



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

N° d'enregistrement

Université de Ghardaïa

/...../...../...../...../.....

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم هندسة الطرائق

Département de Génie des procédés

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine: *Sciences et Technologie*

Filière: Génie des Procédés

Spécialité: Génie Chimique

Thème

**Etude de l'activité antioxydante des extraits de quelques
variétés de figes d'Algérie**

Soutenu publiquement le

Par

ABAYAHIA Wahiba

KAIBOU Assia

Devant le jury composé de:

BENCHEIKH Salah Eddine

M.C.B

U.Ghardaia

Examinateur

ADAMOU Youcef

M.A. A

U.Ghardaia

Examinateur

Laghouiter Oum kelthoum

M.A.B

U.Ghardaia

Encadreur

Année universitaire 2021/2022



Remerciements

En préambule à ce mémoire, nous exprimons nos remerciements et nos profondes gratitude, avant tout à ALLAH qui nous a donné le courage, l'aide, la patience et la force pour mener à bout ce modeste travail

*Nos sincères remerciements et nos respects vont à notre encadreur **Mme Laghouiter Oum Kelthoum** pour son aide, sa patience, ces conseils, sa disponibilité tout au long de cette modeste recherche*

*Nos remerciements vont également aux membres du jury **Mr. BENCHEIKH Salah** et **Mr. ADAMOU Youcef**, pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger notre travail. :*

Nos remerciements vont à tous nos enseignants pour leur encouragement

durant notre parcours universitaire

C'est pour nous un plaisir autant qu'un devoir, d'exprimer notre gratitude et reconnaissance à toutes les personnes ay contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Merci Allah de m' avoir donné la capacité d' écrire et de réfléchir, la force d' y croire et la patience d' aller jusqu' au bout du rêve...

Je dédie ce modeste travail à qui son cœur m' a vue avant ses yeux et ces câlins m' ont embarrassé avant ses mains :

À mon très cher PAPA qui est présent malgré son absence, je lui dédie avec fierté ce mémoire qui reflète le fruit de l' éducation et de l' attention qu' il m' a tant réservé, je suis très reconnaissante et j' aurai tant aimé partager la joie de ma réussite avec lui malgré il est chez Allah.

Papa bien que je ne puisse pas voir ta joie d' obtenir mon diplôme, je peux la sentir puisque tu es présent dans ma mémoire, mon âme de même, dans mon cœur. Rien ne guérit mes blessures sauf que mes prières pour toi pour le pardon je te souhaite le paradis papa chéri.

À l' école de mon enfance, à celle qui m' a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s' est sacrifié pour mon bonheur et ma réussite MAMA, tu m' as supporté et m' as aidé dans les pires moments, aucune dédicace ne saurait pour exprimer ce que tu mérites, Merci maman et que dieux te bénisse.

A mes chères sœurs : Imane, Oumelkheir, et Ikram.

Et mes frères : Mokhtar et Nacereddine. vous êtes mon fort soutien surtout dans mes moments les plus difficiles, aucune dédicace ne saurait exprimer l' amour, l' estime, et le respect que j' ai toujours eu pour vous.

Finalement, Mes remerciements s' adressent à tout ma famille et mes amis surtout à mon père « Ahmed que dieu lui fasse miséricorde »

wahiba



Dédicace

Je dédie ce travail

Je dédie cette thèse à ma chère mère qui m'a toujours protégé par
ses prières à mon cher père,
mon soutien et mon dos incassable.

A mes chers jumeaux, Roumaïssa, à mes frères bien-aimés, Abdel
Nour Merieam, Hebat Allah, et à mon petit frère, Abd el Monaim,
à l'âme de mes ancêtres, et à toute ma famille.

Je n'oublierai pas mon compagnon Razan et mes amis Hadjer, Sabah,
Fatna, Imane et Maroua
et à ceux qui me sont plus précieux que
mon âme.

Assia



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

«وَالزَّيْتُونَ وَالزَّبْذَبُونَ (1) وَطُورِ سِينِينَ (2) وَهَذَا الْبَلَدِ الْأَمِينِ (3) لَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ فِي أَحْسَنِ تَقْوِيمٍ (4) ثُمَّ رَدَدْنَاهُ أَسْفَلَ سَافِلِينَ (5) إِلَّا الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ فَلَهُمْ أَجْرٌ غَيْرُ مَمْنُونٍ (6) فَمَا يُكَذِّبُكَ بَعْدُ بِالذِّكْرِ (7) أَلَيْسَ اللَّهُ بِأَحْكَمَ الْحَاكِمِينَ (8) .

سورة التين



Résumé

Cette étude vise à la valorisation de l'un des plantes médicinales de la région de Ghardaïa, le fruit de figuier, cet arbre sacré mentionné dans le coran présente plusieurs vertus, vu leur énorme

bienfaits. Ce travail a pour but d'évaluer le pouvoir réductrice des extraits phénoliques d'épicarpes et pulpes de figue noire et verte d'origine d'El-Menia.

L'évaluation de la capacité antioxydante des extraits hydro-éthanolique obtenus par macération à froid, montrent que ces extraits présentent un bon pouvoir réductrice comparable de la vitamine C (2 fois), dont les pulpes de figue noire enregistrent la valeur la plus élevée (2.176 mg VCECA) qui peut être attribué à leur richesse en polyphénols 8.957 mg AGE/g MS ;

Les résultats de quantification des flavonoïdes totaux ont montré que l'extrait de la pulpe de figue verte contient une quantité importante de ces composés (4,187 mg RE/g MS), suivi de figue noire.

A travers ces résultats, la pulpe de figue noire et verte peut être considérée comme des antioxydants naturels qui contribuent à nourrir l'organisme et à rétablir son équilibre, contre les radicaux libres, et une source alimentaire riche en composés bioactifs à des fins alimentaires, médicales et industrielles.

Mots clés : Pulpes et épicarpes de figue, Composés phénoliques, flavonoïdes totaux, pouvoir réducteur.

Abstract:

This study aims to evaluate one of the medicinal plants in the region of Ghardaia, the fruit of the blessed fig tree mentioned in the Holy Qur'an, and whose uses were varied due to its great benefits, by estimating the percentage of phenolic compounds in the peel and core of black and green figs picked in the Al-Mnia region and testing the extent of Its antioxidant efficacy.

The results of the returned pot test by phosphomolybdate method for the hydroethanolic extracts of the peel and pulp of figs extracted by cold soaking method showed that they have an important returned capacity twice that obtained from vitamin C, where the black fig pulp recorded the highest value estimated at 2,176 VCECA, which can be attributed to the richness of the black fig pulp With phenolic compounds, it recorded the highest percentage of 8,957 mg GAE/g DW.

The results of the determination of the total flavonoids showed that the extract of green fig pulp contains a high amount of these compounds (4.187 mg RE/g MS), followed by the black fig pulp.

Through the results obtained, the pulp of black and green figs can be considered as natural antioxidants that contribute to nourishing the body and restoring its balance, which prevents it from suffering from many diseases caused by free radicals, and a food source rich in biologically active compounds that can be used in various food, medical and industrial applications.

Key words: peel and pulp of figs, phenolic compounds, total flavonoids, reducing power.

ملخص

تهدف هذه الدراسة الى تثمين احد النباتات الطبية بمنطقة غرداية فاكهة التين هذه الشجرة المباركة المذكورة في القران الكريم و التي تعددت استعمالاتها نظرا لفوائدها الجمة، وذلك من خلال تقييم القدرة الارجاعية للمركبات الفينولية المستخلصة من قشور و لب التين الاسود و الاخضر المقطوف بمنطقة المنيعه.

أظهر نتائج اختبار القدر الارجاعية بطريقة الفوسفوموليبيدات للمستخلصات الهيدروايتانولية لقشور و لب التين المستخرج بطريقة النقع بالبارد انها تملك قدرة ارجاعية هامة ضعف تلك المتحصل عليها من الفيتامين ج حيث سجل لب التين الاسود اعلى قيمة تقدر ب 2,176 مكافئ فيتامين ج والتي يمكن ارجاعها الى غنى لب التين الاسود بالمركبات الفينولية فقد سجل اعلى نسبة تقدر ب 8,957 مليغرام مكافئ حمض الغاليك.

أظهرت نتائج تقدير المركبات الفلافونويدية الكلية أن مستخلص لب التين الاخضر يحتوي على كمية عالية من هذه المركبات 4.187 مكافئ روتين متبوعا بلب التين الاسود.

من خلال النتائج المتحصل عليها يمكن اعتبار لب التين الاسود و الاخضر كمضادات أكسدة طبيعية تساهم في تغذية الجسم و اعادة التوازن له مما يمنع اصابته بالكثير من الامراض التي تسببها الجذور الحرة، و مصدر غذائي غني بالمركبات الفعالة بيولوجيا يمكن استعماله في تطبيقات غذائية، طبية و صناعية مختلفة.

الكلمات المفتاحية: قشور و لب التين، المركبات الفينولية، الفلافويد الكلي، القدرة الارجاعية.

Liste des Abréviation

BHA	: 3, tertio-butyl-4, hydroxyanisole
BHT	: 3,5, dio-tertio-butyl-4, hydroxyanisole
FRAP	: Ferric Reducing Antioxydant Power
GAE	: Acid Gallic Equivalent
Mo	: Molybdène
PPM	: Phosphomolybdate
TAC	: Total Antioxidant Capacity
FNE	: Épicarpes de figue noir
FNP	: Pulpes de figue noir
FVE	: Épicarpes de figue vert
FVP	: Pulpes de figue vert
FAO	: Food and Agriculture Organization
UV	: Ultra-Violet
MS	: Matière Sèche
VCEAC	: Vitamine C Equivalent Antioxydant Capacité.
RE	: Equivalent de la rutine
TRAP	: Total radical-trapping antioxidant parameter
ORAC	: Oxygen Radical Absorbance Capacity
mgAGE	: Milligramme équivalent d'Acide Gallique par gramme
mgRE	: Milligramme équivalent de rutine par gramme

ROS : Reactive oxygen species

VC : vitamine C ou acide ascorbique

Liste des figures

Figures	Titre	Page
Figure I.1	caractéristiques morphologiques de la figue .	4
Figure I.2	Fruits de figues.	5
Figure III.1	Epicarpe et pulpe des figues noires.	17
Figure III.2	Epicarpe et pulpe de figue verte.	18
Figure III.3	Les épicarpes de la figue noire et verte successivement.	18
Figure III.4	Pulpes de figues noires et vertes successivement.	19
Figure III.5	Filtration des extraits d'épicarpes et pulpes de figues.	21
Figure III.6	Evaporation de l'acétate d'éthyle.	22
Figure III.7	protocole du dosage des polyphénols totaux.	23
Figure III.8	Protocole du dosage des flavonoïdes totaux.	24
Figure III.9	Protocole d'évaluation de pouvoir antioxydante des extraits phénoliques des pulpes et épicarpes de figue noire et verte par le test phomolybdate.	26
Figure VI.1	Les lipides des extraits phénoliques	27
Figure VI.2	Rendement des lipides extrait des figues noires et vertes.	28
Figure VI.3	Les extraits phénoliques des échantions étudiés de figue noire et verte.	29
Figure VI.4	Variabilité de Rendement en polyphénols dans les extraits des figues.	29
Figure VI.5	Variabilité de Teneur en composés phénoliques des extraits d'épicarpes et pulpes de figue noire et verte.	31
Figure VI.6	Variabilité de capacité antioxydante des extraits phénoliques d'épicarpes et pulpes de figue noire et verte.	32

Liste des Tableaux

Figures	Titre	Page
Tableau I.1	la production mondiale du figuier estimée (FAOSTAT, 2019)	7
Tableau I.2	L'évolution de production, superficies et rendement du figuier en Algérie durant les dix entre 2009-2019 (FAO.219)	8
Tableau VI.1	Caractéristiques organoleptiques des extraits lipidiques de figue.	28
Tableau VI.2	Teneur en phénols totaux et flavonoïdes de figue.	30
Tableau VI.3	Valeurs de pouvoir réductrice des extraits phénoliques vis-à-vis le test de phosphomolybdate.	32

Sommaire

Titre	Page
Remerciements	
Liste des figures	
liste des tableaux	
liste d'abréviation...	
I. Introduction générale	1
Chapitre I : Généralité Des Figues	
I.1. Générales sur le Figuier	2
I.2. Origine	2
I.3. Taxonomie	3
I.4. Description botanique	3
I.5. Composants actifs de figuier	5
I.6. Bienfaits et valeur nutritive de Ficus carica	6
I.7. Production des figues	7
I.7.1. Production mondiale	7
I.7.2. Production en Algérie	8
I.8. Technologie des figues	9
I.9. Transformation	10
I.10. Le séchage	10
Chapitre II : Les composés phénoliques	
II.1. Les composés phénoliques	11
II.1. La Classification des composés phénoliques	12
II.1.1. Les phénols simples	12
. II.1.2. Les flavonoïdes	12
II.1.3. Les acides phénoliques :	13
a. Acides hydroxybenzoïques	13
b. Acides hydroxycinnamiques	13
II.1.4. Les formes condensées	13
II.1.4.1. Les tannins :	13
• Les tannins hydrolysables :	13

• Les tannins condensés	13
II.1.4.2. Lignines	14
II.2. Les propriétés des composés phénoliques	14
II.2.1. L'activité antioxydante des figes	14
II.2.2. Activité antipyrétique des figes	14
II.2.3. Activité antidiabétique des figes	15
II.2.4. Activité anti-inflammatoire des figes	15
II.3. L'Activité Antioxydante	15
II.3. 1. Les antioxydants	15
a- Antioxydants synthétiques	15
b- Antioxydants naturels	16
I.5.2. Les méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante	16
Chapitre III : Matériels et Méthodes	
III. Matériels et Méthodes	17
III.1. Matériels	17
III.1.1. Matériel végétal	17
III.2. Quantification des composés phénoliques	19
III.2.1. Délipidation d'épicarpes et pulpes des figes	19
III.2.2. L'extraction des composées phénoliques	20
III.2.3. Dosage des phénols totaux	22
III.2. 4. Dosage des flavonoïdes	24
III.3. Evaluation de l'activité antioxydante par la méthode de phosphmolybdat	25
Chapitre VI. Résultats et discussions	
VI.1. Détermination du rendement en lipides	27
VI.2. Quantification des composés phénoliques	28
VI.2.1. Rendement des composés phénoliques	28
VI.2.2. Teneur en composés phénoliques de figue	30
VI.3. Evaluation de l'activité antioxydante par le Test du phosphomolybdate	31
Conclusion	34
V. Références bibliographiques	

IV. Annexes	
--------------------	--

I. Introduction générale

I. Introduction générale

La clé d'une bonne santé se trouve dans leur composition phytochimiques. Notre alimentation doit être riche en antioxydants naturels, saine et équilibré. Les substances actives isolées de fruits et légumes incluent principalement les fibres, les polyphénols et les flavonoïdes peuvent agir comme des antioxydants protègent l'organisme des effets nocifs des radicaux libres générés comme sous-produits du métabolisme normal et peuvent renforcer la fonction immunitaire.

