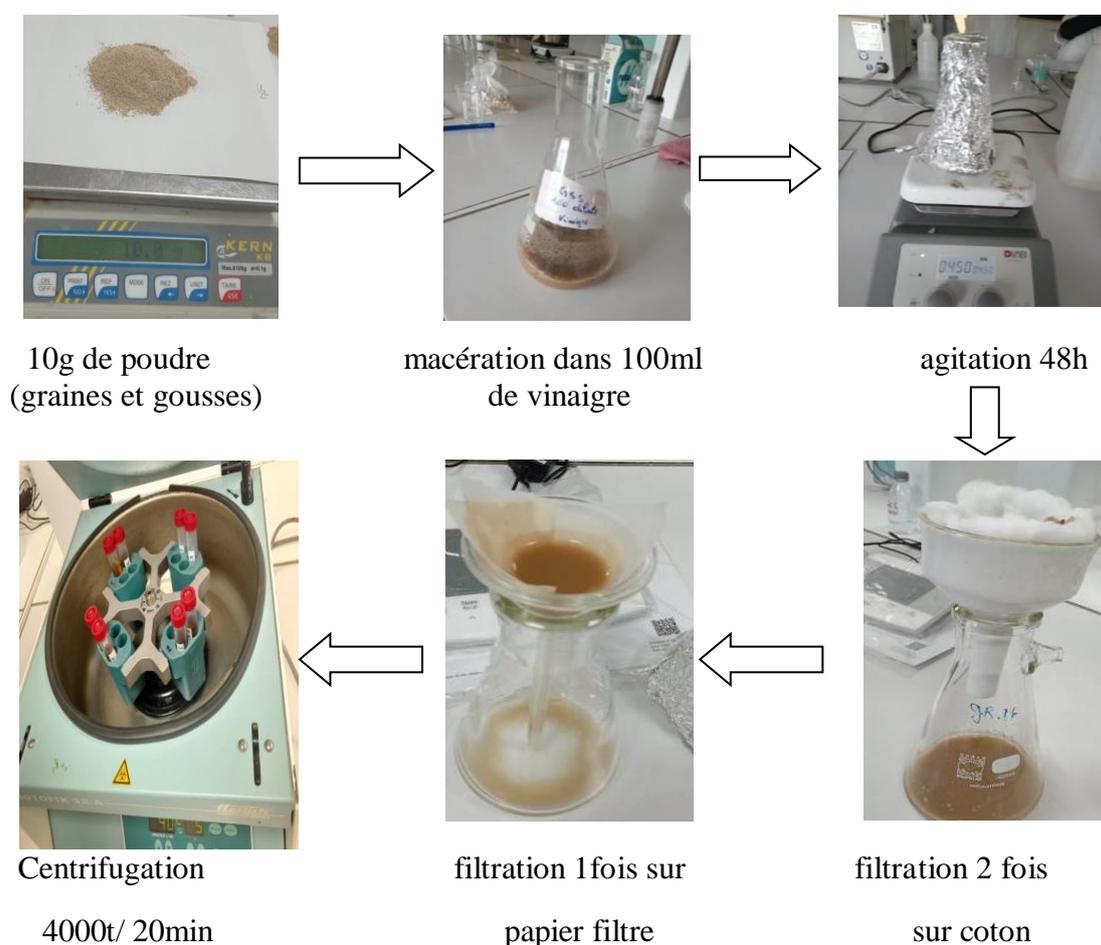


Figure 9 : Extraction des polyphénols par le vinaigre (les gousses et les graines d'*Acacia arabica*) **Moroh et al (2008)** modifier

II.3.2. Extraction par solvant organique (Méthanol)

Le protocole décrit par **Romani et al. (2006)**, en y apportant quelques modifications 20 g de la poudre des plantes étudiées (graines ou bien gousses) sont macérées à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant une nuit (24h) avec 100 ml de la solution méthanolique à 70 % (v/v). Cette solution est filtrée sur un tissu mousseline, les filtrats sont ensuite centrifugés pendant 20 min à 4000 t/min à température ambiante. Les surnagent sont filtrés sur papier filtre, ensuite concentrés à sec à l'aide d'un évaporateur rotatif (Rota-vapeur). Enfin conservés à 4 °C jusqu'à utilisation figure 10

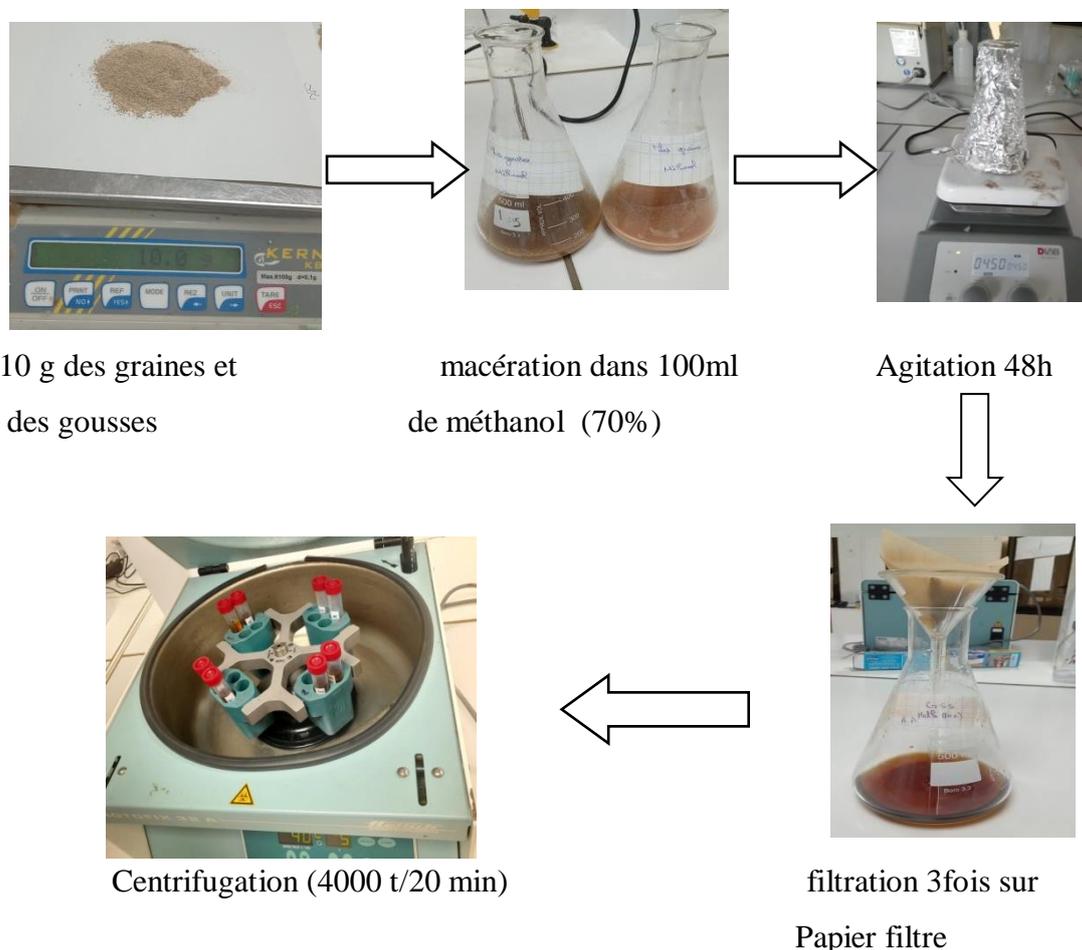


Figure 10: Extraction des polyphénols par solvant organique (les graines et les gousses d'*Acacia arabica*) **Romani et al. (2006)**

II.4. Dosages des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux a été déterminé la méthode décrite par (**Singleton et Rossi, 1965**) qui repose sur les capacités réductrices des complexes ioniques polymériques formés à partir des acides phosphomolybdiques et phosphotungstique (réactif de Folin-Ciocalteu) par les composés phénoliques. Il en résulte la formation d'un complexe bleu qui accompagne l'oxydation des composés phénoliques et qui est stabilisé par l'addition de carbonate de sodium (Na_2CO_3). Le dosage des polyphénols totaux est effectué par la comparaison de l'absorbance observée à celle obtenue par un étalon d'acide gallique de concentration connue.

II.4.1. Protocole de dosage

Le protocole utilisé est basé sur celui décrit par (**Singleton et Rossi, 1965**) en y apportant quelques modifications. Brièvement, dans des tubes à hémolyse en verre, un volume de 200 μl de chaque extrait a été ajouté, avec un mélange de 1 ml de réactif Folin-Ciocalteu dilué 10 fois, et 800 μl d'une solution de carbonate de sodium à 7,5 %. Les tubes sont agités et conservés pendant 30 min. L'absorbance est lue à 765 nm

II.4.2 Préparation du droite étalon d'acide gallique

La droite d'étalon d'acide gallique été réalisée selon **Waterhouse (2002)**. 0.5g d'acide gallique est dissoute dans 10 d'éthanol, ensuite le mélange est dilué dans 100 ml d'eau distillée (concentration finale : 5g/l). À partir de la solution mère, on a fait des dilutions : 1, 2, 5, et 10 ml dans 100 ml d'eau distillée afin d'obtenir des concentrations comprises entre 50, 100, 250 et 500 mg/l respectivement.

II.4.2.1. Expression des résultats

Le droit étalon préalablement établie va servir à exprimer les résultats des polyphénols totaux des échantillons en milligrammes d'équivalents d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS).

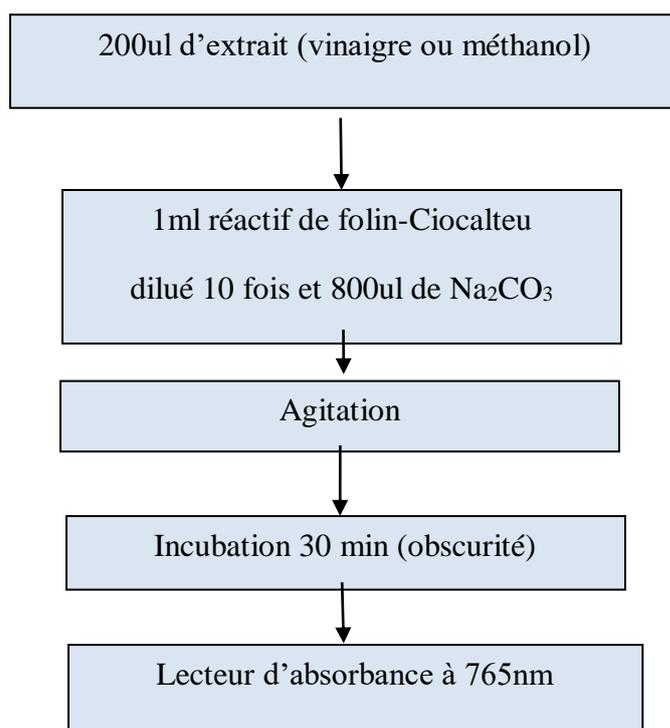


Figure 11: Protocole de dosage des polyphénols totaux (Singleton et Rossi, 1965).

II.5. Dosage de l'activité anti-oxydante de l'*Acacia arabica*

Le pouvoir antioxydant des extraits a été testé par la méthode DPPH (1,1-diphényl picrylhydrazyl) comme radical libre relativement stable. Dans ce test, le DPPH de couleur violette se réduit en un composé jaune, le diphényl picrylhydrazine, dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité réductrice des antioxydants présents dans le milieu (Chlif *et al.*, 2022).

II.5.1 Mode opératoire

Le DPPH a été utilisé pour tester la propriété anti-oxydante des extraits (graines, gousses). Le radical libre de l'extrait a été testé à l'aide d'une technique au 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH). Un total de 24 mg de DPPH a été dissous dans 100 ml d'éthanol pour préparer la solution mère. Dans un tube à essai, 3 ml de solutions exploitables de DPPH ont été combinés avec 100 µl d'extrait. 3 ml de solution contenant du DPPH dans 100 µL d'éthanol sont souvent donnés comme standard. Après cela, les tubes ont été maintenus dans l'obscurité totale pendant 30 minutes. L'absorbance a donc été déterminée à 517nm (Baliyan *et al.*, 2022).