Les figues, ainsi que les grenades, les raisins, les dattes, les olives sont des plantes sacrées mentionnées dans le Coran. Le figuier et l'olivier, qui apparaissent dans les premiers versets de la sourate Attin 95 : « Par le figuier et l'olivier, et par le Mont Sinaï », ce qui montre l'immense importance de ces plantes et tous leurs parties (feuilles, latex, écorce et racines). Ces plantes réputées possèdent plusieurs vertus pharmacologiques, médicinales plus que leurs valeurs alimentaires due à leur richesse en substances actives.

D'après la littérature, la figue contient des niveaux élevés de polyphénols, principalement des anthocyanes avec une capacité antioxydante élevée. Telle substances présente un intérêt recherché.

Dans le cadre de rechercher et d'isoler des nouvelles substances actives à des effets thérapeutiques et industriels à travers la valorisation et l'exploitation des plantes cultivés et spontanées algériennes et notamment de la région de Ghardaïa où les habitats sont réputés par l'utilisation des plantes à des fins culinaires, cosmétiques, traitement de certaines maladies, ou ornemental. Les potentialités agricoles dont jouit la région de Ghardaïa notamment dans la filière des plantes médicinales ouvrent des perspectives prometteuses dans divers domaines.

Dans ce conteste, ce travail vise à évaluer l'activité antioxydante des extraits phénoliques de deux variétés de *figus carica* (vert et noir) d'origine de Menia par le test de phosphomolybdate. Pour cela, ce travail est divisé en deux parties : Le premier est un aperçu théorique sur la plante investigué, origine, composés chimiques et effets biologiques, la deuxième concernant les matériels, les méthodes et les protocoles qui servent à extraire les composés phénoliques des pulpes et épicarpes de deux genres de figues (noire et vert), leur quantification, ensuite une discussion des résultats obtenus et en termine par une conclusion et des perspectives.

Chapitre I

Généralité sur les Figues

I.1. Générales sur le Figuier

Le figuier est un arbre qui a été nommé dans le passé mythique *Ficus carica*, avec un terme générique signifiant une verrue de ficus (par rapport au latex du figuier qui aide à la cicatrisation des verrues) et *carica* faisant référence à une région de Turquie (**Oukabli , 2003**). C'est un arbre trouvé en Asie du sud-ouest dans l'est de la Méditerranée (**Mohammadi et al., 2018**). On les trouve principalement dans les régions tropicales ou subtropicales et seuls quelques fruits sont considérés comme comestibles (**Flaishman et al., 2008**). Il appartient de la famille des *Moraceae* qui comprend plus de 1 400 espèces classées dans une quarantaine de genres (**Mehraj et al., 2013**). Il se développe magnifiquement dans les zones à faible humidité, fort ensoleillement, étés chauds et secs, et est bien adapté à une large gamme de sols (**Oukabli, 2003**) et se trouve également dans les zones tempérées. Plus les gens prêtent attention au figuier, plus il se répand dans plusieurs régions du monde. Des températures comprises entre 32 °C et 37 °C sont très favorables à la croissance et à la maturation des fruits (**Walali et al., 2003**). Il a une incroyable capacité à se régénérer végétativement et à produire des fruits sans produire de fleurs visibles. Sa production est de deux types: les figues de la première récolte ou figues à fleurs (la vierge) et les figues de la seconde récolte ou figues d'automne (comme symboles). Le figuier fleuri se forme des rameaux défeuillés de l'année précédente (**Rameau et al., 2008**).

I.2. Origine

La figue, est un fruit très ancien, est connu partout dans le monde et dont l'histoire commence depuis l'antiquité (**Michel, 2002**), il est reconnu comme fruit sacré et il est cité dans "Sourate Attine" du Coran. La culture de figuier dans l'Anatolie, remonte à 3 000 - 2 000 ans avant Jésus Christ. Avec le temps, il s'est répandu dans tout le bassin méditerranéen. Les Égyptiens, les Grecs, les Phéniciens et les Syriens cultivaient le *Ficus carica L* et il s'est répandu dans les pays méditerranéens en raison de sa grande adaptabilité aux climats chauds.

I.3. Taxonomie :

Le figuier (karma, Karmoss, El Bacoor) est un arbre fruitier de la famille des *Moracées* du genre *figus*. Il est considéré comme l'emblème du bassin méditerranéen, où il est cultivé depuis des millénaires (Mawa and Jantan, 2013).

.	
Règne	Végétale
Embranchement	<i>Angiospermes</i>
Sous embranchement	<i>Dicotylédones</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous classe	<i>Apétale</i>
Ordre	<i>Urticales</i>
Famille	<i>Moraceae</i>
Genre	<i>Ficus</i>
Espèce	<i>Ficus carica L. (Lansky et Helena, 2011).</i>

Classification phylogénétique

Ordre	<i>Rosales</i>
Famille	<i>Moracée (Neal, 1965).</i>

I.4. Description botanique

Les différentes parties de figuier, feuilles, latex, écorce et racines sont utilisées à des fins médicinales. Le genre *Ficus* possède en moyenne 850 espèces (Lansky et Helena, 2011). C'est un arbuste monoïque, de taille variable, à des feuilles caduques ou grandes. Il atteint dix à douze mètres de haut avec une écorce grise et lisse.

Le fruit de figuier s'appelle un syconium, c'est un réceptacle de fleur agrandi, charnu et creux. Ce syconium porte à l'intérieur une masse de fleurs (Rahali et Khelifi, 2019).

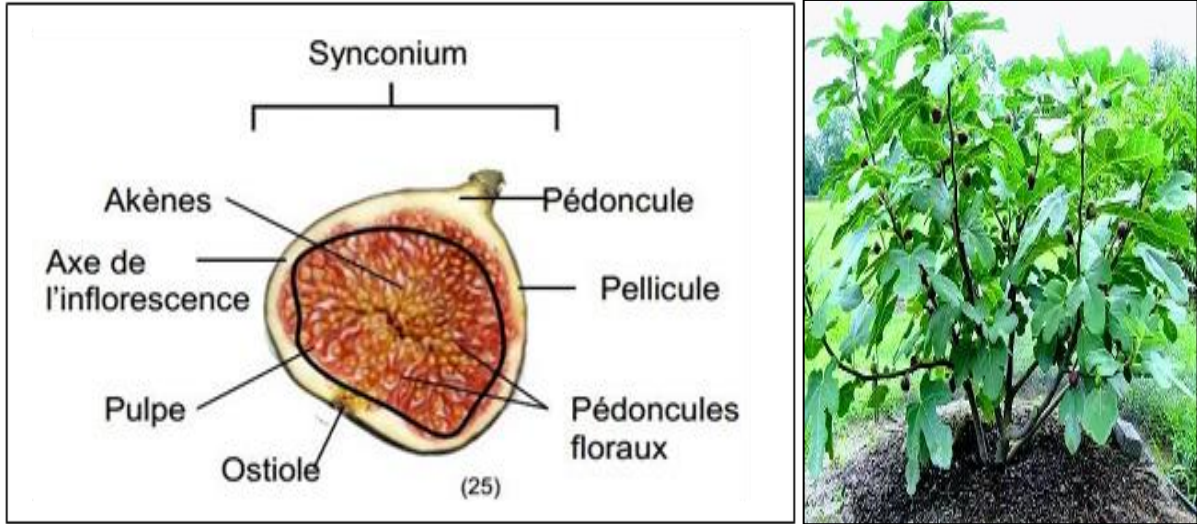


Figure II.1: caractéristiques morphologiques de la figue (Haesslien et Oreiller, 2008)





Figure I.2: Fruits de figues (Photos originaux)

I.5. Composants actifs de figuier

- ✓ Le fruit renferme de l'eau ;
- ✓ **Sucres: (50-60% dans le fruit sec)**, ils contribuent à la valeur nutritive.
- ✓ vitamine C, vitamine B1 (thiamine), Vitamine A.
- ✓ Des enzymes, et le latex des furanocoumarines.
- ✓ **Fibres** : ces substances indigestibles ont un effet significatif sur le transit intestinal.
- ✓ Elles contribuent également à une flore intestinale saine.
- ✓ **Les flavonoïdes** : ces composants ont un effet antioxydant et protègent les organes contre les radicaux libres (Iserin, 2001; youssef, 2006).
- ✓ La figue (fraîche ou sèche) constitue un élément important dans l'alimentation humaine vue sa teneur élevée en glucides assimilables (fructose et glucose), responsables de l'essentiel de son apport énergétique, son faible apport en lipides dépourvue de cholestérol, et ses fibres

très efficaces pour stimuler les intestins d'où elle est particulièrement indiquée en cas de tendance à la constipation (**Rahali et Khelifi, 2019**).

- ✓ La figue contient plusieurs caroténoïdes avec une prépondérance du lycopène, suivi de la lutéine et du β -carotène, en plus de la présence de la Crypto-xanthine et de l' α -carotène (**Rahali et Khelifi, 2019**).

I.6. Bienfaits et valeur nutritive de *Ficus carica*

Le fruit de *ficus carica* est douée de plusieurs intérêts biologiques ce qui explique son utilisation durant les divers civilisations dans divers domaine, il est utilisé comme aliment énergétique, émoullient, désinfectant et remède contre la toux, pour son effet bénéfique sur les douleurs gastriques, dans les traitement des hémorroïdes, utilisé pour ses propriétés laxatives, pectorales. Le sirop obtenu par macération des figues sèches était utilisé comme condiment pour les mets doux lors des fêtes religieuses. Elle est en plus allergénique, anticancéreux; antiseptique; aphrodisiaque; déodorant; digestive; diurétique, hypoglycémique; stomachique, tonique et vermifuge (**Badgujar et al., 2014**)

Les figues sont consommées fraîches ou séchées. Leur latex irritant est utilisé dans le traitement des verrues. Ils peuvent non seulement être utilisées en cuisine, elles offrent également divers avantages sur la santé. Grâce aux fibres présentes, elles peuvent être utilisées pour aider le fonctionnement du tractus gastro-intestinal et pour améliorer le transit intestinal de manière douce (**Rønsted et al, 2008**). Les figues soutiennent la santé du système digestif (**Dueñas et al, 2008 ; Veberic, 2008**).

Les sucres contenus dans la figue (surtout sèche) ont une action laxative efficace, utilisée comme édulcorant naturel en raison de leur teneur élevée en sucres; le sirop est employé contre la constipation. La pulpe pectoral, émoulliente, du fruit soulage la douleur, soigne les inflammations et traite les aphtes et les abcès gingivaux, le fruit sec contiendrait un principe actif contre le sarcome d'Ehrlich (**Ait youssef., 2006**). La figue est souvent grillée avant d'être employée en application. C'est également un expectorant léger, qui, associé à d'autres plantes comme l'aunée, soigne les toux. Irritantes et les bronchites. Le latex des feuilles et des tiges soulage légèrement la douleur : on l'utilise pour traiter les piqûres d'insecte, les morsures et les verrues (**Iserin, 2001**).

I.7. Production des figues

I.7.1. Production mondiale

Environ un million de tonnes de figues sont produites dans le monde chaque année, soit en totale 1.332.800 tonnes en 2019, ainsi qu'environ soixante-quinze pourcent de la production des figues dans le monde se cultive dans les pays de la Méditerranée. La Turquie est en première position avec près du quart de la production mondiale (310.000 tonnes), suivie par l'Égypte (225.295 tonnes), Maroc (153472 tonnes) et l'Algérie (114092 tonnes) (**Tableau I.1**). Les principaux clients se trouvent sur le marché européen (50% des importations mondiales de figues fraîches et 75% des importations mondiales de figues séchées). Les autres pôles de consommation sont constitués par l'Amérique du Nord et Moyen-Orient.