II.5.2 Calcul du pourcentage d'inhibition du radical DPPH

$$I\% = [(Ac - As) \div Ac] \times 100$$

Ac : Absorbance de la réaction de contrôle

As : Absorbance de l'échantillon

II.6. Activité antimicrobienne de l'extrait phénolique de l'*Acacia arabica*

Les souches pathogènes utilisées nous ont été fournies par le laboratoire LMBAFS (Microorganismes Bénéfiques, Aliments Fonctionnels et Santé) à l'université de Mostaganem (tableau4) Avant utilisation, les souches ont été réactivées selon le Protocole de (Djermane, 2021). (figure 12).

II.6.1 Réactivation des souches pathogènes utilisées

Chaque espèce bactérienne conservée est inoculée dans un bouillon nutritif à 37°C pendant 24 h pour enrichissement, ensuite un repiquage par stries est réalisé dans des boîtes de Pétri contenant de la gélose nutritive pour obtenir des cultures jeunes de 18h à 37°C. À partir de ces cultures jeunes et à l'aide d'une anse de platine 4 à 5 colonies bien isolées et parfaitement identiques sont chargées dans des tubes contenant 9 ml de l'eau physiologique stérile NaCl à 0,9%. La densité des suspensions bactériennes obtenues doit être équivalente à la densité du standard Mac Farland 0,5 (comprise entre 0,08 et 0,10 lu à 625 nm équivalent à environ 10⁸ UFC/ml). Le milieu de culture approprié à cette étude est le milieu Muller-Hinton. L'eau physiologique, le milieu de culture les tubes à essai utilisée dans la préparation des solutions bactériennes ont été stérilisés à l'autoclave à 121°C pendant 15min (Djermane, 2021).

Tableau 4 : Souches pathogènes utilisées

Souche microbienne	Type de Gram	Référence
<i>Escherichia coli</i>	-	ATCC 25922
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	ATTC 25923
<i>Bacillus cereus</i>	+	ATTC 11778
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	ATTC 27853
<i>Candida albicans</i>	Levure	ATCC 10231
<i>Salmonella typhimurium</i>	-	ATCC 14028

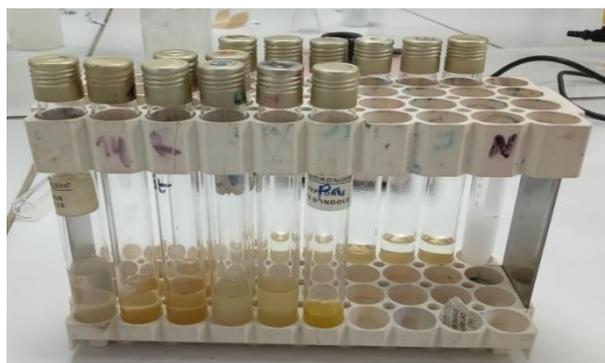


Figure 12 : Souches pathogènes réactivées

II.6.2. Méthode des puits utilisée pour l'activité antimicrobienne

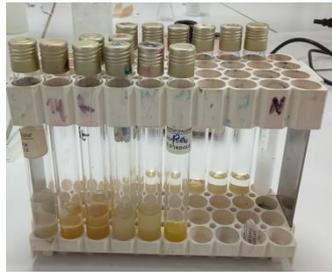
Cette méthode est très utilisée en microbiologie (antibiogramme et antifongigramme), elle repose sur la diffusion du composé antimicrobienne en milieu semi solide (gélose molle). l'effet du produit antimicrobien sur la cible, le résultat est apprécié par mesure d'une zone d'inhibition caractéristique de la souche testée et qui peut être sensible ou résistante. Dans la technique de diffusion il y a compétition entre la croissance du microorganisme et l'effet de la diffusion du produit testé (**Broadasky et al., 1999**).

Mode opératoire

Des boites de Pétri contenant la gélose de Muller Hinton à une épaisseur de 6mm, sont ensemencées par un volume de 100µl d'une suspension microbienne de 10^8 UFC/ml du microorganisme à tester. Ensuite, des puits de 6 mm de diamètre sont réalisés dans la géloseinoculée à l'aide d'embout stérile (3 puits par boites). Pour chaque puits, introduire un volume de 50µl de chaque extrait pour chaque bactérie. Après incubation dans une étuve à 37°C pendant 24 heures, l'activité antimicrobienne a été évaluée par mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour des puits (figure 13) (**Berghe et Vlietinck, 1991 ; Djermane, 2021**)

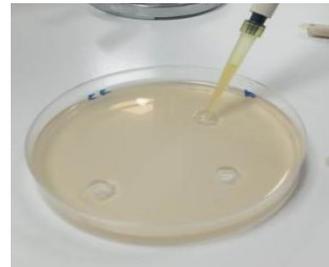
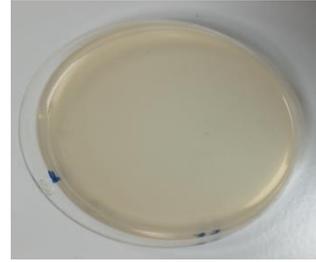
II.7. Analyse des résultats

Les résultats obtenus ont été analysés par Microsoft Excel d'analyse de la moyenne et des écarts-types

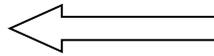


Souches pathogènes réactivées

100ul de milieu des souches réactivées



Incubation à 37°C/24h



50ul d'extrait par puits

Figure 13 : Activité antimicrobienne par la méthode des puits (Berghe et Vlietinck, 1991 ; Djermane, 2021)

Chapitre III.

Résultats et Discussion

Chapitre III. Résultats et Discussion

III.1. Résultats de préparation de l'Acacia arabica

La poudre des gousses (Figure 14) et des graines (Figure 15) d'*Acacia arabica* ont des couleurs brunes avec une odeur légèrement astringente et un goût astringent, par contre la poudre de graines d'*Acacia arabica*, de couleur jaune pâle, à faible odeur et goût astringent.



Figure 14 : La poudre des graines



Figure 15: la poudre des gousses

III.2. Résultats de dosage de l'humidité

Lors du séchage de l'échantillon à température 105C °, nous avons calculé la teneur en eau des graines et des gousses d'*Acacia arabica* et le résultat est le suivant est représenté sur la figure16

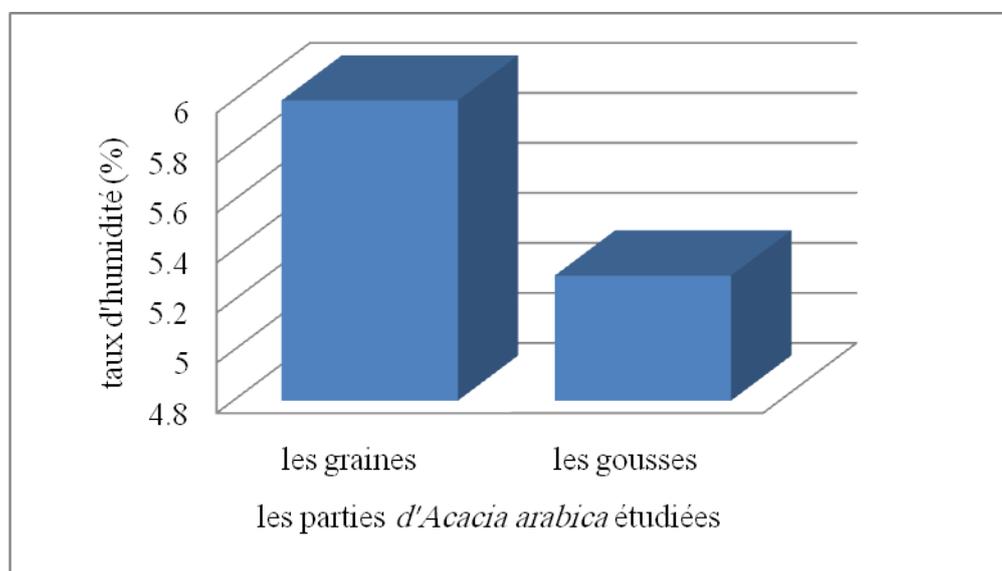


Figure 16 :Taux d'humidité des graines et des gousses d'*Acacia arabica*

Le résultat montre que les graines ont un taux d'humidité (6%) un peu plus élevé que celui des gousses 5,3% (figure 16)

III.3. Détermination de la teneur en polyphénols totaux d'*Acacia arabica*

La teneur en composés phénoliques de chaque extrait été calculée à partir de la courbe d'étalonnage et exprimée en milligrammes équivalent acide gallique par gramme de la matière sèche (mg EAG/g MS). La mesure de la densité optique a été effectuée à une longueur d'onde de 765 nm.

III.3.1. Droite d'étalonnage de l'acide gallique

La courbe d'étalonnage de l'acide gallique est représentée dans la Figure 17 L'équation de la régression linéaire de cette courbe est : $y = 0.004 X + 0.019$ avec un facteur de corrélation $R^2 = 0.990$ les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent d'acide gallique par un gramme de matière sèche de l'échantillon (mg EAG/g MS).

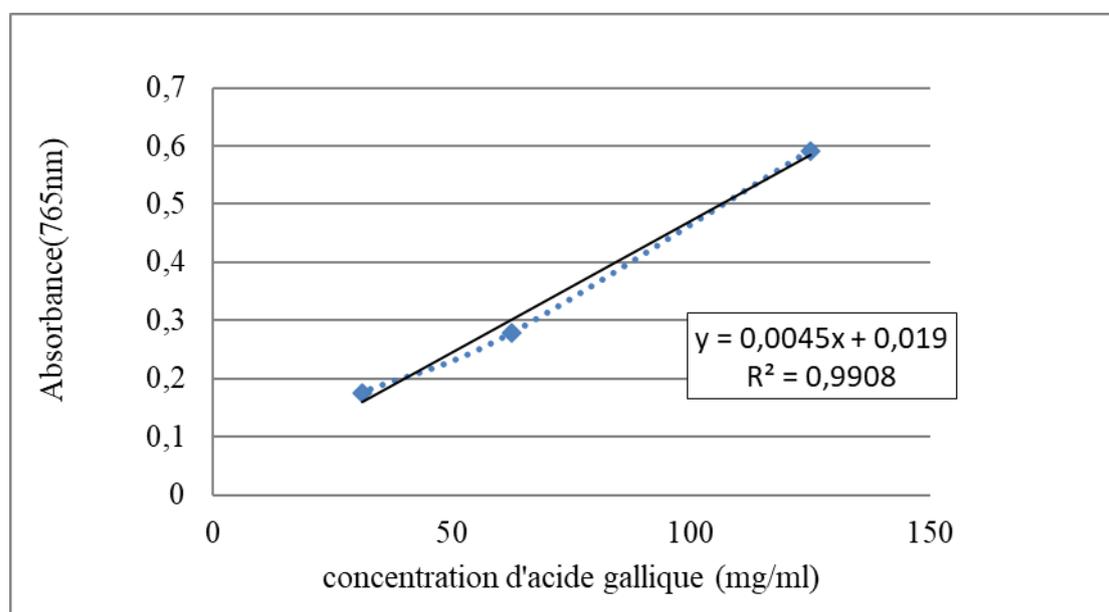


Figure 17: Courbe d'étalon l'acide gallique.

III.3.2. Résultat du dosage des polyphénols totaux

Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 18. La concentration en polyphénols totaux de l'extrait méthanolique de la plante est riche en ces composés représentés essentiellement par l'extrait méthanoïque des gousses ($1671,75 \pm 0.14$ mg EAG/g ms) et les graines par une concentration de 507 ± 0.22 mg EAG/g ms.

D'un autre côté, l'extrait du vinaigre a donné des concentrations en polyphénols totaux de l'ordre de 1012 ± 0.09 mg EAG/g ms pour les gousses et 503 ± 0.11 mg EAG/g ms pour les graines en utilisant le vinaigre dilué.

En ce qui concerne le vinaigre concentré, les résultats obtenus étaient 934 ± 0.09 mg EAG/g ms pour les gousses et 369 ± 0.03 mg EAG/g ms pour les graines.