Tableau I.1: la production mondiale du figuier estimée (FAOSTAT, 2019)

Pays	Production en tonnes	Superficie en Hectare
Turquie	310000	52116
Égypte	225295	31674
Maroc	153472	62969
République islamique d'Iran	130328	18655
Algérie	114092	39438
Espagne	51600	14600
République arabe syrienne	43015	9435
États-Unis d'Amérique	28174	2488
Tunisie	24619	16863

I.7.2. Production en Algérie :

L'Algérie est le troisième producteur mondial de figue. Le figuier est présent sur tout le territoire national et aussi dans les régions du sud, c'est donc l'une des productions fruitières les plus importantes en Algérie. La plupart des figuiers sont concentrés dans la région Kabylie. Selon les statistiques du ministère de l'agriculture et du développement rural, le figuier cultivé occupe une superficie de 44 608 hectares, constituant environ 6,9% de la Le Patrimoine National de l'Arbre fruitier. La culture du figuier a régressé malgré les programmes de plantations mis en œuvre dans les années 1970. **Bourayou *et al.*, (2005)**. Le figuier est classé quatrième après l'olivier (33%) et le palmier (20%). Agrumes (9,1%) (**Viragi *et al.*, 2011**).

Les précipitations à l'automne représentent un grand danger pour les installations de séchage conventionnelles, c'est pourquoi les figes sèches sont devenues très peu compétitives, ce qui nécessite d'améliorer les conditions de production et d'installer des séchoirs modernes.

Tableau I.2 : L'évolution de production, superficies et rendement du figuier en Algérie durant les dix entre 2009-2019 (FAO.219)

	Superficie récoltée (Hectare)	Production (Tonnes)	Rendement (Hectogramme en hectare)
2009	46935	83801	17855
2010	46921	123763	26377
2011	46331	120187	25941
2012	45125	110058	24390
2013	44608	117100	26251
2014	44395	128620	28972
2015	43130	139137	32260
2016	42764	120348	28142
2017	40932	128684	31438
2018	39356	109214	27750
2019	39438	114092	28929

I.8. Technologie des figues

En Algérie, il existe de nombreuses variétés de figues avec de nombreux synonymes du nom, il a différentes couleurs, parmi les plus courantes sont les figues vertes, noires et violettes caractérisées suivants :

- La figue noire est sucrée et plutôt sèche;
 - La figue verte est juteuse et à la peau fine;
- La figue violette est la plus sucrée, la plus juteuse, la plus fragile et la plus rare.

Il existe plus d'une vingtaine de termes désignant des variétés cultivées. Les éléments qui définissent les variétés et les opposent sont la forme du fruit et du col, la longueur du pétiole et du pédoncule, le volume et /ou la longueur du pétiole et du lobe, la chair et la couleur du fruit à maturité.

Il existe cinq classes de figues :

- La couleur (rouge, noir, clair)
 - Rouge (agusim, abuzeggay,taremmant)
 - Clair (tazegzaut,ayanim amellal)
- La forme (arrondie,allongée)
 - Arrondie (abelɛ, arus, tabellut,myehbulen)
 - Allongée (buyenyur,buɛ, eniqiq)
- La saveur et la tendreté (amessas, tazrift, alequque)
- L'origine géographique (ajeɛ, far,taɛ, emriwt, tagawawt, aberran)
- La saison (Albakur)

I.9. Transformation

Les fruits de la figue sont utilisés dans de nombreuses industries alimentaires, où ils peuvent être transformés après avoir été cuits et séchés en : tartes, confiseries, gâteaux et pain, ainsi que pour préparer des confitures, de la pâte de figues (avec du blé et d'ajouter de la farine de maïs, le lactosérum, le sirop, les huiles et d'autres ingrédients), des jus et autres.

I.10. Le séchage

Les figues peuvent être sécher artificiellement dans des séchoirs ou au soleil au moyen de l'énergie solaire. Dans les séchoirs artificiels, les figues sèchent plus rapidement et les produits obtenus sont plus hygiéniques et moins endommagés par les insectes et les animaux nuisibles (Saadi et al, 2020). Le séchage au soleil est plus rentable (Abene et al., 2005) et écologique mais toutefois peut avoir pour conséquence l'augmentation de la probabilité de la contamination par les aflatoxines (Doymaz, 2005). La qualité de la figue sèche est étroitement liée à l'état de maturité des fruits. La couleur et la fermeté du fruit étant les critères généralement utilisés pour déterminer la date optimale de récolte. Les figues destinées au séchage doivent être cueillies très mures et récoltées par temps sec. Chaque variété doit être cueillie séparément selon ses aptitudes à la dessiccation. La figue parfaitement mûre se flétrit, son port n'est plus érigé, la peau est légèrement craquelée ; le pédoncule d'abord turgescent et blanc laiteux, devient sec et translucide. La figue se détache facilement avec son pédoncule, contrairement à une figue insuffisamment mure. Cet état de maturité avancé, est impératif pour l'obtention des figues sèches de bonne qualité (Ben Selhoub Et Sitouf, 2021).

Chapitre II

Les composés phénoliques

II.1. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques également dénommés les polyphénols, constituent un groupe important et diversifié de métabolites secondaires synthétisés par les plantes durant leur développement (**Ribéreau-Gayon, 1968**). Ils sont caractérisés par la présence d'un ou de plusieurs cycles aromatiques portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide. Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la germination des graines ou la maturation des fruits (**Boizot et Charpentier, 2006**).

Plus de 8000 structures phénoliques sont connues, allant de molécules phénoliques simples de faible poids moléculaire tel que les acides phénoliques aux composés hautement polymérisés comme les tanins, dont 5000 pour la sous classe des flavonoïdes (**Marti et Andriantsitohaina, 2002**). Ces composés contiennent au moins un cycle aromatique à 6 atomes de carbone portant un ou plusieurs groupements hydroxyles ainsi que des groupes fonctionnels (ester, méthyle ester, glycoside...etc.).(**Jean-Jacques Macheix, 1996**). Les polyphénols sont considérés comme de puissants antioxydants; leur nature chimique fait de ces composés des agents réducteurs capables de réagir directement avec les espèces chimiques réactives en formant des produits moins réactifs (**Orzechowski et al., 2002 ; Derbel et Ghedira, 2005**).

Les figues représentent une très bonne source des composés phénoliques. La fraction phénolique de la figue est définie qualitativement et quantitativement par la variété, la classe (noire, blanche), la partie du fruit (pulpe ou peau), l'état du fruit (frais ou sec) (**Del Caro et Piga, 2008**), la saison de récolte (juin ou septembre), l'origine et l'irrigation (**Veberic et al., 2008**). La composition en polyphénols de la figue, qu'elle soit fraîche ou sèche, est impliquée dans les diverses propriétés de ce fruit comme l'activité antioxydante (**Vinson, 1999 ; Vinson et al., 2005**). Les principaux composés phénoliques identifiés dans la figue sont la catéchine, l'épicatéchine, la rutine, les acides gallique, chlorogénique et syringique (**Veberic et al., 2008**

II.2. La Classification des composés phénoliques

II.2.1. Les phénols simples

Les phénols simples consistent en un cycle aromatique dans lequel un hydrogène est remplacé par un groupe hydroxyle. Leur distribution est répandue dans toutes les classes de plantes. Ses caractéristiques générales sont bactéricides, antiseptiques et anthelminthiques. Les phénols les plus simples sont des structures en C6 consistant en un cycle aromatique avec des groupes hydroxyles attachés. Ceux-ci incluent le pyrogallol et l'hydroquinone (**Pengelly, 2004**).

II.2.2. Les flavonoïdes.

Les flavonoïdes sont les constituants majoritaires des polyphénols ; plus de 5000 composés sont identifiés. Ils sont largement présents dans la quasi-totalité des plantes, notamment dans les fruits et les légumes. Ils sont classés en trois groupes :

- Les flavones, les flavonols ;
- Les chalcones, dihydrochalcone et auronés ;
- Les anthocyanes (**Riberauu-Gayon, 1968**).

Les flavonoïdes sont des diphenylpropanes (C6-C3-C6) qui constituent les pigments responsables des colorations jaune, orange et rouge de différents organes végétaux (**Bruneton, 1999**). Ce sont des métabolites avec des propriétés antioxydantes efficaces; leur caractère antioxydant contribue à la prévention de nombreuses pathologies dont les maladies cardiovasculaires et cérébro-vasculaires et les cancers (**Nijveldt et al., 2001 ; Ross et Kasum, 2002 ; Trueba, 2003**).

Les flavonoïdes sont connus pour leurs nombreuses activités biologiques (activités antivirales, anti-inflammatoires et anti-cancéreuses) attribuées en partie, à leur capacité à piéger les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles ($\cdot\text{OH}$) et superoxyde ($\text{O}_2^{\cdot-}$) (**Marfak, 2003**). Leur capacité antioxydante est renforcée avec l'augmentation du nombre de groupements hydroxyles, l'O-méthylation et la diminution du nombre de groupements glycosides (**Nijveldt et al, 2001 ; Amić et al., 2003**).

Les flavonoïdes présents dans la figue sont la rutine, la catéchine, l'épicatéchine, etc. (Veberic et al., 2008).

II.2.3. Les acides phénoliques :

Ces acides phénoliques sont des composés organiques qui contiennent au moins un La fonction du carboxyle et de l'hydroxyle phénol (Brunton, 1999). C'est l'un des véhicules Les phénols sont prédominants dans les figes et sont principalement concentrés dans le cortex (Caliskan et Polat, 2012). Ils se divisent en:

a. Acides hydroxybenzoïques : ce sont dérivés de l'acide benzoïque et ont une formule de base de C6-C1. Ils sont souvent présents sous formes d'esters ou de glycosides. (Macheix, 2005). Ces acides sont caractérisés par la présence d'un groupement hydroxyle lié au phénol (Ex : l'acide gallique, l'acide salicylique et l'acide vanillique) (Vermerris et Nicholson, 2006).

b. Acides hydroxycinnamiques : dérivés de l'acide cinnamique, ils ont une formule de base de C6-C3. Toutes les plantes contiennent au moins trois parmi les acides connus, citant comme exemples : l'acide cinnamique, l'acide p-coumarique, l'acide caffeique, l'acide ferulique, et l'acide sinapique (Vermerris et Nicholson, 2006).

II.2.4. Les formes condensées

II.2.4.1. Les tannins

Les tanins sont des substances poly-phénoliques de structure variées, ils sont caractérisés par une saveur astringente et sont trouvés dans toutes les parties de la plante. On distingue : les tanins hydrolysables et les tanins condensés.

- **Les tannins hydrolysables :** Constitués par une molécule de sucre (le glucose le plus souvent) estérifiée par l'acide Gallique ou un de ses dérivés (acide ellagique, chébulique ou volonique), ils sont facilement hydrolysables par voie chimique ou enzymatique.
- **Les tannins condensés :** Ils ne possèdent pas de sucre dans leur molécule et leur structure est voisin de celle de flavonoïde, résultant de la polymérisation auto-oxydative ou enzymatique et ne sont pas hydrolysables que dans les conditions fortement acides.

II.2.4.2. Lignines

Les lignines résultent de la polymérisation tridimensionnelle de 3 molécules phénoliques de base dénommées monolignols et qui sont les alcools coumarylique, coniférilique et sinapylique.

II.3. Les propriétés des composés phénoliques

Les composés phénoliques ont des activités biologiques importantes qui sont directement liées à leurs structures chimiques et la santé humaine est liée à cela car de nombreux composés médicinaux sont dérivés ou inspirés par les phénols des plantes.

Les exemples incluent la podophyllotoxine de lignane de la pomme de mai (*Podophyllum peltatum*) qui va former le téniposide, l'étoposide et l'étophos, utilisés pour traiter un certain nombre de cancers. La curcumine diarylheptanoïde de curcuma (l'épice de curry), qui a de puissantes propriétés anti-inflammatoires et est utilisé dans le monde entier pour traiter l'arthrite et d'autres maladies inflammatoires (**Kutchan et al., 2015**).

II.3.1. L'activité antioxydante des figues

Les composés phénoliques sont caractérisés par des propriétés antioxydantes importantes. La recherche indique que les polyphénols sont de puissants antioxydants qui empêchent les radicaux libres de se former ou de les diviser en donnant un électron ou un atome d'hydrogène. Les antioxydants jouent un rôle important dans le métabolisme humain. Les réactions biochimiques qui ont lieu dans notre organisme produisent des radicaux libres initiant des réactions d'oxydation en chaîne (**Yepez et al., 2002**). Ils peuvent également causer des dommages cellulaires (**Hussain et al., 2003**).

II.3.2. Activité antipyrétique des figues

Ficus Carica .L a un effet antipyrétique. **Patil et al., 2010** ont prouvé que les extraits éthanoliques des feuilles de figuier (100, 200 et 300 mg/ kg MS), testés sur des rats, exercent un pouvoir antipyrétique significatif comparable à celui de paracétamol utilisé comme agent antipyrétique standard .

II.3.3. Activité antidiabétique des figues

L'extrait de feuille de *Ficus carica.L* induit un effet hypoglycémique important par voie d'administration orale où intra-péritonéal chez les rats diabétiques. De même, les rats ayant un diabète type I sont traités par le bouillon d'extrait des feuilles pendant 3 semaines et les résultats montrent que le bouillant des feuilles a un effet hypoglycémique.

II.3.4. Activité anti-inflammatoire des figues

Patil et al, 2010, ont rapporté un probable effet anti-inflammatoire des extraits chloroformiques, éthanolique et d'éther de pétrole des feuilles de *Ficus carica*. Les extraits éthanoliques à 600 mg/Kg exercent un effet anti-inflammatoire maximum de 75,90 % dans l'inflammation aiguë et de 71,66 % dans l'inflammation chronique par la réduction du poids de granulome.

II.4. L'Activité Antioxydante

La formation de radicaux libres dans le corps humain peut causer des dommages aux cellules et engendrer des pathologies. Les antioxydants se présentent sous différentes formes naturels et synthétiques, mais la caractéristique commune à toutes ces formes est leur capacité à neutraliser les radicaux libres et les ROS et à les empêcher des dommages extrêmes qu'ils peuvent causer à l'organisme.

II.4. 1. Les antioxydants

Un antioxydant est une substance naturelle ou synthétique, naturellement présente ou ajoutée à un produit en faible concentration pour ralentir, inhiber ou prévenir les dommages causés par l'action de l'oxygène. Grâce aux systèmes de défense, l'organisme a la capacité de maintenir un équilibre entre les systèmes de production et de dégradation des radicaux libres (**Rahman, 2002 ; Arousseau, 2002**).

a- Antioxydants synthétiques : Ce sont des produits synthétisés, utilisés dans l'industrie alimentaire pour la conservation des aliments tel que le Butylhydroxytoluène (BHT). Cependant, ces antioxydants sont mal acceptés par la plupart des consommateurs à cause de leurs effets secondaires, et leur toxicité (BHA et BHT) (**Soong et Barlow, 2004**), ce qui oblige

l'industrie et les chercheurs à travers le monde à orienter vers la nature afin d'identifier de nouvelles antioxydantes naturels et de valoriser leurs applications.

b- Antioxydants naturels : Ce sont des substances alimentaires issues de plantes qui contiennent des inhibiteurs naturels de l'oxydation. Les plus connus parmi celles-ci on trouve : les protéines, les phospholipides, le β -carotène, l'acide ascorbique, le tocophérol (vitamine E), les huiles essentielles, lignine ainsi que les composés phénoliques en particulier les flavonoïdes dont la présence des groupes hydroxyphénoliques dans leurs structures leur confère un pouvoir réducteur les rendent capable à piéger les radicaux libres (Xu et al., 2017, Atta et al., 2017).

I.5. Les méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante

Vu la complexité des processus d'oxydation et la nature diversifiée des antioxydants, avec des composants à la fois hydrophiles et hydrophobes, il n'y a pas une méthode universelle par laquelle l'activité antioxydante peut être mesurée quantitativement d'une façon bien précise. On peut les classés selon les mécanismes réactionnels en mécanismes de transfert de protons (ORAC, Phosphomolybdate et TRAP), soit des mécanismes de transfert d'électrons (FRAP, TEAC) et ceux qui ne suivent aucun des deux mécanismes ou enzymatique. Les tests basés sur le mécanisme de transfert d'électron tel que : Phénols totaux par Folin Ciocalteu qui est exploité dans notre étude.

Les techniques du premier groupe sont employées pour évaluer la peroxydation lipidique en utilisant un substrat lipidique ou lipoprotéique. La quantification de cette propriété est exprimée par la mesure du degré d'inhibition de l'oxydation. Alors que les méthodes du deuxième groupe sont celles qui interviennent dans la mesure de l'habilité du piégeage des radicaux libres. Comme le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et de l'oxyde nitrique (NO^*) (Sánchez-Moreno 2002).

Partie Expérimentale

Chapitre III

Matériels et méthodes

III. Matériels et Méthodes

La partie expérimentale de ce mémoire est réalisé au sien du laboratoire pédagogique de département de Génie des procédés, faculté de sciences et de la Technologie de l'université de Ghardaïa.

III.1. Matériels

III.1.1. Matériel végétal

Les fruits de deux variétés (noire et verte) de figue cultivées dans un jardin à El-Menia, le mois de décembre 2021. Les fruits de figue après l'isolement des épicarpes de pulpes pour les deux variétés, sont lavés, séchées à l'abri de la lumière et coupées en morceaux puis broyées finement en poudre. Chaque partie est pesé est conservé jusqu'à l'analyse (Figure III.3 et Figure III.4).



Figure III.1: Epicarpe et pulpe des figes noires (Photos originaux)



Figure III.2: Epicarpe et pulpe de figes verts (Photos originaux)



Figure III.3: Les épicarpes du figes noire et vert successivement.

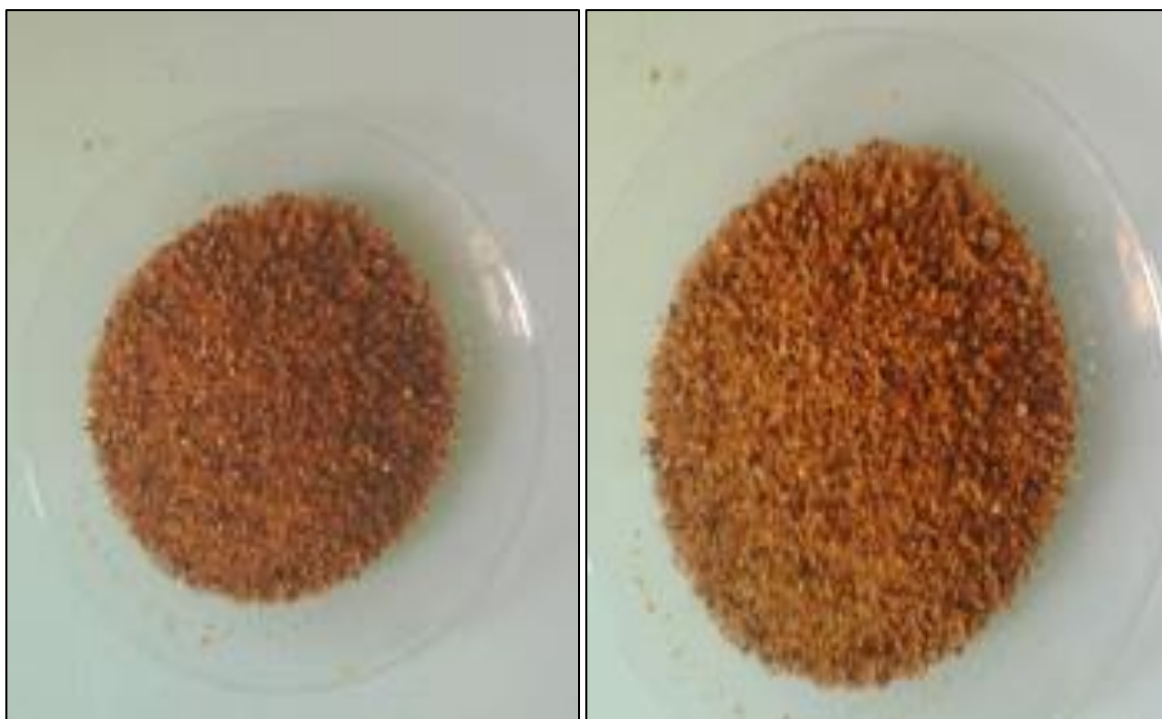


Figure III.4: Pulpes de figes noires et vertes successivement.

III.2. Quantification des composés phénoliques

III.2.1. Délipidation d'épicarpes et pulpes des figes

Afin de quantifier la teneur en composés phénoliques on a procédé à l'élimination des lipides dans les échantillons de figue pour éviter l'interférence des molécules entre eux. Alors, les lipides sont extraits par macération à froid d'une masse d'environ de 5 g de poudre des pulpes et épicarpes de chaque variété de figue en utilisant l'hexane (50 ml) comme solvant pendant 24 heures avec agitation. Après filtration et évaporation de l'hexane sous pression réduite à 40°C.

Les lipides obtenus sont ensuite conservés à 4°C. La teneur en huile a été calculée par la relation suivante :

$$\text{Teneur en huile} = \frac{\text{Poids de l'huile extraite} \times 100}{\text{Poids de prise d'essais}} \quad (\%)$$

III.2.2. L'extraction des composés phénoliques

La famille des polyphénols devient le point de départ de toutes les recherches scientifiques en particulier la découverte des molécules naturelles à très forte activité antioxydante vue leur importance, leur propriétés pharmacologiques, nutritionnelle, biologiques et industriels....

Pour extraire les composés phénoliques des tourteaux délipidés des épicarpes et pulpes de figue noire et celle verte, on a choisi l'extraction solide-liquide à froid avec agitation (Macération) qui est une opération qui consiste à laisser séjourner la matière végétale (broyat) dans un solvant pendant une période donnée, pour extraire les principes actifs (composés phénoliques et flavonoïdes) selon (Djeridane *et al.*, 2006).

Une masse de 5g pour les tourteaux des pulpes et l'épicarpe de figes noires, 3 g pulpe et 5g de tourteaux délipidés des pulpes de figes vertes l'épicarpe délipidés de chaque variété de figue (noire et verte) sont macérés par 100 ml d'un mélange hydro éthanolique (éthanol/eau) (8/2:v/v) pendant 48 h avec agitation, à température ambiante et à l'obscurité. Après filtration, l'éthanol est évaporé sous pression réduite à 40°C pour obtenir la phase aqueuse qui soumise à un lavage plusieurs fois avec un même volume d'acétate d'éthyle suivie d'un séchage par le sulfate de sodium anhydride (Na₂SO₄) puis une filtration. Le solvant est évaporé et l'extrait phénolique brut est repris dans 5ml d'éthanol et conservé à 4°C dans des flacons en verre jusqu'à leur analyse.



Figure III.5: Filtration des extraits d'épicarpes et pulpes de figes



Figure III.6 : Evaporation de l'acétate d'éthyle.

III.2.3. Dosage des phénols totaux

Le dosage des phénols totaux a été effectué par la méthode de Singleton et Ross avec le réactif de folin-Ciocalteu (Singleton,1965), qui lors de l'oxydation des phénols l'acide phosphomolybdate et l'acide phosphotungstate, sont réduits en oxydes bleus de molybdène (Mo_8O_{23}) et tungstène (W_8O_{23}).

100 μl de chaque extrait ont été introduits dans des tubes à essai, suivis de l'addition de 500 μl du réactif de Folin-Ciocalteu (10 fois dilué). Après incubation pendant 5 minutes, 2 ml de carbonates de sodium Na_2CO_3 à 20% ont été ajoutées, puis les solutions ont été secouées immédiatement et sont maintenues à l'obscurité pendant 30 minutes à température ambiante (Figure III.7). L'absorbance de chaque solution a été déterminée à 760 nm contre un blanc sur un spectrophotomètre UV-visible. La teneur en composés phénoliques de chaque extrait a été calculée à partir d'une courbe d'étalonnage de l'acide gallique et exprimée en milligrammes par gramme de la matière sèche équivalent en acide gallique (mg AGE/g MS).