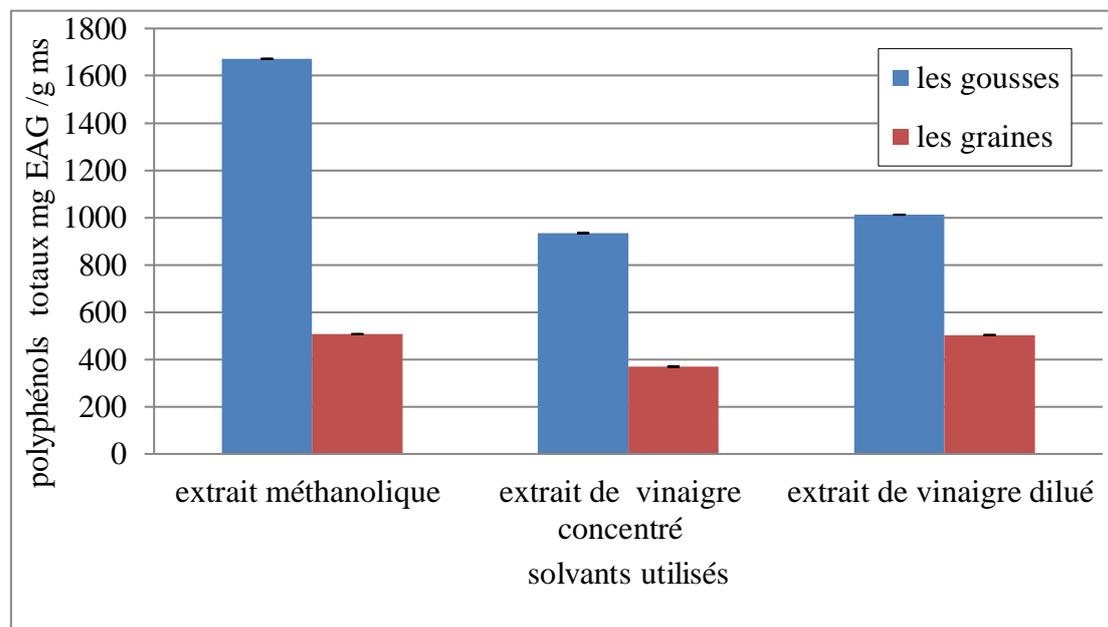


Figure 18: Teneurs en polyphénols totaux des différents extraits d'*Acacia arabica*

Sur la figure 18, nous avons enregistré que les gousses sont très riches en polyphénols totaux par rapport aux graines suite à l'extraction par méthanol et vinaigre .

Moulay et Mokhtar (2012) ont étudié les graines et les gousses d'*Acacia arabica* et ont rapporté que la teneur en composés phénoliques dans les extraits méthanolique des gousses (259.286 mg/g) est plus importante que celle dans les extraits des graines (4.723 mg/g) .

Selon (**Lawaly et al., 2022**) qui ont travaillé sur des extraits méthanolique des gousses d'*Acacia nilotica* leur étude montre que l'extrait méthanolique s'est avéré significativement riche en polyphénols. La teneur phénolique totale de l'extrait était la plus élevée ($257,61 \pm 4,22$ mg GAE/g) comparée à celle des flavonoïdes totaux et à celle des tanins totaux, respectivement.

Une autre étude réalisée par (**El-Chaghaby et al., 2024**) sur trois extraits (éthanolique, acide acétique et aqueux) des feuilles et des écorces et des fruits d'*Acacia nilotica* qui ont rapporté que toutes les parties de la plante, les valeurs les plus élevées pour la capacité antioxydante totale, les phénols totaux et les flavonoïdes totaux ont été

obtenues en utilisant l'éthanol comme solvant d'extraction, suivi de l'acide acétique et les extraits aqueux .

III.4. Evaluation du pouvoir antioxydant

Les résultats de l'activité antioxydante vis-à-vis du radical DPPH en utilisant l'acide ascorbique comme solution standard et des extraits (méthanolique, vinaigre) sont exprimés en pourcentage d'inhibition et illustrés sur les figures 19 jusqu'à la figure 25.

III.4.1. Calcul des pourcentages d'inhibitions

Les résultats du pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par l'extrait méthanolique et du vinaigre (dilué et concentré) de *l'Acacia arabica* pour ses deux parties : graines et gousses. Les valeurs obtenues montrent que les pourcentages d'inhibition du radical libre augmente significativement avec l'augmentation de la concentration des extraits