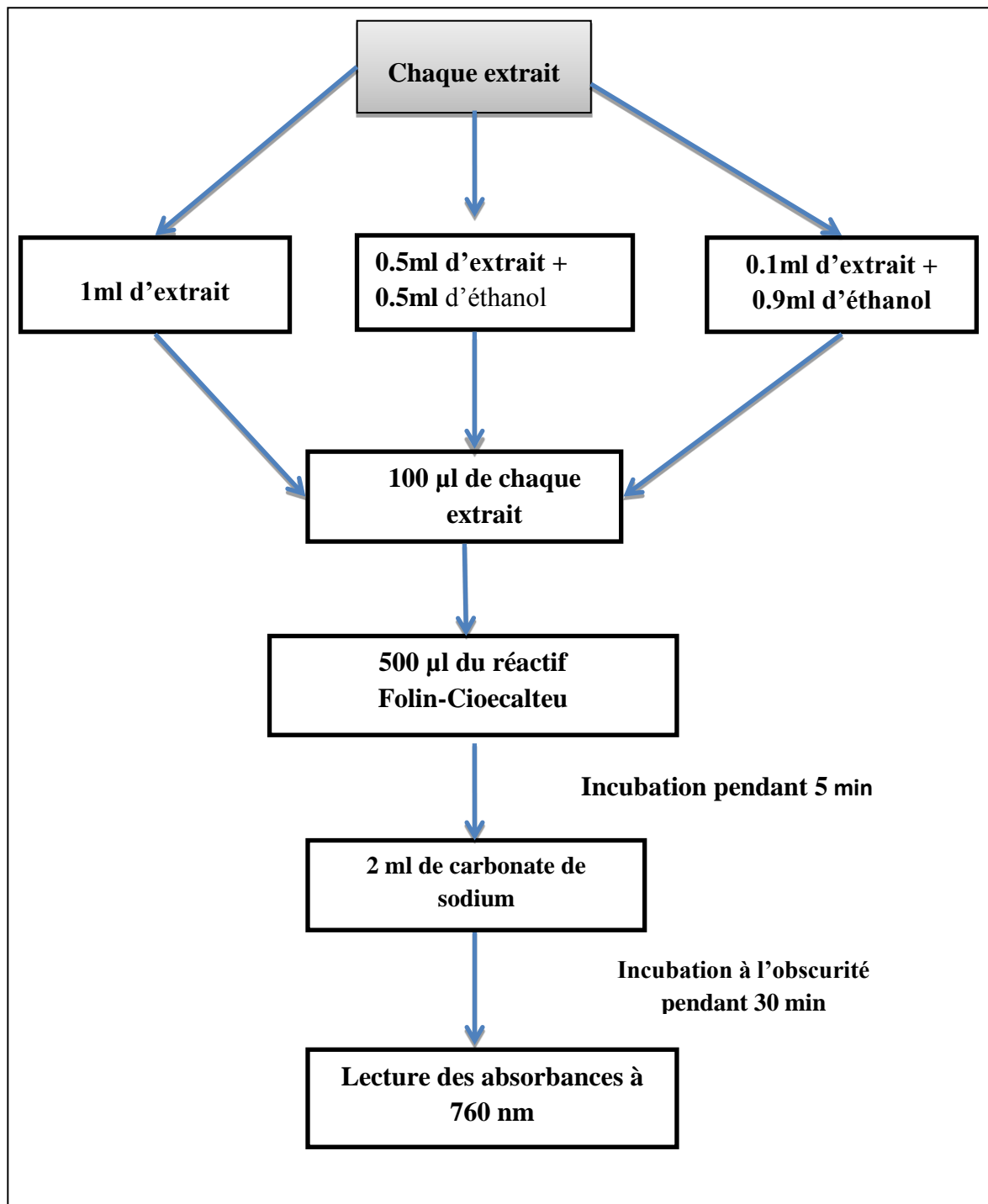


Figure.III.7 : protocole du dosage des polyphénols totaux.

III.2. 4. Dosage des flavonoïdes

La quantification du contenu en flavonoïdes est estimée par la méthode de *Lamaison et Carnat (Djeridane et al., 2006)* en utilisant le tri-chlorure d'aluminium AlCl_3 comme réactif, lors de la réaction le tri chlorure d'aluminium forme un complexe jaune très stable avec les groupements hydroxyyles OH des phénols (Figure III.8).

500 μl de chaque extrait dilué est ajouté à 500 μl d'une solution méthanolique de chlorure d'aluminium AlCl_3 à (2%). Après une incubation de 20 min à l'obscurité, l'absorbance du mélange réactionnel a été mesurée à 430 nm contre un blanc. La teneur en flavonoïdes totaux des extraits a été exprimée en mg par g équivalent de rutine (mg RE/100g MS).

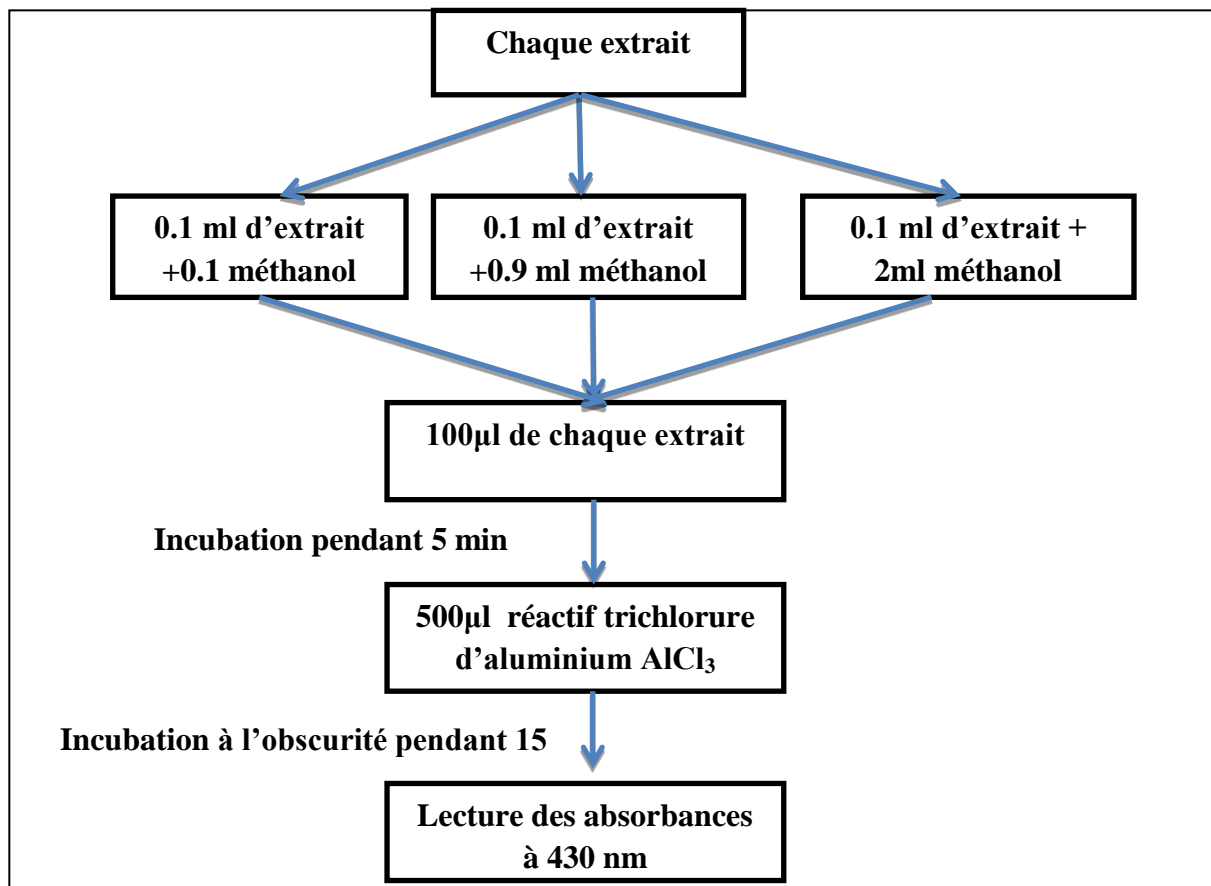


Figure III.8 : Protocole du dosage des flavonoïdes totaux.

III.3. Evaluation de l'activité antioxydante par la méthode de phosphomolybdate

La capacité antioxydante totale (TAC) des extraits est évaluée par le test de phosphomolybdate (PPM) décrit par **Prieto et al (1999)**. Le test du phosphomolybdate est un essai direct qu'on emploie principalement pour mesurer la possibilité et la puissance des antioxydants non enzymatique.

Ce test nous a permis d'évaluer le statut oxydatif, en utilisant les antioxydants présents dans les extraits comme réducteurs dans une réaction redox colorimétriques. Il est basé sur la réduction de Molybdate (VI) en Molybdate (V), en présence des composés antioxydants en raison de la présence de groupes donneurs d'électrons tels que les groupes hydroxy et le groupe méthoxy à l'anneau de phényle substitué et la formation subséquente d'un complexe verdâtre (phosphate/Mo (V)) à un pH acide. La diminution de la coloration du complexe molybdène (VI) est (**Naik et al., 2013**). En effet, 1 ml de chaque extrait dilué est ajouté à 1 ml du réactif phosphomolybdique (28 mM de phosphate de sodium, 4 mM de molybdate d'ammonium et 0,6 M d'acide sulfurique), puis le mélange est placé dans un bain marie à une température de 70 °C pendant 90 min (Figure III.9). Après refroidissement, l'absorbance est mesurée à 695 nm contre un blanc. Les résultats sont exprimés par mg équivalents vitamine C par gramme de la matière sèche (mg VCEAC/ g MS).

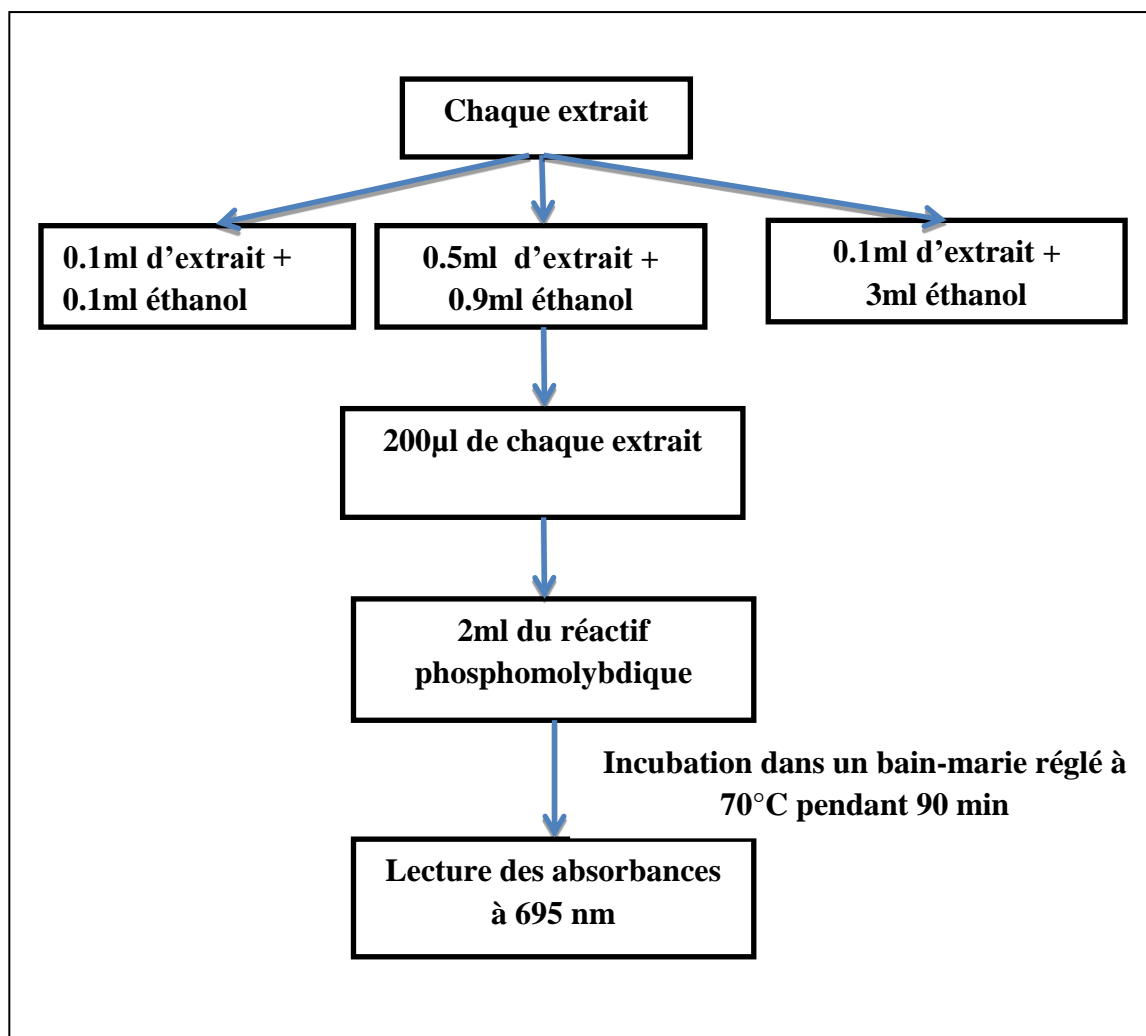


Figure III.9 : Protocole d'évaluation de pouvoir antioxydante des extraits phénoliques des pulpes et épicarpes de figue noire et verte par le test phosphomolybdate.

Chapitre VI

Résultats et discussions

VI. Résultats et discussions

VI.1. Détermination du rendement en lipides

D'après les résultats de (**Tableau VI.1 et Figure VI.1**), le rendement des lipides de deux variétés de figue varie de 1.78-3.58% MS correspond les pulpes de figue verte et celui de figue noire respectivement. Les caractéristiques organoleptiques des extraits lipidiques d'épicarpes et pulpes de deux variétés de figue sont présentées dans le **Tableau VI.1**.

A la lumière de résultats obtenus, il est bien clair que les pulpes sont plus riches en lipides que les épicarpes dans les deux variétés de figue. De plus, la figue noire semble plus riche en lipide que la figue verte, ce qui est traduit par (**la figure VI.2**) où le rendement des lipides présenté par l'épicarpe et la pulpe de figue noire est supérieur que celui présenté par l'épicarpe et la pulpe de figue verte.

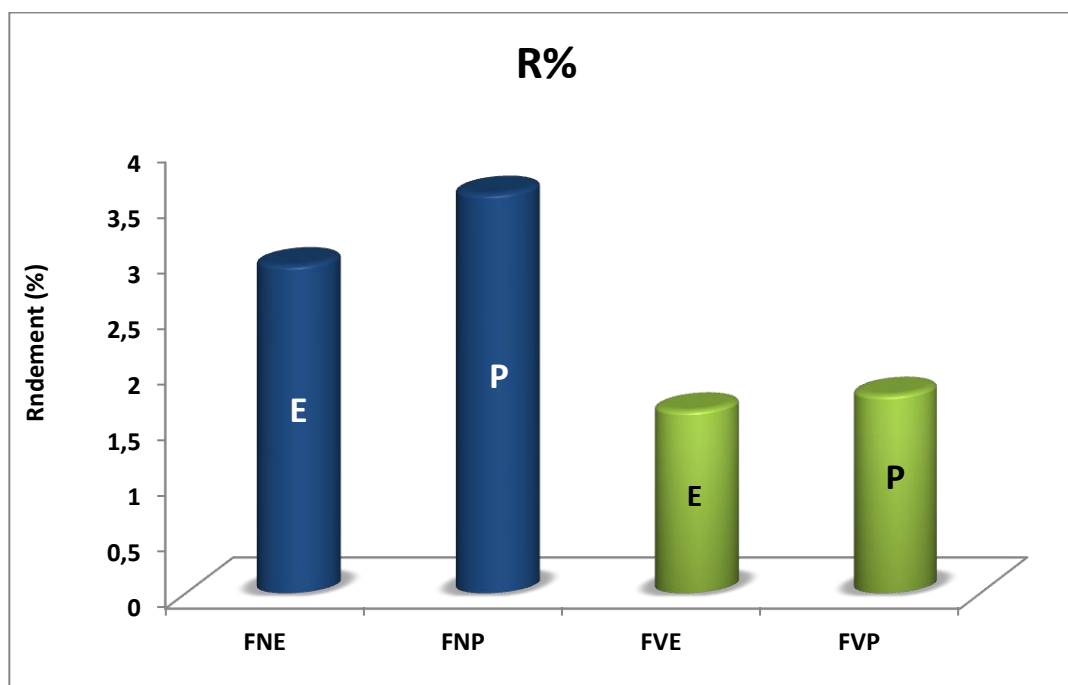
Ce rendement est faible par rapport à celui enregistré par (Hachani, 2014), où elle a montré que l'extraction des lipides influe par la méthode d'extraction et le solvant utilisé. Le meilleur rendement est obtenu lors une extraction par Soxhlet. Toutefois, cette huile est riche en tocophérols, stérols et des acides gras (**Hachani, 2014**).



Figure VI.1 :les lipides des extraits phénoliques

Tableau VI.1 : Caractéristiques organoleptiques des extraits lipidiques de figue

	Aspect	Couleur	R%
FNE	Pâte	Jaune claire	2,94
FNP	Pâte	Jaune vert	3,58
FVE	Pâte	Vert foncé	1,64
FVP	Pâte	Marron verdâtre	1,78

**Figure VI.2** : Rendement des lipides extrait des figes noires et vertes.

VI.2. Quantification des composés phénoliques

VI.2.1. Rendement de composés phénoliques

Les extraits phénoliques ainsi obtenus par macération à froid de poudre délipidés des épicarpes et de pulpes de figue noire et celle de figue verte d'origine d'El-Mniaa présentent généralement un aspect pâte visqueux de couleur Jaune-Vert, Jaune clair et Marron jaunâtre et

l'odeur de figue avec des rendements qui varient entre 0.394% et 4.518% pour les pulpes de figue noire et épicarpes de figue verte respectivement (**Figure VI.3** et **Figure VI.4**).

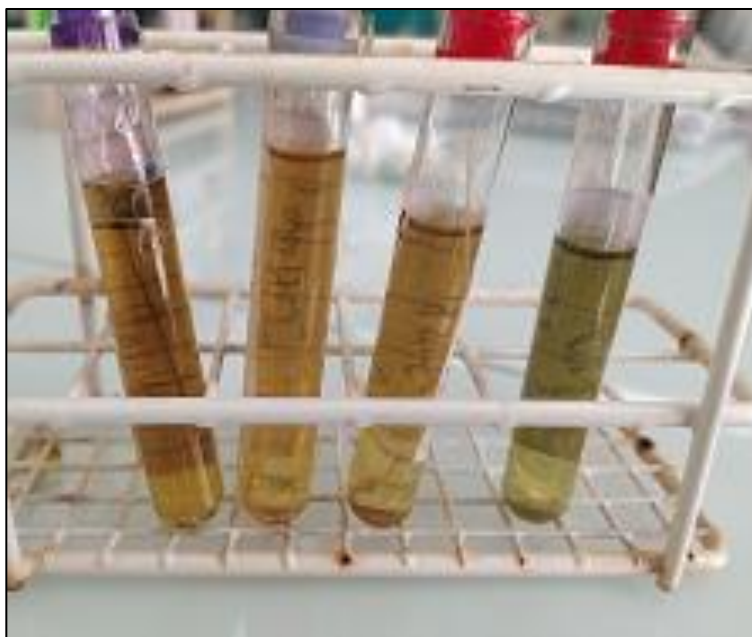


Figure VI.3 : Les extraits phénoliques des échantillons étudiés de figue noire et verte.

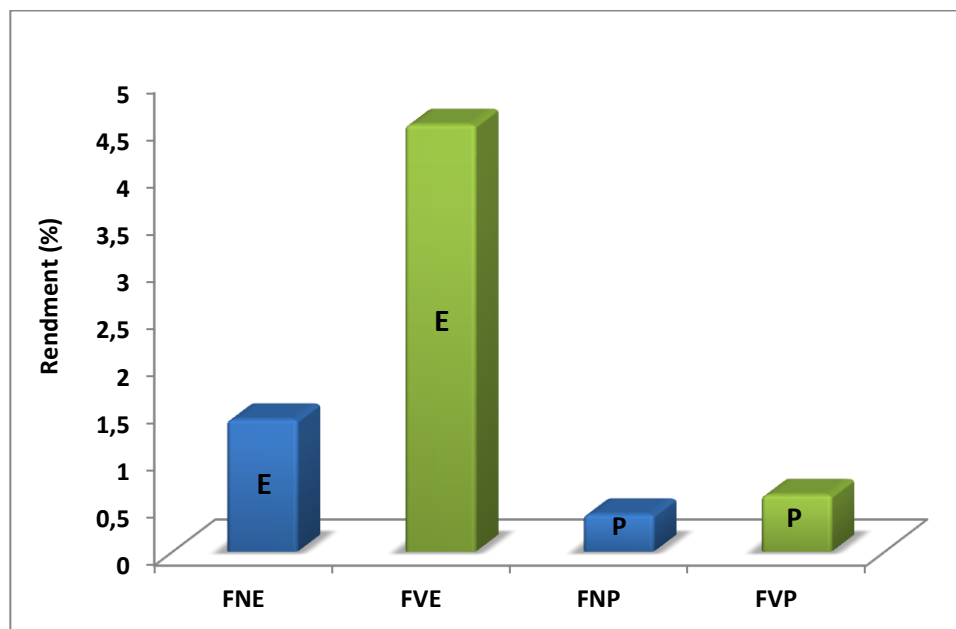


Figure VI.4 : Variabilité de Rendement en polyphénols dans les extraits des figes.

VI.2.2. Teneur en composés phénoliques de figue

La teneur en composés phénoliques de chaque extrait de figue a été alors calculée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour les polyphénols totaux et de la rutine pour les flavonoïdes. Les résultats obtenus sont regroupés dans le (Tableau VI.2).

Tableau VI.2: Teneur en phénols totaux et flavonoïdes de figue

	R (%)	Teneur en phénols totaux (mg AGE/g MS)	Teneur en flavonoïdes (mg RE/g MS)
FNE	1.399	5.945	1.391
FNP	0.394	8.957	3.018
La FVE	4.518	5.941	2.135
FVP	0.599	0.298	4.187

synthèse de ces résultats, montre que le taux le plus élevés en composés phénoliques est celui enregistré par l'épicarpe de figue. Néanmoins, les pulpes de deux variétés marquent des les taux les plus bas. Quelque soit les résultats trouvées, l'épicarpe de figue verte présente le meilleur rendement en polyphénols.

D'après ces résultats, la teneur en polyphénols est variée entre 0.298-8.957 mg AGE/g MS concernant FVP et FNP respectivement. Il apparut que les pulpes de figue noire est le plus riche en composés phénoliques suivie d'épicarpe de figue noire et verte. Cependant les pulpes de figue verte présentent (Figure VI.5 et Tableau VI.2).

Contrairement aux flavonoïdes, le taux le plus élevé a été détecté dans les pulpes de figue verte (4.187 mg RE/gMS) qui présente la teneur la plus faible en polyphénols. La teneur en flavonoïdes dans les épicarpes et les pulpes de figue noire et verte est de l'ordre de (1.391-4.187 RE/gMS). On peut classer la teneur en flavonoïdes dans nos extraits comme suit : FVP>FNP>FVE>FNE.

On peut constater alors, que les épicarpes de nos figes sont plus riches en polyphénols que leur pulpes.

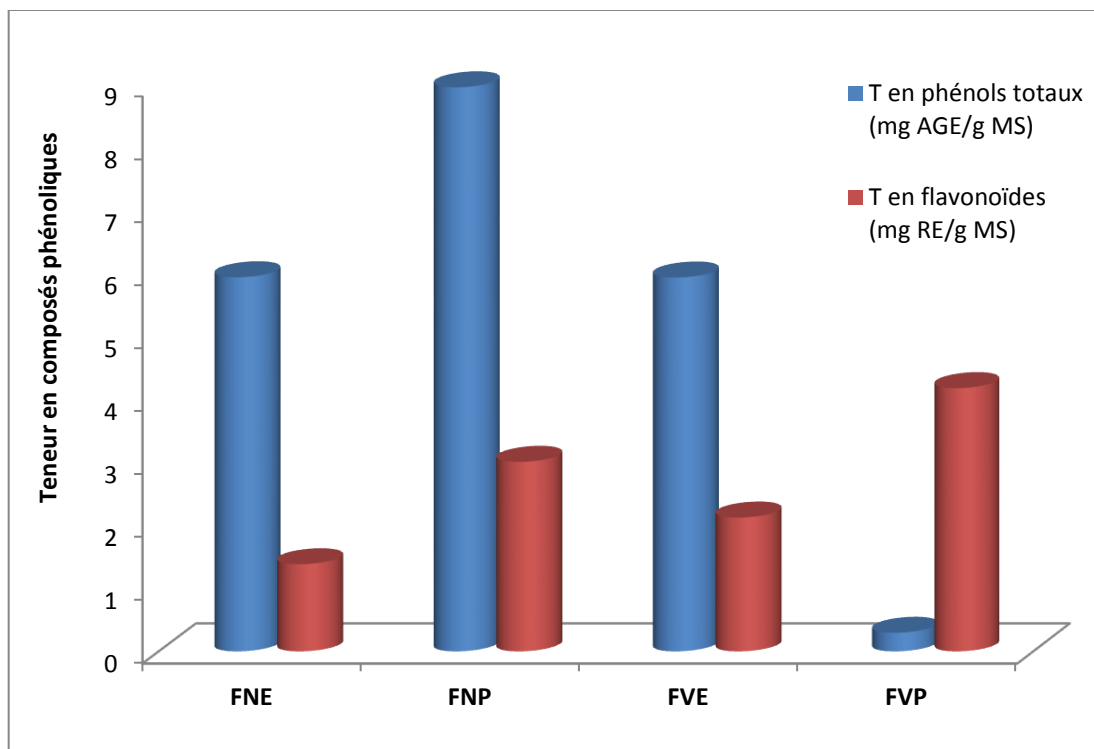


Figure VI.5 : Variabilité de Teneur en composés phénoliques des extraits d'épicarpe et pulpe de fige noire et verte.

VI.3. Evaluation de l'activité antioxydante par le Test du phosphomolybdate

La méthode de phosphomolybdate nous a permis d'évaluer le pouvoir antioxydant des épicarpe et pulpe de fige noire et celui vert d'origine de El-Menia.

Les valeurs de pouvoirs réducteurs des extraits phénoliques de deux variétés de fige allant de (0.103 à 2.176 VCECA), les taux les plus élevés ont été détectés pour l'extrait des pulpes de figes noires avec une efficacité deux (2) fois d'efficacité de la vitamine C, qui contient le taux le plus élevé en polyphénols (8.957 mg AGE/g MS). Tandis que, l'extrait d'épicarpe de fige noire montre l'efficacité la plus faible (**Tableau VI.3 et Figure VI.6**).

Cette activité est peut être attribuée par leur richesse en composés phénoliques dont on a montré précédemment (Figure VI.5). On peut classer l'efficacité oxydatifs de nos extraits comme suite : **FNP > FVP > FVE > FNE**.

Tableau VI.3: Valeurs de pouvoir réductrice des extraits phénoliques vis-à-vis le test de phosphomolybdate.