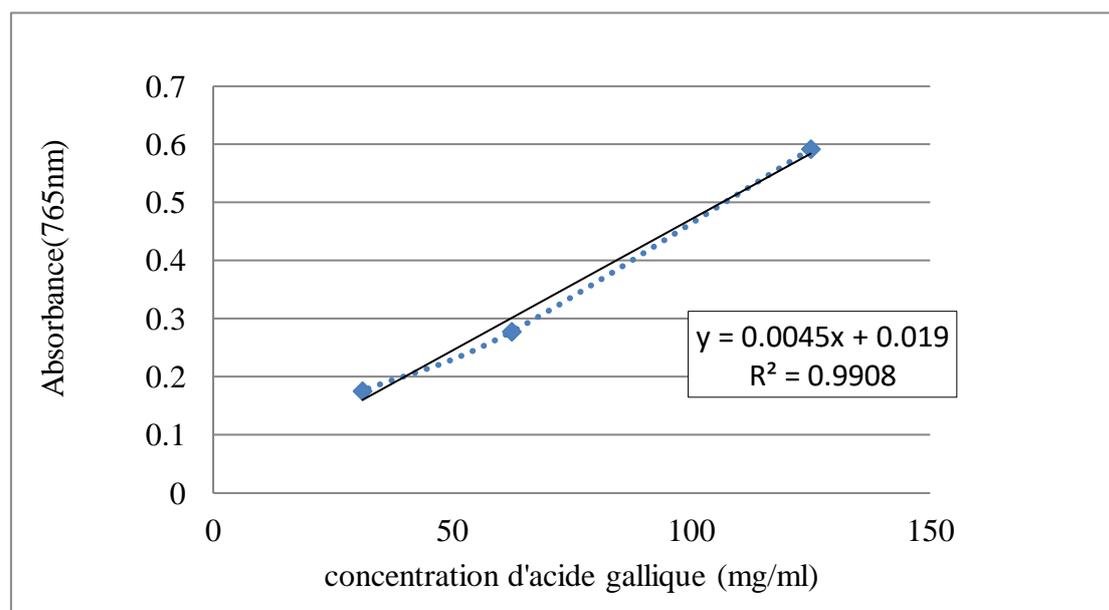


Figure 19 : Activité antioxydante de l'acide ascorbique

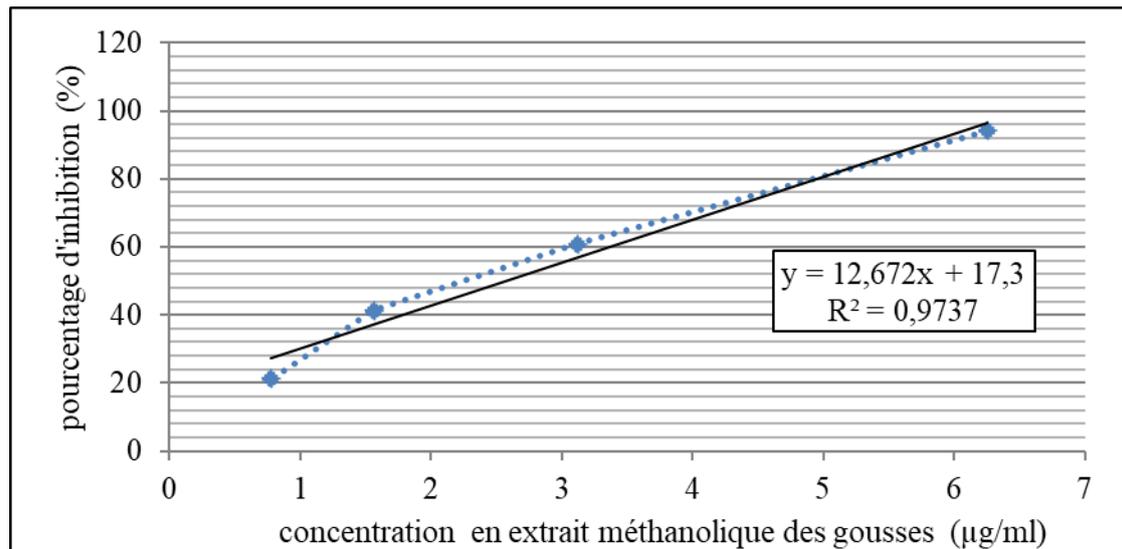


Figure 20 :Activité antioxydante des gousses de l'extrait méthanolique

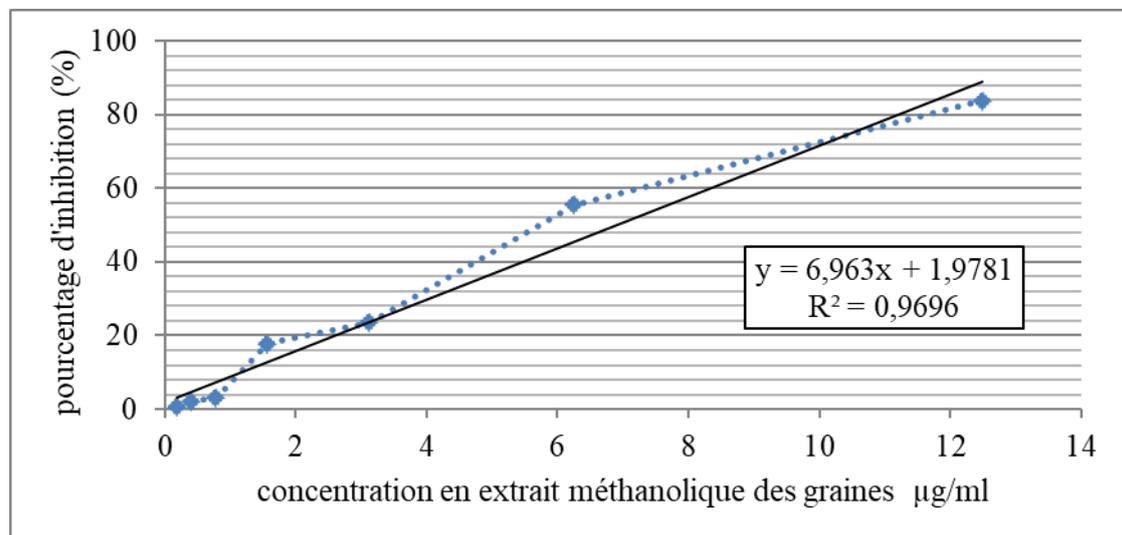


Figure 21 :Activité antioxydante des graines de l'extrait méthanolique

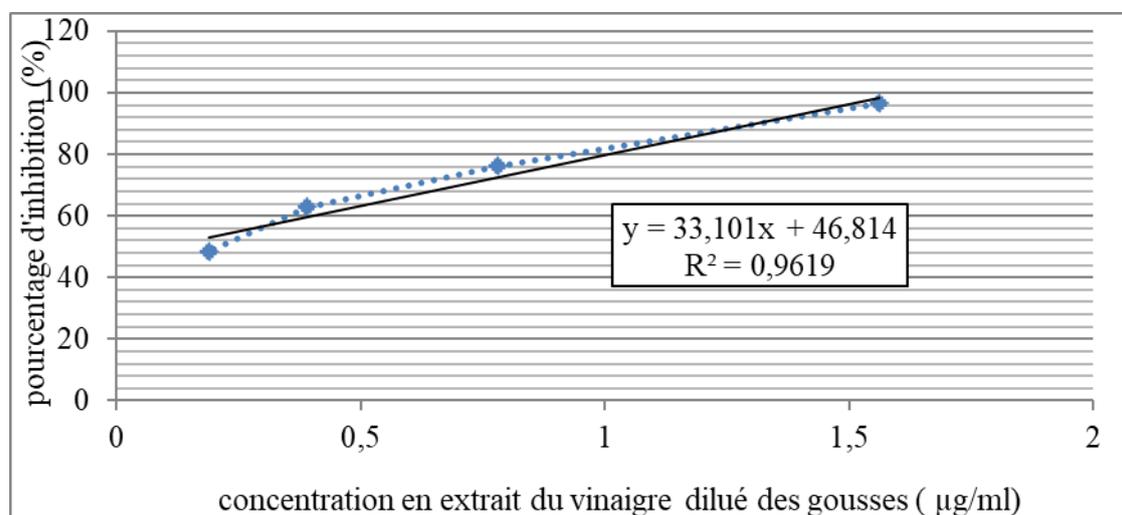


Figure 22 :Activité antioxydante des gousses de l'extrait du vinaigre dilué

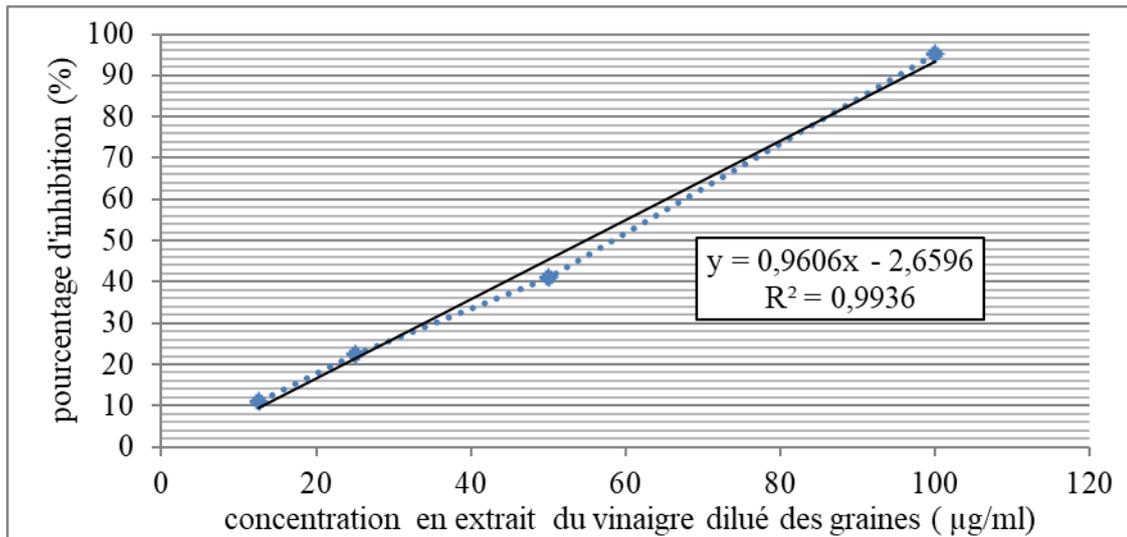


Figure 23 :Activité antioxydante des graines de l'extrait du vinaigre dilué

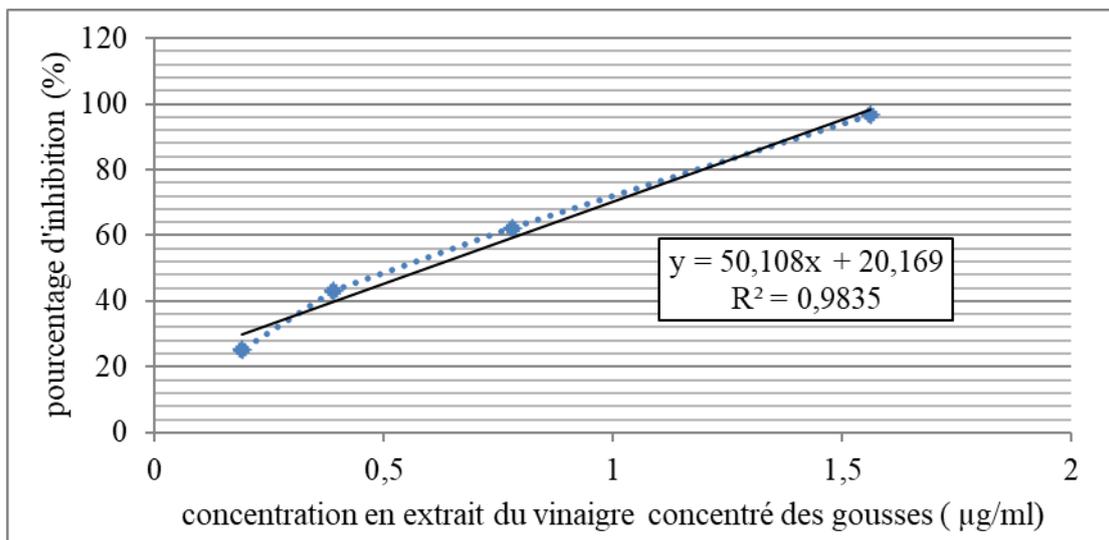


Figure 24 :Activité antioxydante des gousses de l'extrait du vinaigre concentré

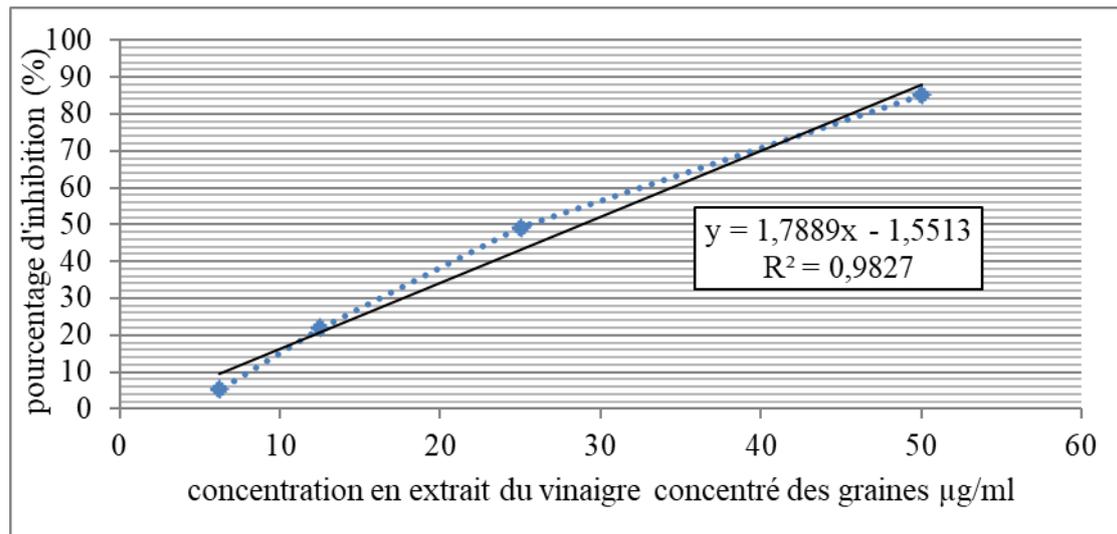


Figure 25 :Activité antioxydante des graines de l'extrait du vinaigre concentré

III.4.2. La concentration inhibitrice IC 50

La valeur concentration inhibitrice à 50%) est définie comme la concentration qui inhibe 50% du radical DPPH en utilisant pour évaluer et comparé l'activité antioxydante des extrait, cette mesure aide à identifier les extraits les plus puissante . Cette valeur est calculée par caractérisation en utilisant l'équation de pourcentage d'inhibition des différentes concentrations des extraits. La valeur IC50 permet de comparer l'efficacité des extraits obtenus celui du vinaigre et méthanolique ;plus la valeur IC50 est faible plus l'activité antioxydante des échantillons est élevée (Bouyahya *et al.*, 2017).

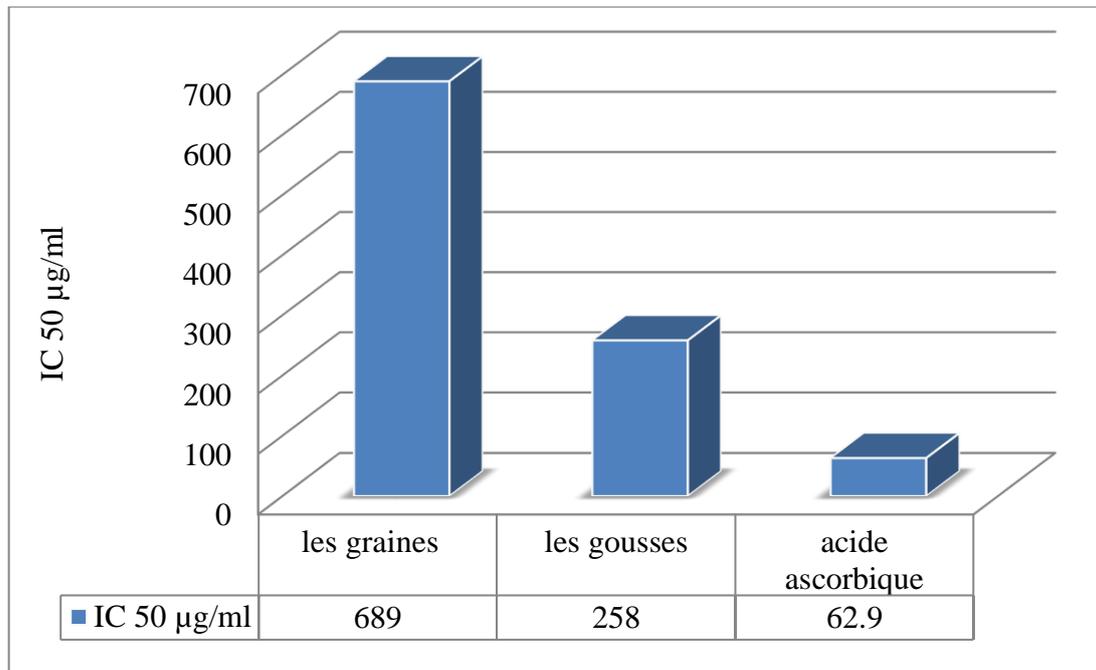


Figure 26 : IC 50 des extraits méthanoliques et de l'acide ascorbique

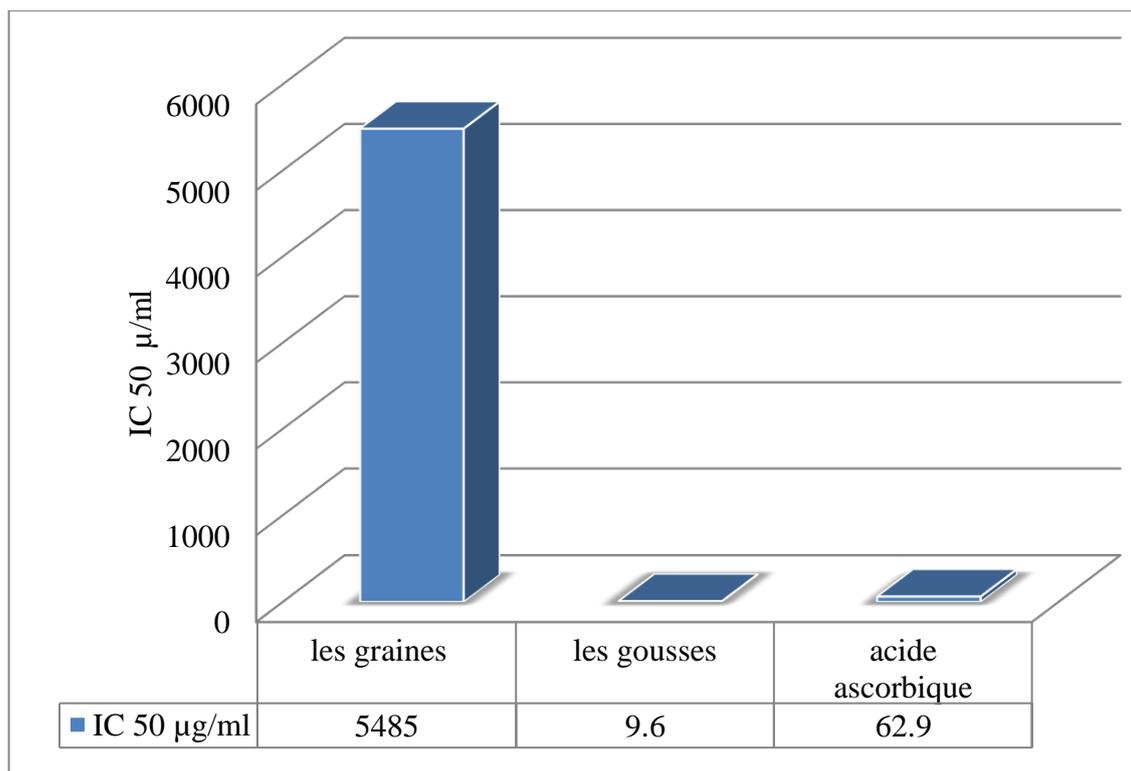


Figure 27 : IC 50 des extraits du vinaigre dilué et de l'acide ascorbique

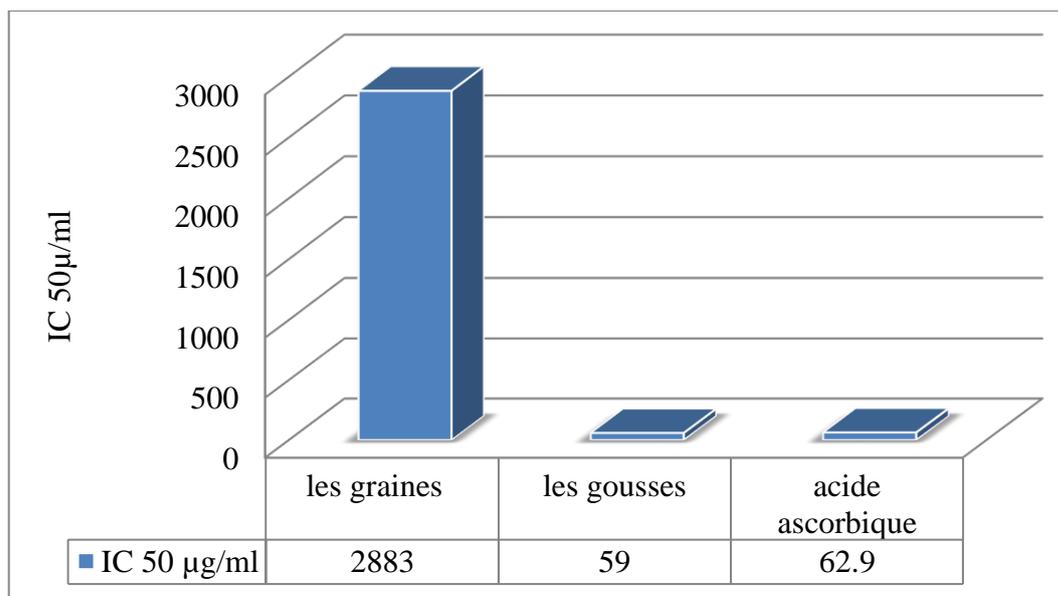


Figure 28 :IC 50 des extraits du vinaigre concentré et de l'acide ascorbique

Les résultats d'IC 50 représentés dans les figures (26,27 et 28) pour les 6 extraits d'*Acacia arabica* sont comparés aux pourcentages d'inhibition par un puissant antioxydante qui est l'acide ascorbique (solution standard).

D'après la figure 26 pour l'extrait méthanolique la plus faible valeur d'I50 (258 µg /ml) est celle pour les gousses, alors que les graines ont présenté une valeur plus élevée (689 µg /ml) dans ce cas l'acide ascorbique reste la plus importante (IC50 de 62,9 ug/ml).

Pour l'extrait de vinaigre dilué (figure 27) la plus faible valeur d'I50 enregistrée par les gousses (9,6 µg /ml) et la plus grande valeur enregistrer par les graines (5485 µg /ml). Alors que les gousses a une pouvoir antioxydante supérieur à celui de l'acide ascorbique (62,9 ug/ml).

En revanche, l'extrait du vinaigre concentré (figure 28) la plus faible valeur d'IC50 enregistrée pour les gousses (59µg /ml) et celle des graines (2883 µg /ml). Nous avons remarqué que les gousses ont présenté un pouvoir antioxydante supérieur même à celui de l'acide ascorbique (62,9 ug/ml).

Des études réalisées sur les gousses d'*Acacia nilotica* par (Foyzun et al., 2022) ont montré que extrait méthanolique des gousses d'*Acacia nilotica* est avéré être un puissant piègeur des radicaux libres DPPH en fonction de la dose.

La valeur IC50 d'extrait était de $1,741 \pm 0,001$ µg/mL, soit 1,4 fois plus élevée que la catéchine, antioxydant standard (IC50 ; $2,459 \pm 0,002$ µg/mL). (Foyzun et al., 2022).

III.5. Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'*Acacia arabica*

Nous avons étudié le pouvoir antimicrobienne d'extrait des gousses et des graines d'*Acacia arabica* par la méthode de diffusion en puits sur un milieu gélosé solide, Mueller-Hinton, zones d'inhibition après 24 h d'incubation ;qui sont représentés par une auréole claire formée autour de chaque puits .

III.5.1. Résultats d'activité antimicrobienne

III.5.1.1 Résultats obtenus par l'extrait du vinaigre dilué

L'activité antimicrobienne des extraits d'*Acacia arabica* a été évaluée sur différentes souches : *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* et *Salmonella typhimurium* . En utilisant la méthode des puits . Ce pouvoir antimicrobien a été étudié pour les trois extraits phénoliques et sur les deux parties de la plante étudiée ;les gousses et les graines.

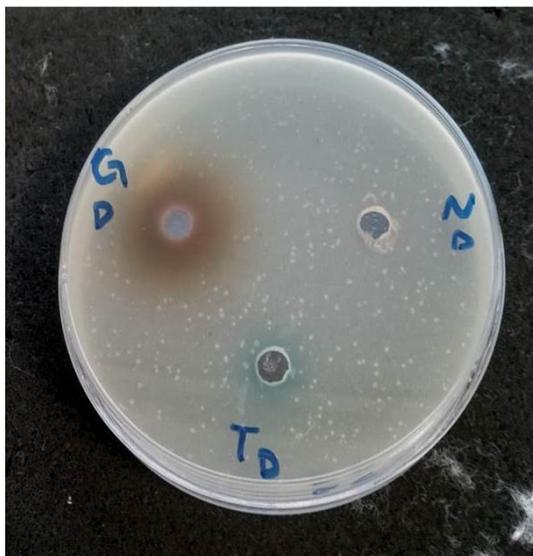


Figure 29 : Activité antimicrobienne de l'extrait phénolique du vinaigre dilué vis-à-vis d'*Escherichia-coli*

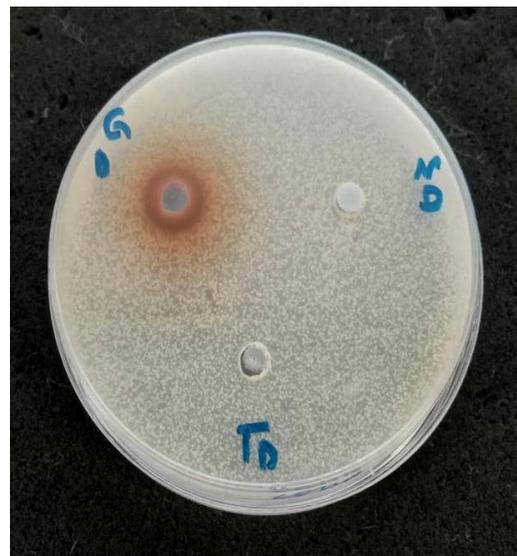


Figure 30 : Activité antimicrobienne de l'extrait phénolique du vinaigre dilué vis-à-vis de *Candida albicans*

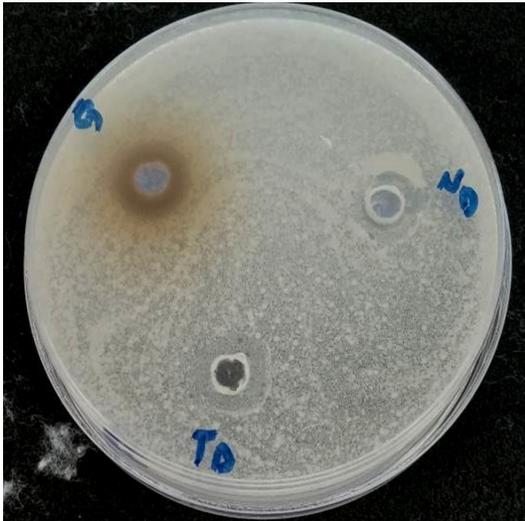


Figure 31 : pouvoir antimicrobienne de l'extrait phénolique du vinaigre dilué vis-à-vis de *Bacillus cereus*

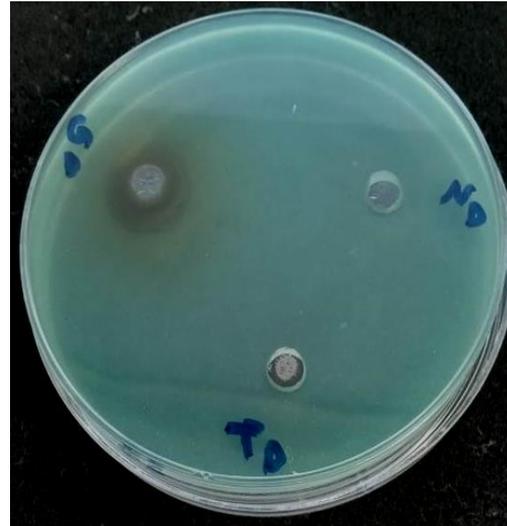


Figure 32 : Pouvoir antibactérien de l'extrait phénolique du vinaigre dilué vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa*



Figure 33 : Effet antimicrobienne de l'extrait phénolique du vinaigre dilué vis-à-vis de *Salmonella typhimurium*

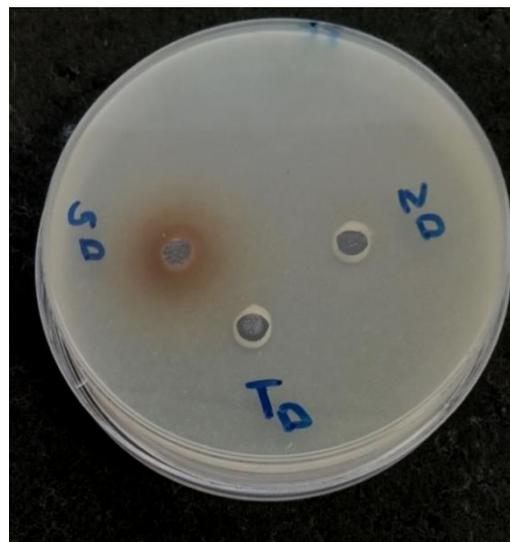


Figure 34: Activité antimicrobienne de l'extrait phénolique du vinaigre dilue vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*

N= les graines

D= Extrait phénolique du vinaigre dilué

G= les gousses

T = témoin (vinaigre dilué uniquement sans extrait)