	T (VCEC)
FNE	0,103 ±0.02
FVE	1,055 ±0.07
FNP	2,17 ±0.04
FVP	1,539 ±0.01

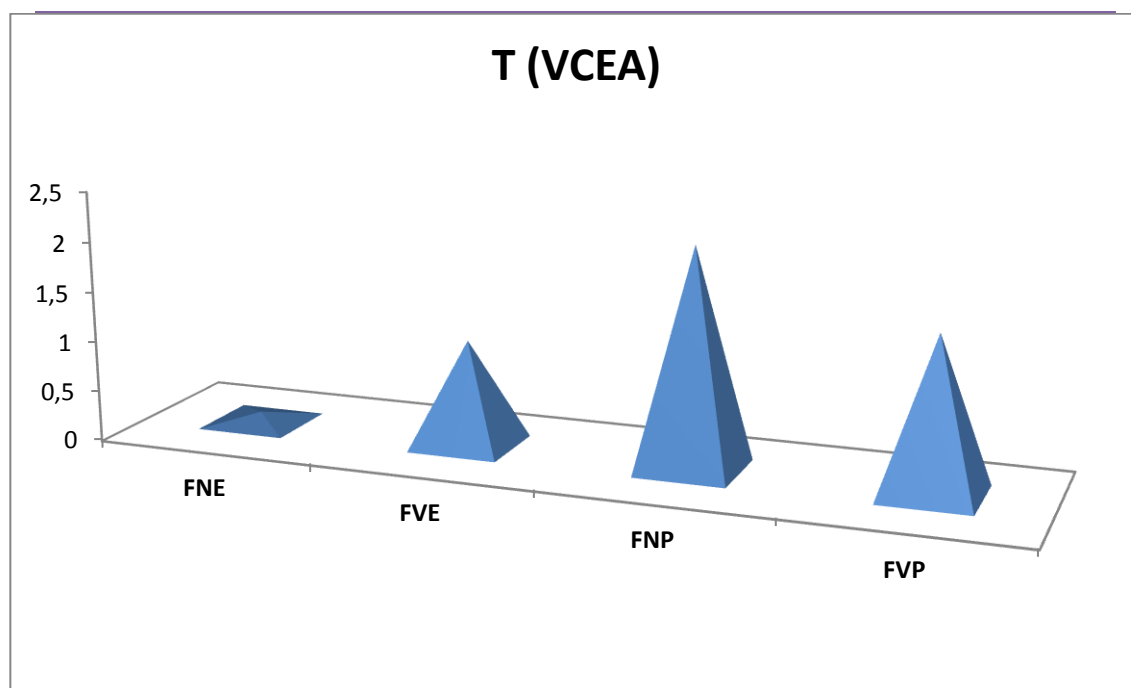


Figure VI.6 : Variabilité de capacité antioxydante des extraits phénoliques d'épicarpes et pulpes de figue noire et verte.

Selon Chung et *al.* (2006), certain sucres (glucose et fructose) et acides aminés peuvent modifier le pouvoir réducteur et agir comme antioxydant.

A l'essor de ces résultats, peut être on peut considérer les extraits des épicarpes et pulpes de figue noire et verte comme un agent oxydatif sert à protéger nos corps de dommage causé par les radicaux libres ou entrer dans des applications agroalimentaires et industriels.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Comme l'olivier, le dattier, la grenade et la vigne, le figuier est étroitement associé aux anciennes sociétés méditerranéennes, et sans doute de façon privilégiée aux espaces africains. Par delà civilisations et religions, le figuier et son fruit restent au cœur des croyances, des coutumes, des pratiques qui évoquent ses vertus pharmacologiques, protectrices et régénérantes.

Ficus carica constitue une source importante de certains composés bioactifs, en particulier les composés phénoliques qui présentent à l'heure actuelle un vaste axe de recherche qui englobe les différents spécialités (chimie, médecine, biologie et plus) afin d'isoler, de purifier, identifier puis investiguer ces principes actifs que les plantes médicinales, les fruits, les légumes et même les graines contiennent en différents pourcentage.

Ce travail alors vise à valoriser la figue noire et verte d'origine de l'El-Menia (Ghardaïa) via la quantification des composés phénoliques des pulpes et épicarpes de ce fruit, extrait par macération à froid avec l'éthanol 80% puis d'étudier l'activité antioxydante de ces extraits.

- ✓ La teneur en polyphénols totaux dans les extraits varie de 0.298-8.957 mg AGE/g MS.
Les pulpes de figue noire présente la teneur la plus élevée suivie d'épicarpe.
- ✓ La quantité des flavonoids totaux est de l'ordre de 1.391-4.187 mg RE/g MS. Les pulpes de figue sont plus riches en flavonoïdes que leurs épicarpes.
- ✓ L'évaluation de capacité antioxydante de nos extraits phénoliques par la méthode de phosphomolybdate nous permet de constater que les pulpes de figue possèdent un pouvoir réductrice 2 fois de celle présenté par la vitamine C de part leur richesse en composés phénoliques lui attribuent des effets pharmacologiques et biologiques intéressants.

Ce travail est intéressant à plus d'un titre car nous avons non seulement réussi à extraire des polyphénols d'une plante sacré bien connue pour son large utilisation, mais aussi à évaluer son activité antioxydante. Ce résultat peut être expliqué que les extraits étudiés renferment des

Conclusion Générale

composés phénoliques de structure chimique différente et que l'activité antioxydant étudiée car ce test ne Dépend pas obligatoirement de la concentration des composés phénoliques.

Afin déterminer les composés responsables de ces effets afin de bien valoriser cette plante qui est l'une des plantes décrite en Coran utilisée pour des fins thérapeutiques et agro-alimentaires. Enfin, cette étude valide scientifiquement l'usage traditionnel de cette plante utilisée et révèle son intérêt dans le cadre de l'exploitation de la flore végétale d'Algérie.

V. Références bibliographiques

V. Références bibliographiques

V. Références bibliographiques

Abene A., Dubois V., Si-Youcef M. et Leray M. (2005). Etude expérimentale de capteurs solaires a air : le séchage de la figue. *Technologies Avancées*, 17 :15-28.

Amić D., Davidović -Amić D., Beslo D. et Trinajstić N, (2003), Structure-Radical scavenging activity relationships of flavonoids, *Croatica Chemica Acta*, 76 (1) 55-61.

Aurousseau. B. 2002. Les radicaux libres dans l'organisme des animaux d'élevage: conséquences sur la reproduction, la physiologie et la qualité de leurs produits, INRA. *Prod. Anim.*, Vol 15, p 67-82.

B, Ben selhoub i sitouf. « *Elaboration de lait aromatisé à base de sirop de figues séchées* ». 2021. thèse de Doctorat, nutrition et sciences, Université Mohamed Boudiaf-M'sila. (2021)..

Badgujar et al ,2014, "Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Ficus carica*: A review", *Pharm Biol.*; 52(11): 1487–1503.

Boizot, N., & Charpentier, J.P, (2006), "Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier", *Le Cahier des Techniques de l'INRA* ,79-81.

Bourayou, K., Bouzid, L., Azzouz, M., Boukari, N., Saibi, Z., Khamellah, O, (2005), "Possibilité de réhabilitation du figuier (*Ficus carica* L.) en fonction de ses ressources génétiques en conditions agronomique et socioéconomique Algérienne", Séminaire International Sur l'amélioration des Productions Végétales, INRA-Alger, Algeria.

Bruneton, J,(1999), "Pharmacognosie," *Phytochimie. Plantes médicinales, édition Tec-Doc, Paris.*

Caliskan, O., & Polat, A.A, (2012), Morphological diversity among fig (*Ficus carica* L.) accessions sampled from the eastern Mediterranean region of Turkey, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36, 179-193.

Chung .Y,Chien.C ,Teng.K et Chou.T ,(2006),Antioxidant and mutagenic properties of *Zanthoxylum alanthoides* Sieb and Zucc ,*Food Chemistry*, 97:418-425.

V. Références bibliographiques

- Del Caro A. et Piga A, (2008)**, Polyphenol composition of peel and pulp of two Italian fresh fig fruit cultivars (*Ficus carica* L), *European Food Research Technology*, 226: 715-719.
- Derbel, S., & Ghedira, K, (2005)**, Les phytonutriments et leur impact sur la santé,*Phytothérapie*, 3(1), 28-34.
- Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., Vidal N,2006**, Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds, *Food Chemistry* 97:654–660.
- Doymaz. I, (2005)**, Sun drying of figs: an experimental study, *Journal of Food Engineering*, 71 (4), 403–407.
- Dueñas, M., Pérez-Alonso, J. J., Santos-Buelga, C., & Escribano-Bailón, T, (2008)**,Anthocyanin composition in fig (*Ficus carica* L.),*Journal of Food Composition and Analysis*, 21(2), 107-115.
- Flaishman. M. A., Rodov, V., & Stover, E, (2008)**, The fig: botany, horticulture, and breeding , 34,119-125.
- Hachani S,** « Etude comparative de l'activité antioxydant des extrait lipidiques et phénolique de quelques variétés de figue locale. Mémoire de master .Université de Laghouat.2014.
- Haesslein. D., & Oreiller. S , (2008)**, Fraîche ou séchée, la figue est dévoilée. Filière Nutrition et diététique. *Haute Ecole de Santé Genève*, 1-4.
- Hussain. S.P, Hofseth. L.J, Harris. C.C, (2003)**, Radical causes of cancer, *Nat. Rev. Cancer*, 3, 276–285.
- Iserin, P.,Masson,M., Restellini, J. P. et Ybert ,E,(2001)**,Encyclopédie des Plantes Médicinales, Larousse.
- Jean-Jacques, M ,(1996)**, Les composes phenoliques des vegetaux : quelles perspectives à la fin du XXeme siecle , *Acta Botanica Gallica* , 473-479.

V. Références bibliographiques

Kutchan T.M., Gershenzon J., Møller B.L., Gang D.R., 2015, Natural products, *in* Buchanan B.B., Gruissem W., Jones R.L., Biochemistry & molecular biology of plants, John Wiley & Sons, UK.

Lansky E.P., Helena M.P., (2011), “Figs The Genus Ficus Traditional Herbal Medicines for Modern Times” . Volume 9, by Taylor and Francis Group, LLC New York USA.

M. Valko, C.J. Rhodes, J. Moncol, M. Izakovic, and M. Mazur, Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem Biol Interact*, 2006. 160(1): p. 1-40.

Macheix J-J, Fleuriet A et Allemand C J, (2005), Les composés phénoliques des végétaux « un exemple de métabolites secondaires d'importance économique ». *Ed ; Presse polytechniques et universitaires romandes* ,192.

Mahmoudi, S., Khali, M., Benkhaled, A., Boucetta, I., Dahmani, Y., Attallah, Z., & Belbraouet,S,(2018), Fresh figs (*Ficus carica* L.): Pomological characteristics, nutritional value, and phytochemical properties. *European Journal of Horticultural Science*, 83(2), 104-113.

Marfak, A , (2003) , Radiolyse gamma des flavonoïdes, étude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools : formation de depsides, Thèse de doctorat : Faculté de médecine et Pharmacie, France : Université de Limoges, 220 p.

Martin, S., & Andriantsitohaina. L,(2002), Mécanisme de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium, *Annales de cardiologie et d'angiologie*, 51(6), 304-315.

Mawa, S., Husain, K., & Jantan. I, (2013), *Ficus carica* L.(*Moraceae*): phytochemistry, traditional uses and biological activities. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 1-8.

Mehraj, H., Sikder, R. K., Haider, M. N., Hussain, M. S., & Jamal Uddin, A. F. M. (2013). Fig (*Ficus carica* L.): a new fruit crop in Bangladesh. *International Journal of Business, Social and Scientific Research*, 1(1), 1-5.

Michel A., (2002). La rousse agricole, Livre imprimé : Français : [4e éd.]

V. Références bibliographiques

- Mohanad ait Youssef ,(2006)**, plantes médicinales de Kabylie, Ed Ibis Press, 2006 Paris P140.
- Neal M.C., 1965** “In Gardens of Hawai'i. Bernice P. Bishop Museum, Special Publication 40, Honolulu, HI.
- Nijveldt R J., Nood E.V., Hoorn D.E.C.V., Boelens P.G., Norren K.V. et Leeuwen P. A.M.V. ,(2001)**, Flavonoids : a review of probable mechanisms of action and potential applications, *Clinical Nutrition*, 74: 418-25.
- Orzechowski A., Ostazewski P., Jank M. et Berwid S.J, (2002)**, Bioactive substances of plant origin in food - impact on genomics, *Reproduction Nutrition Développement*, 42:461-477.
- Oukabli, A , (2003)** , « Le Figuier : un patrimoine génétique diversifié à exploiter. L'Institut national de la recherche agronomique (INRA) », *Transfert de technologie en agriculture*, 106(4).
- P. Prieto, M. Pineda, and M. Aguilar ,(1999)**, Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical biochemistry*,269(2): p. 337-341.
- Pengelly A., (2004)**, The constituents of medicinal plants an introduction to the chemistry and therapeutic of herbal medicines, Ed. Allen et Unwin, Australie, 172 p.
- Rahali.A et Khelifi F** « Biodiversité et multiplication in vitro de figuier *Ficus carica L* », Master en Biodiversité Végétale. Université de M'sila, 2019.
- Rahman I, 2002**, Oxidative stress and gene transcription in asthma and chronic obstructive pulmonary disease: antioxidant therapeutic target, *Curr Drug Targets Inflamm Allergy*, 1(3), p 291-315.
- Rameau, J. C., Mansion, D., & Dumé, G,(2008)**,*Flore forestière française: guide écologique illustré. Région méditerranéenne 3*, Forêt privée française.
- RIBÉREAU-GAYON, P,1968**, Propriétés chimiques des phénols, Applications aux produits naturels. *Les composés phénoliques des végétaux*,Dunod, Paris, France. pp, 28-57.
- Ronsted N, Weiblen GD,Savolainen V, Cook JM ,(2008)**,Phylogénie,biographie et l'écologie de Ficussection Malvanthera(Moraceae) Phylogenetics moléculaire et évolution ; 48 . (1) :12-22.