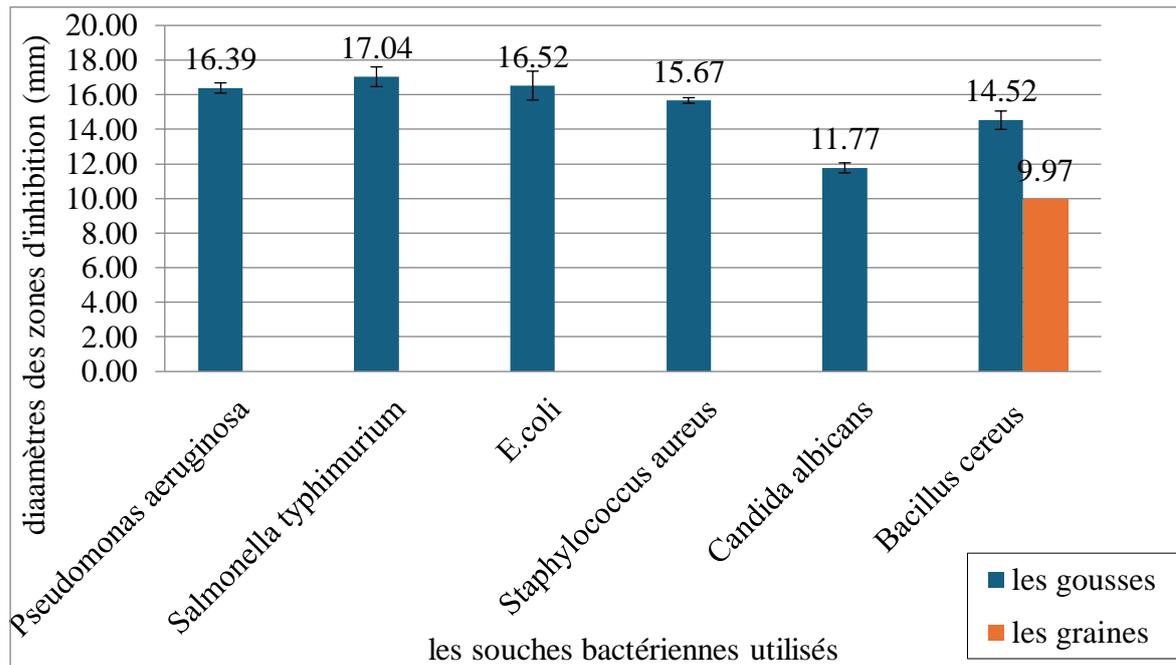


Figure 35 :Diamètres des zones d'inhibition (mm) obtenus par les extraits du vinaigre dilué (5 %) d'*Acacia arabica*

Sur les figures (29, 30, 31, 32,33 et 34), il a été enregistré que la souche *Salmonella typhimurium* extrait du vinaigre dilué des gousses était la plus sensible ce qui est représenté par un diamètre d'inhibition de $17,04 \pm 0.57$ mm. Suivi par la souche *Escherichia-coli* ($16,52 \pm 0.83$ mm), *pseudomonas aeruginosa* par $16,39 \pm 0.30$ mm. La souche *staphylococcus aureus* ($15,67 \pm 0.16$ mm), *Bacillus cereus* avec un diamètre ($14,52 \pm 0.53$ mm). La faible valeur du diamètre de zone d'inhibition ($11,77 \pm 0.29$ mm) a été enregistrée chez la souche *candida albicans*. Pour les graines de l'*Acacia arabica*, Une seule souche *Bacillus cereus* s'est révélée sensible en présentant un diamètre d'inhibition de $9,97 \pm 0.29$ mm. Quant aux autres souches étudiées, des valeurs très faibles voire inexistantes d'inhibition.

(Fasogbon *et al.*, 2022) ont étudié aussi l'activité antimicrobienne des gousses d'*Acacia nilotica* et le résultat des zones d'inhibition rapporté était de l'ordre de 20 mm enregistré pour la souche *Salmonella typhi*. Ce qui représente la valeur la plus élevée, suivi par *Pseudomonas aeruginosa* (16 mm) , *Klebsiella pneumoniae* (14 mm) et 12 mm pour la souche *E. coli*.

III.5.1.2.Résultats d'inhibition par l'extrait phénolique du vinaigre concentré

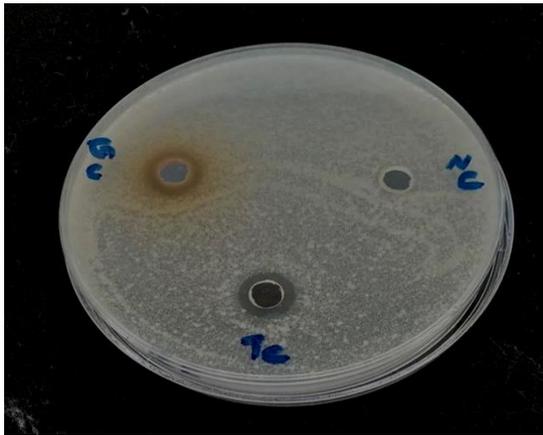


Figure 36 :Activité antimicrobienne de l'extrait phénolique du vinaigre concentré vis-à-vis de *Bacillus cereus*

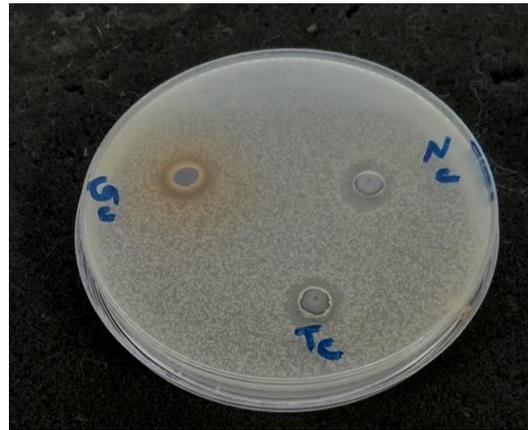


Figure 37 :Activité antimicrobienne de l'extrait phénolique du vinaigre concentré vis-à-vis de *Candida albicans*



Figure 38:Activité antimicrobienne de l'extrait phénolique du vinaigre concentré vis-à-vis d'*Escherichia-coli*



Figure 39 :Activité antimicrobienne de l'extrait phénolique du vinaigre concentré vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa*



Figure 40:Activité antimicrobienne de l'extrait phénolique du vinaigre concentré vis-à-vis de *Salmonella typhimurium*



Figure 41 :Activité antimicrobienne de l'extrait phénolique du vinaigre concentré vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*

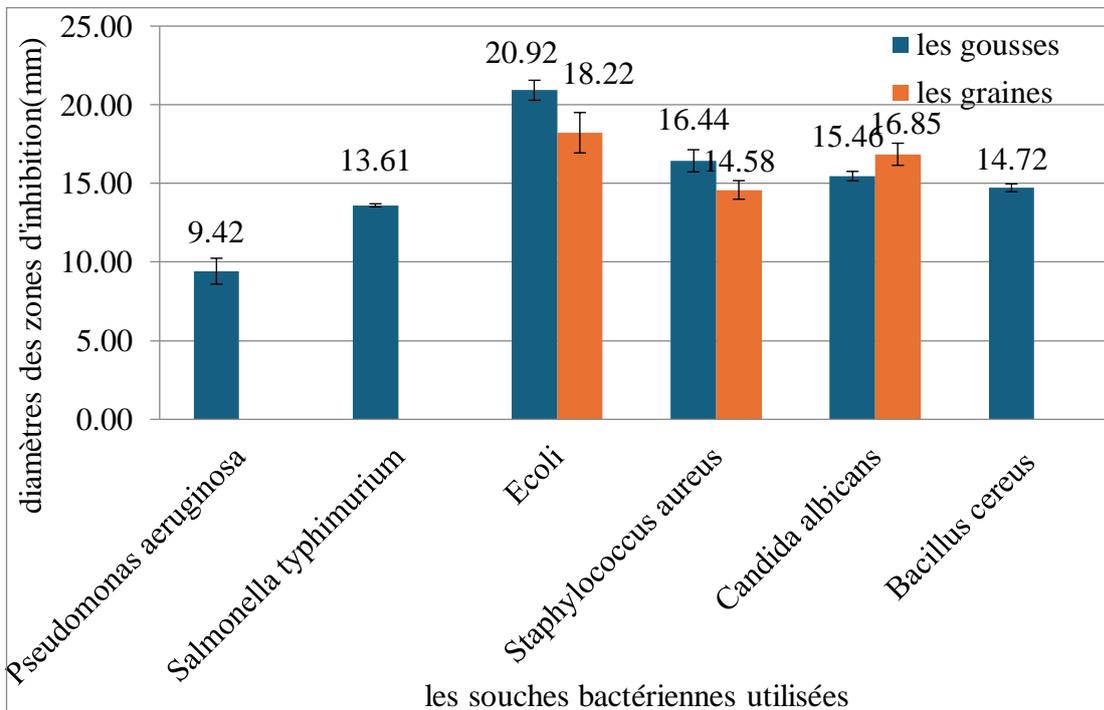


Figure 42 :Diamètres des zones d'inhibition (mm) des extraits du vinaigre concentré d'*Acacia arabica*

Nous constatons d'après les résultats présentés dans figures (36 ,37,38, 39, 40, et 41) que les extraits de vinaigre concentré des gousses d'*Acacia arabica* ont montré une activité antibactérienne significative.

La souche *E.coli* a présenté une nette sensibilité représenté par un diamètre d'inhibition de $20,92 \pm 0.64$ mm suivi par la souche *staphylococcus aureus* $16,44 \pm 0.71$ mm, *Candida albicans* : $15,46 \pm 0.30$ mm, *Bacillus cereus* ($14,72 \pm 0.25$ mm) suivi par *Salmonella typhimurium* ($13,61 \pm 0.10$ mm). La plus faible valeur du diamètre d'inhibition ($9,42 \pm 0.82$ mm) a été enregistrée pour la souche *Pseudomonas aeruginosa*. Il a été observé que l'extrait des graines a présenté la valeur la plus élevée ($18,22 \pm 1.28$ mm) pour la souche *E.coli* et $16,85 \pm 0.70$ mm pour la souche *Candida albicans*. *Staphylococcus aureus* ($14,58 \pm 0.71$ mm) les autres souches n'ont présenté aucune sensibilité vis-à-vis de ces extraits.

III.5.1.3.Résultats d'inhibition par l'extrait phénolique du méthanol

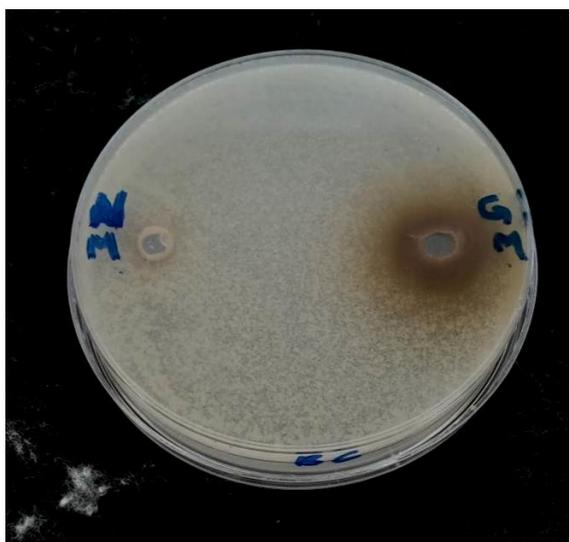


Figure 43:Activité antimicrobienne de l'extrait Méthanolique-vis-à-vis de *Bacillus cereus*

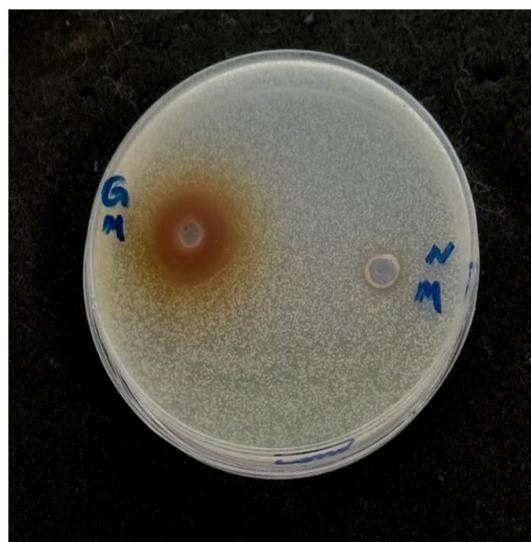


Figure 44 :Activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique vis-à-vis de *Candida albicans*



Figure 45 : Activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique vis-à-vis d'*Escherichia-coli*



Figure 46 : Activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa*

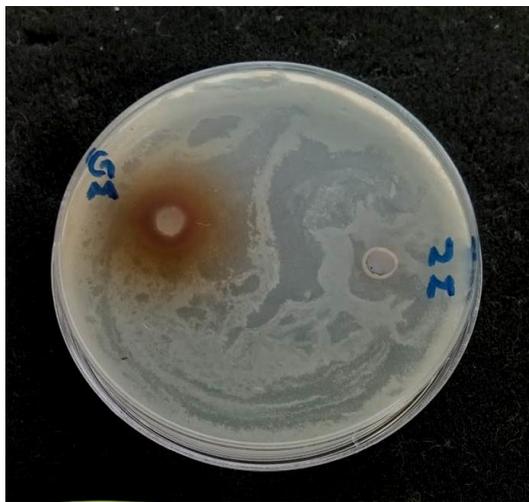


Figure 47:Activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique vis-à-vis de *Salmonella typhimurium*

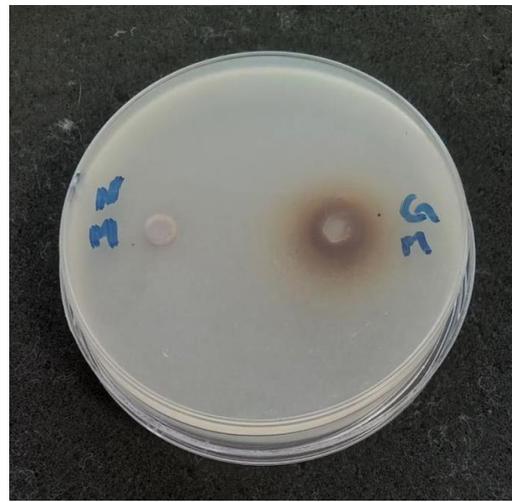


Figure 48 :Activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*

N= les graines

G= les gousses

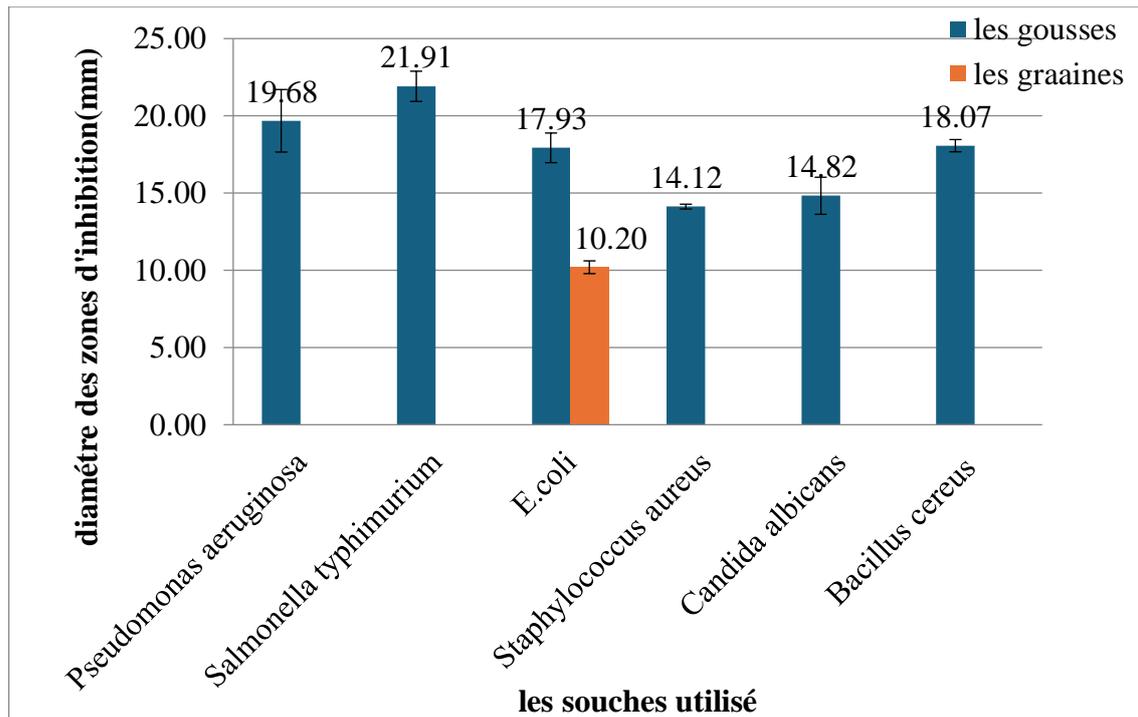


Figure 49: Diamètres des zones d'inhibition (mm) obtenus par les extraits méthanoliques d'*Acacia arabica*

D'après les résultats enregistrés sur les figure (43, 44, 45, 46, 47 et 48), on a remarqué que l'effet d'extrait méthanolique des gousses a été bien remarqué, la souche bactérienne la plus sensible est *Salmonella typhimurium* avec un diamètre d'inhibition de $21,91 \pm 0,98$ mm suivi par la souche *Pseudomonas aruginosa* avec $19,68 \pm 2,03$ mm, *Escherichia-coli* avec $17,93 \pm 0,96$ mm, *Candida abicans* avec $14,82 \pm 1,20$ mm, *Staphylococcus aureus* avec $14,12 \pm 0,16$ mm et finalement *Bacillus cereus* avec un diamètre $18,07 \pm 0,40$ mm, contrairement à l'effet d'extrait des graines *Escherichia-coli* $10,20 \pm 0,42$ mm. Quant aux autres souches étudiées, des valeurs très faibles voire inexistantes d'inhibition.

Une étude menée par (El-Chaghaby *et al.*, 2024) qui ont travaillé sur extrait méthanolique du gousses d'*Acacia arabica* pour déterminer l'activité antibactérienne par la méthode de diffusion, ils ont reporté une zone d'inhibition élevée (17 mm) pour *Pseudomonas aeruginosa*, (15mm) pour *Staphylococcus aureus* et (13 mm) pour *E. coli*

une autre étude réalisé par (Fasogbon *et al.*, 2022) qui fait Activité antibactérienne des extraites éthanolique des gousses d'*Acacia nilotica* ont constaté que la zone

d'inhibition la plus élevée a été observée chez *Pseudomonas aeruginosa* (22 mm)
Vient ensuite *Klebsiella pneumoniae* avec un 20 mm et *E .coli* avec un diamètre 16 mm , tandis que la zone d'inhibition la plus faible a été observée chez *Salmonella . typhimurium* (15 mm)

Conclusion

Le présent travail a porté sur une plante située au Sahara Algérien et qui est réputée par ses multiples effets bénéfiques pour la santé et la nutrition. C'est *l'Acacia arabica*. L'activité antioxydante, la teneur en polyphénols totaux ainsi que l'activité antibactérienne de ses extraits ont été étudiés.

Les concentrations en polyphénols obtenues par l'extrait méthanolique sont de (507 et 1671,75) mg EAG/g ms pour les graines et les gousses respectivement. L'extrait du vinaigre dilué a donné des concentrations (503 et 1012) mg EAG/g ms et d'une autre coté l'extrait du vinaigre concentré a donné des faibles concentrations (369 et 934). Quant à l'activité antioxydante, des valeurs nettement importantes ont été enregistrées avec l'extrait méthanolique en comparant avec l'extrait du vinaigre (dilué et concentré)

L'activité antibactérienne des polyphénols d'*Acacia arabica* vis-à-vis des souches pathogènes étudiées a révélé que l'extrait méthanolique des gousses surtout a montré un excellent pouvoir antimicrobien sur les souches testées (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus creus* et *Salmonella typhimurium*) Avec des zones d'inhibition qui varient entre 10 à 21 mm pour l'extrait méthanolique. Des zones d'inhibition de 9 à 17 mm ont été enregistré pour l'extrait de vinaigre dilué et des zones d'inhibition de 9 à 20 mm pour l'extrait de vinaigre concentré.

A partir des résultats obtenus des tests antibactériens, l'extrait phénolique de *l'Acacia arabica* s'avère un excellent antibiotique naturel qui pourra être utilisé dans l'approche thérapeutique de certaines maladies bactériennes. Ceci peut être accompli par une étude plus approfondie, telle que l'utilisation d'autres techniques avancées afin de caractériser les composés bioactifs cibles qui sont responsables de ce pouvoir antimicrobienne.

Références bibliographiques

A

Achat S. 2013. Polyphenols de l'alimentation: Extraction, pouvoir antioxydant et interaction avec des ions métalliques. universite d'Avignon et des pays de vaucluse. Sciences Alimentaires. pp211.

Akiyama H., Fujii K., Yamasaki O., Ooni T., Iwatsuki K. (2001). Antibacterial action of several tannins against *Staphylococcus aureus*. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, Vol.48. pp. 487 -491.

Alam S; Anjum N; Akhtar J; Bashir F et Parveen S. 2018. Pharmacological Investigations On Aqaqia –*Acacia arabica* (Lam.) Willd. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*. 6. 30-36.

Alkurd A., Hamed T-R., Al-Sayyed H. (2008). Tannin Contents of Selected Plants Used in Jordan. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*. Vol. 4. pp. 265 -274.

B

Babayi, H., Kolo, I., Okogun, J. I., & Ijah, U. J. J. The antimicrobial activities of methanolic extracts of *Eucalyptus camaldulensis* and *Terminalia catappa* against some pathogenic microorganisms. 2004.

Bahorun T. (1997). Substances naturelles actives : La flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. *AMAS. Food and Agricultural Research Council*, pp. 83-94.

Baliyan S; Mukherjee R; Priyadarshini A; Vibhuti A.;Gupta A;Pandey RP and Chang CM. 2022. Determination of Antioxidants by DPPH Radical Scavenging Activity and Quantitative Phytochemical Analysis of *Ficus religiosa*. *Molecules* 27 (4), 1326.

Berghe, VA and Vlietinck, A.J. 1991. Screening Methods for Antibacterial and Antiviral Agents from 568 Higher Plants. *Meth Plant Biochem*. 6:47-68.

Bouyahya A; Abrini J; Et-Touys A; Lagrouh F; Dakka N et Bakri Y. 2017. Analyse phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des échantillons du miel marocain. *Phytothérapie* 16 (S1), S220-S224.

Broadsky TF, Lewis C & Ble TE - Doumandji A, Hellal A & Saidi N - Hwanhlem N, Bruneton J., (1999). Pharmiognosie, phytochimie, plantes médicinales, 2^{ème} édition, Paris : Editions médicales internationales, Tec et Doc Lavoisier. 1120.

Brown J-E., Khodr H., Hider R-C., Rice-Evans C. (1998). Structural dependence of flavonoid interactions with Cu²⁺ ions. *J. Biochem.* Vol. 330. pp. 1173-1178.

Bruneton J. (2009). Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. 4^{ème} Edition, Lavoisier, Paris. 1269p.

Bruneton J., 1999. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Editions médicale Internationales. 3^{ème} édition, Paris. 810p

C

Catier O. et Roux D. (2004). Botanique Pharmacognosie Phytothérapie. 2^{ème} édition Groupe Liaison, France. 142p.

Chevallier A.(2007). Les plantes médicinales. Editions Gründ, Paris. 288p.

Chira K., Suh J.H., Saucier C., 2008. "Les polyphénols du raisin". 6, France, 75-82

Chlif, N., Diouri, M., El Messaoudi, N., Ed-Dra, A., Filali, F. R., & Bentayeb, A. (2022). Phytochemical composition, antioxidant and antibacterial activities of extracts from different parts of *Brocchia cinerea* (Vis.). *Biointerface Res. Appl. Chem.*, 12, 4432-4447

Cowan MM.(1999). Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clinical Microbiology Reviews*, Vol. 12. pp. 564-582.

D

Dacosta Y.(2003). Les phytonutriments bioactifs. Edition Yves Dacosta. Paris. 318p.

Dembinska-Kiec A., Mykkänen O., Kiec-Wilk B., Mykkänen H.(2008). Antioxidant phytochemical against type 2 diabetes. *British Journal of Nutrition*, Vol. 99. pp. 109-117.

Delcus, C. (2016). Les vitamines. *L'Aide-Soignante*, 30(173), 22-24.

Djermane N. 2021. Evaluation des activités biologiques d'huiles essentielles et d'extraits végétaux de plantes médicinales et fourragères. Thèse de doctorat. Université Larbi Ben M'Hidi-Oum El Bouaghi. pp119.

DeRijkeE.,OutP.,NiessenW-M.,ArieseF.,GooijerC.,BrinkmanU-A.(2006).Analytical separation and detection methods for flavonoids. *Journal of Chromatography A*.Vol. 1112.pp. 31 -63.

E

EL Abed D., (2007). Principes actifs des apiaceae. *Phyto Chem et Bio Sub journal*, Vol.1 : 1-6.

El-Chaghaby, G. A., Rashad, S., El-Sayed, H. G. M., & Abdel-Wareth, A. A. A. (2024). Antioxidant and antimicrobial activities of diverse parts of *Acacia nilotica* plant extracted by different solvents. *SVU-International Journal of Agricultural Sciences*, 6(1), 77-97.

Elisa.2019. Les Astéracées : description botanique, biologique et étude de plantes médicinales et toxiques. Thèse d'exercice, Université de Limoges .

F

Fasogbon, A. O., Odewade, J. O., &Omojoyegbe, R. T. (2022).Antibacterial Potential of Pod Extracts of Gum Arabic Tree (*Acacia nilotica*). *Equity Journal of Science and Technology*, 8(1), 100-100.

Foyzun, T., Mahmud, A. A., Ahammed, M. S., Manik, M. I. N., Hasan, M. K., Islam, K. M., ... & Sadik, G. (2022). Polyphenolics with strong antioxidant activity from *Acacia nilotica* ameliorate some biochemical signs of arsenic-induced neurotoxicity and oxidative stress in mice. *Molecules*, 27(3), 1037.

G

Garcia-Salas, P., Morales-Soto, A., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2010). Phenolic-compound-extraction systems for fruit and vegetable samples. *Molecules*, 15(12), 8813-8826.

Guignard-L.,DupontF.(2015). Botanique .La famille Des plantes. Edition Masson, Paris.336p.

H

Hamdi, R., & OUESLATI, O.(2019). Allélopathie de la féverole comme plante de couverture pour le blé-dur en Agriculture de Conservation (AC).

Handa SS., 2008. An Overview of extraction Techniques for Medicinal and Aromatic Plant. In Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants (book). Editor.

Henis Y., Tagari H., Volcani R. (1964). Effect of Water Extracts of Carob Pods, Tannic Acid, and Their Derivatives on the Morphology and Growth of Microorganisms. *Applied Microbiology*, Vol. 12. pp. 204-209.

Herzi. N, Extraction et purification de substances naturelles : comparaison de l'extraction au CO₂-supercritique et des techniques conventionnelles, these de doctorat: Génie des Procédés et de l'Environnement, Institut National Polytechnique de Toulouse,(2013), 193p

Huang H-H., Kwok K-C., Liang H-H. (2004). Effect of tea polyphenols on the activities of soybean trypsin inhibitors and trypsin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol.84. pp.121-126.

I

Ibert H., Hoxha V., Sahi L., Courivaud A. et Chailan C. (2016). Le marché des plantes aromatiques et médicinales :analyse des tendances du marché mondial et des stratégies économiques en Albanie et en Algérie. Montpellier: CIHEAM/France Agri Mer. 222p.

Iserin P., M Masson., J Restellini. 2001. La rousse encyclopédie des plantes médicinales *préparation, soins. 2ème édition de VUEF, Hong Kong 335, 2001 P 14,15 ,16.*

K

Kalia K., Sharma K., Singh H P and Singh B. (2008) Effects of Extraction Methods on Phenolic Contents and Antioxidant Activity in Aerial Parts of *Potentilla atosanguinea* Lodd. and Quantification of Its Phenolic Constituents by RP-HPLC. . *Journal of Agric. Food Chem.* 2008, 56, 21, 10129–10134 . <https://doi.org/10.1021/jf802188b>

Karou F-D., Dicko M-H., Simpore J., Traore A-S. (2004). Antioxidant and antibacterial activities of polyphenols from ethno medicinal plants of Burkina African. *Journal of Biotechnology*, Vol. 4. pp. 823-828.

Knekt P., Kumpulainen J., Jarvinen R., Rissanen H., Heliövaara M., Reunanen A et al.(2002). Flavonoid intake and risk of chronic diseases. *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol.76.pp. 560-568.

Koffi E., Sea T., Dodehe Y., Soro S. (2010). Effet de type de solvant sur l'extraction de polyphénols de vingt-trois plantes ivoiriennes. *J. Animal & Plant Sci.* Vol.5. pp550-558.

Kumar V; Saifi T; Gupta G; Kumar A; Giri M and Tyagi S. 2022. A Review on *Acacia arabica* (Babool): Biological, Morphological and Pharmacological Studies as well as Ethnobotanical, Unani and Traditional Uses. *International Journal of Advances in Engineering and Management (IJAEM)*. 1.1136-1144.

L

Lawaly, M. M., Ikhiri, K., & Yu, L. (2022). Détermination du contenu total en phénols et flavonoïdes, activité antioxydante et cytotoxique de l'extrait méthanolique de *Acacia nilotica* pods. *Journal of Medicinal Plants Research*, 16(12), 326-333.

Lebreton E. (2014). Plantes à usage cutané chez l'enfant. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Saint-Martin-d'Hères, France. 171p.

Létard J-C., Canard J-

M., Costil V., Dalbiès P., Grunberg B., Lapuelle J. (2015). Phytothérapie – Principes généraux. *J. Hegel. Vol.5.* pp. 29-35.

Levizou E., Petropoulou Y. et Manetas Y. (2004). Total carotenoid amount in crude twig extracts may be overestimated due to interference by high contents of co-extracted phenolics. *Photosynthetica. Vol. 42.* pp 295-297.

Lugasi A., Hovari J., Sagi K-V., Biro L. (2003). The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *J. Acta Biologica Szegediensis. Vol. 47.* pp. 119-125.

M

Macheix J.J., Fleuriet A., Jay-Allmand C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux. Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. *Presses Polytechniques et universitaires. Romandes.* 192p.

Mahmoudi S, Khali M, Mahmoudi N. (2013). Étude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynarascolymus L.*). *Nature and Technologie.* 09: 35-40.

Maie N., Behrens A., Knicker H., Kögel-Knabner I. (2003). Changes in the structure and protein binding ability of condensed tannins during decomposition of fresh needles and leaves. *Soil Biology and Biochemistry, Vol. 35.* pp.577-589.

Manach, C., Scalbert A., Morand C., Remesy C., Jimenez L. (2004). Polyphénols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 79. pp. 727-747.

Mazari K., Bendimerad N., Bekhechi C., Fernandez X. (2010). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils isolated from Algerian *Juniperus phoenicea* L. and *Cupressus sempervirens* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, Vol. 4. pp. 959-964.

Middleton E-JR., Kandaswami C., Theoharides T-C. (2000). The Effects of Plant Flavonoids on Mammalian Cells: Implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacological Review*, Vol. 52. pp 673-751.

Miller N-J., Diplock A-T., Rice-Evans C-A. (1995). Evaluation of the total antioxidant activity as a marker of the deterioration of apple juice on storage. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Vol. 43. pp. 1794-1801.

Moroh J-L, A., Bahi C., DJE K., Loukou Y. G., Guede-Guina . 2008. Étude de l'activité antibactérienne de l'extrait acétatique (EAC) de *Morinda morindoides* (Baker) milne-redheat (rubiaceae) sur la croissance in-vitro des souches d'*Escherichia coli*

Moulay, Y; Mokhtar, Saidi. *Investigation Phytochimique de l'Acacia arabica Aux propriétés antioxydantes et inhibitrices.* 2012. PhD Thesis.

O

Oroian M, Escriche I, (2015). Antioxidants: Characterization natural sources, extraction and analysis. *Food Research International*. 74: 10-36

Orwa, C. (2009). Base de données Agroforestree : une référence et un guide de sélection des arbres, version 4.0. [l'agroforesterie mondiale. org/sites/treedbs/treedatabases](http://l'agroforesterie_mondiale.org/sites/treedbs/treedatabases). Aspici

P

Paganga G., Miller N., Rice-Evans C-A. (1999). The polyphenolic content of fruit and vegetables and their antioxidant activities. *Free Radic Res. Vol. 30.* pp. 62-153.

Pandit B; Singh R; Jajo H and Satapathy T. 2021. International Research Journal Of Pharmacy. International Research Journal of Pharmacy International Research Journal of Pharmacy 12 (12). 7-15.

Pierre M et Lis M. 2007 Secrets des plantes. Editions Artemis, Paris 1: 463

Pirard M. (1900). Initiation à la phytothérapie. Guide pratique d'une herboriste. Editions Edilivre ,Paris. 19p.

Puupponen-Pimiä R., Nohynek L., Meier C., Kähkönen M., Heinonen M., Hopia A.,Oksman-Caldentey K-M. (2001). Antimicrobial properties of phenolic compounds from berries .*Journal of Applied Microbiology*, Vol. 90.pp. 494-507.

R

Rajvaidhya S; Nagori BP; Singh GK; Dubey BK;Desai P and Jain S. 2012. A review on *Acacia arabica* - an indian medicinal plant. International Journal of pharmaceutical sciences and research 3 (7), 1995, 2012.

Romani A; Pineli P; Cantini C; Cimato A and Heimler D. 2006. Characterization of violetto di Toscana. Typical italian variety of artichoke (*Cynarascolymus* L). J. Food Chem. Vol. 95. pp 221-225.

S

Sadiq, M. B., Hanpithakpong, W., Tarning, J., & Anal, A. K. (2015). Screening of phytochemicals and in vitro evaluation of antibacterial and antioxidant activities of leaves, pods and bark extracts of *Acacia nilotica* (L.) Del. Industrial crops and products, 77, 873-882.

Scalbert A., Manach C., Morand C., Remesy C., Jimenez L. (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 45. pp.287-306.

Siewert A.M. (2015). Antibiotiques naturels. L'arme secrète de la nature. Editions Médicis,Paris.127p.

Singh P and Singh S. 2021. Article on antiulcer activity of *Acacia arabica*. International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT) . 9. 123-128.

Singleton VL and Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Vitic.Vol.16. pp.144-158.

Spencer J.P.(2010).Beyond antioxidants :the cellular and molecular interactions of flavonoids and how the seunderpin their actions on the brain.*The Proceedings of the Nutrition Society, Vol. 69.* pp. 244–260.

T

Tahir M . (2023). Recherche bibliographique sur les plantes médicinales utilisées pour le traitement des Brûlures (Doctoral dissertation, university center of abdalhafid boussouf-MILA).pp 99

Talbi M.(2015).Dosage des polyphénols de la plante D'*Artemisiacampestris* L.parchromatographie HPLC. Mise en évidence de l'activité biologique .Thèse de Magister, Université d'Oran 1 Ahmed benbella, Oran, Algérie.104p.

Tehami w. 2017. Caractérisation phytochimique et évaluation du potentiel antioxydant, antimicrobien et anti-inflammatoire de *Salvia argentea*. Thèse doctorat, Laboratoire de biotoxicologie de l'université Djillaliliabes- Sidi Bel-Abbès.133p.

Teisseire P-J. (1991). Chimie des substances odorantes. *Editions Tech et Doc. Lavoisier* .Paris.480p.

Tissouras F. 2014. Extraction, identification et mise en évidence des propriétés des huiles de graines des espèces d'*Acacia* (*A. arabica* et *A. raddiana*) des zones arides algériennes. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem: Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. pp 128.

U

Urquiaga I. N. E. S. and Leighton F. E. D. E. 2000. Plant Polyphenol Antioxidants and Oxidative Stress. *Biol. Res*, 33: 55-64.

W

Waksmundzka-Hajnos M., ET Sherma J. 2011. High Performance Liquid :Chromatography in Phytochemical Analysis. *Chromatographic Science Series.* pp. 477-478.

Waterhouse A L. 2002. Determination of Total Phenolics. *J. Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, Vol. 6. pp. I1.1.1- I1.1.8.

X

Xianghong W., Zhenming C., Lixi Y., Jing L., Meiju L., Longfei W. (2007). A marine killer yeast against the pathogenic yeast strain in crab (*Portunus trituberculatus*) and an optimization of the toxin production *Microbiological Research* ,Vol. 162. pp.77-85.