V. Références bibliographiques

Ross J.A. et Kasum C.M, (2002), Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effect, and safety, Annual Review of Nutrition, 22:19-34.

SAADI et al , « Neurotoxicité induite par la deltaméthrine chez les rats et l'effet préventif d'un extrait d'une plante médicinale sur cette toxicité », Thèse de doctorat, Université laarbi tebessi tebessa, (2020)

Sanchez-Moreno C. 2002.Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. Food Science and Technology International, 8(3), 121-137.

Singleton V.L. and Rossi Jr., J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Vitic. 16:144-158.

Soong Y. Y. and Barlow P. J. 2004. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. Food Chemistry 88 (3): 411-417.

Trueba L.G.P. (2003), Los flavonoides: Antioxidantes O prooxidantes, Cubana Invest Biomed, 22(1): 48-57.

V. Naik, V. M. Shalaev, et A. Boltasseva,2013, “Alternative plasmonic materials : beyond gold and silver”, Advanced Materials, vol. 25, no. 24, pp. 3264–329

V. V. Patil, S. C. Bhangale, and V. R. Patil.(2010) ,“Evaluation of antipyretic potential of Ficus carica leaves ,interne J Pharm Rev Res ,2010,1(2).48-50.

Veberic R., Colaric M., Stampar F,(2008), Phenolic acids and flavonoids of fig (*Ficus carica* L.), in the northern Mediterranean region. Food Chemistry, 106: 153-157.

Vermerris W., et Nicholson R., 2006, Phenolic compound biochemistry, Springer, Netherlands, 276p.

Vinson J A., Zubik L., Bose P., Samman N. et Proch J, (2005), Dried Fruits: Excellent *in vitro* and *in vivo* Antioxidants, Journal of the American College of Nutrition, 24: 44-50.

Vinson J.A , (1999),The functional food properties of figs, American Association of cereal Chemistry, 44 (2): 82-87.

V. Références bibliographiques

Walali, L., Skiredj, A., & Alattir, H, (2003) , Fiches Techniques: L'amandier, l'olivier, le figuier, le grenadier. *Bulletin de Transfert de Technologie en Agriculture*, 105, 3-4.

Xu D.P., Li Y., Meng X., Zhou T., Zhou Y., Zheng J., Zhang, J.J., et Li H. B, (2017) , Natural antioxidants in foods and medicinal plants: Extraction, assessment and resources. *International Journal of Molecular Sciences*, 18, 1: 96.

Yepez B., Espinosa M., López S. and Bolaños G., (2002), Producing antioxidant fractions from herbaceous matrices by supercritical fluid extraction, *Fluid Phase Equilibria* 194-197, 879-884.

ANNEXES

IV. Annexes

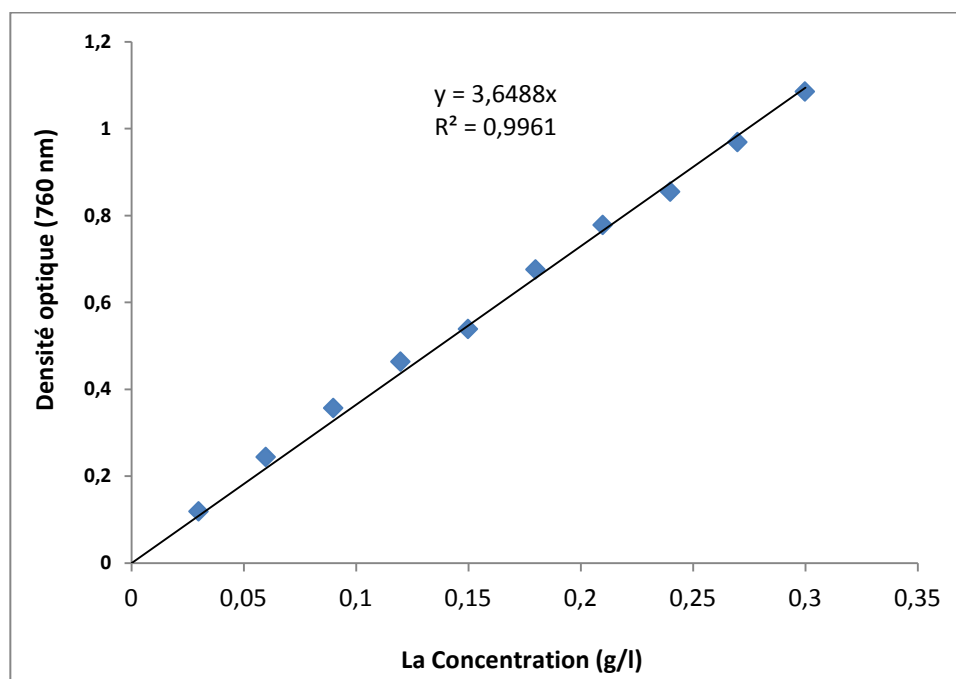


Figure 1 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

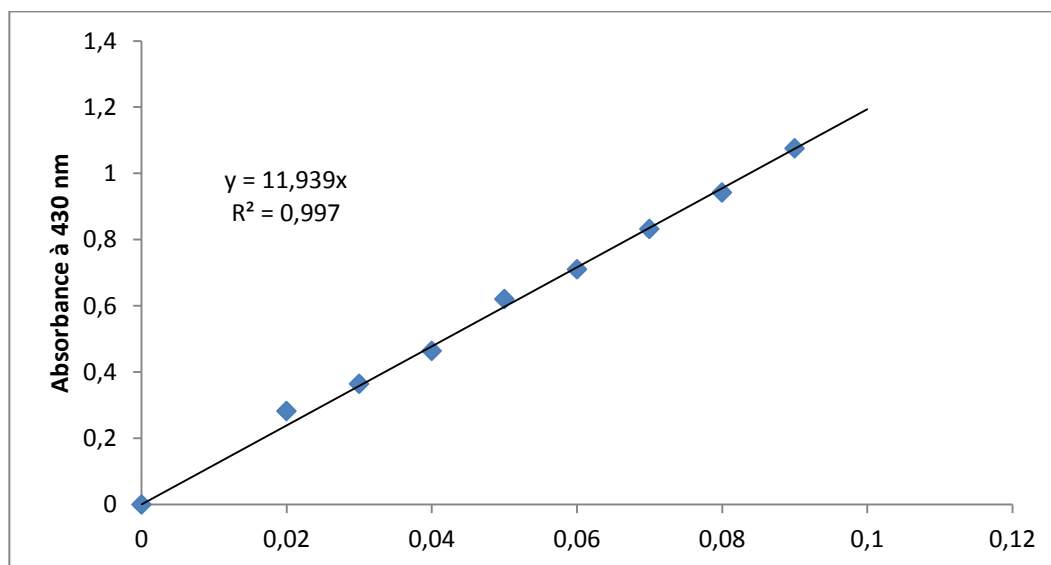


Figure 2 : Courbe d'étalonnage de la rutine.

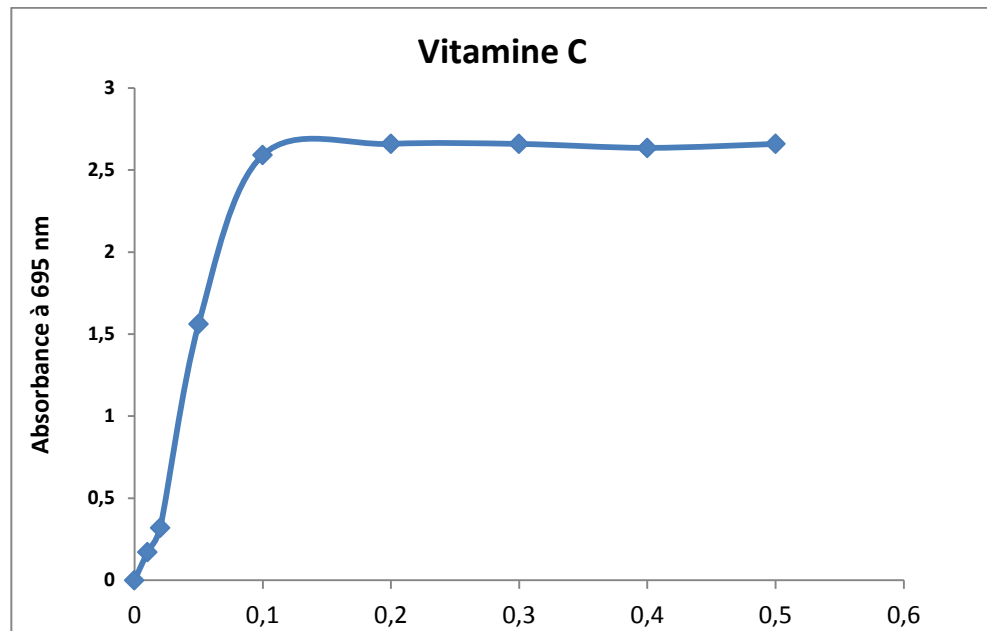


Figure 3 : Courbe d'étalonnage de la vitamine C par le test phosphomolybdate.

ANNEXES

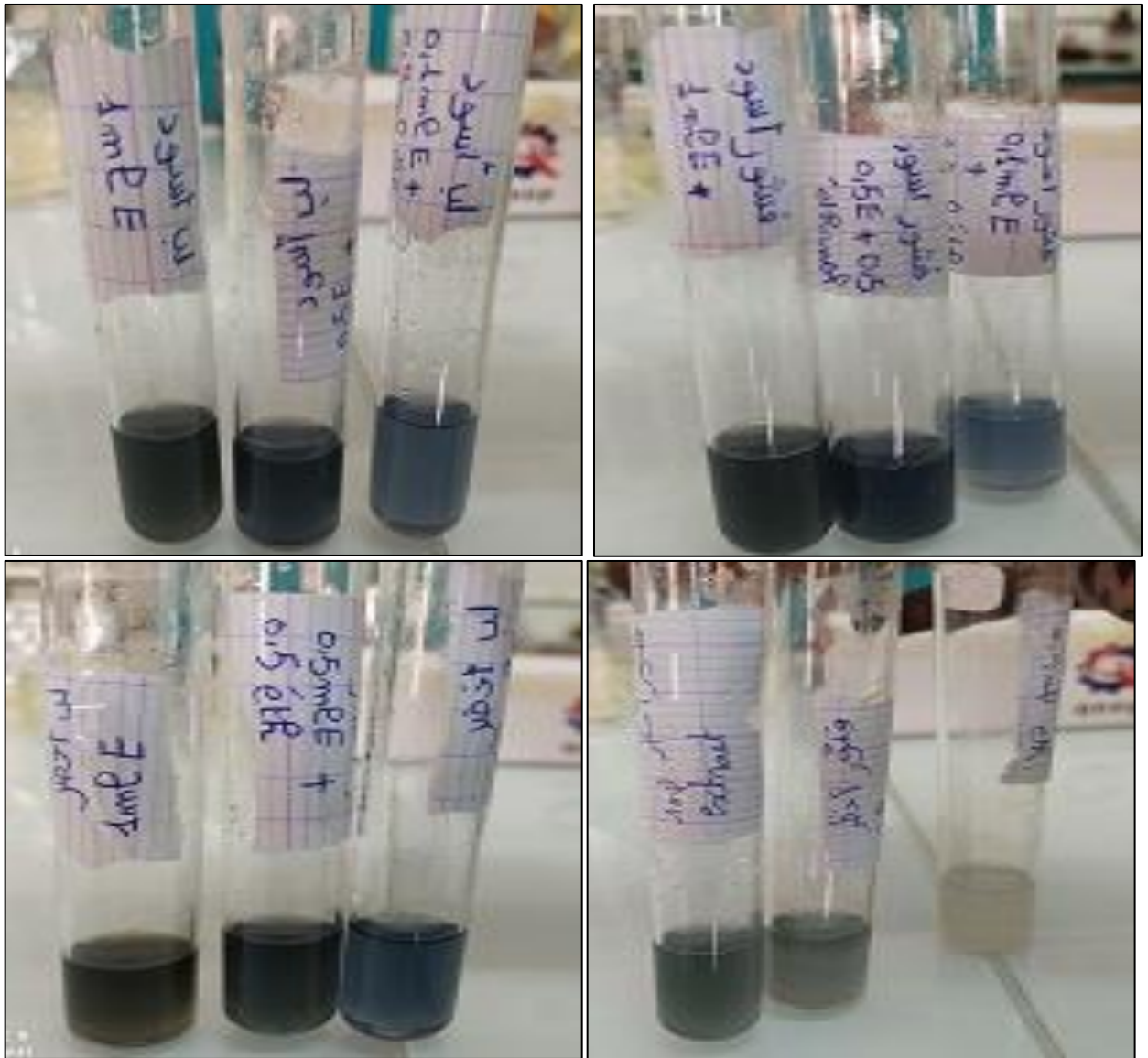


Figure 3: Les solutions après ajout de réactif folin-ciocalteau.

Produits chimiques et réactifs

ANNEXES

Tableau.1. Standards et réactifs utilisés dans ce travail

produit	firme
Acide gallique ; Carbonate de sodium ; chlorure d'aluminium (AlCl ₃);	Biochem
méthanol ;n-hexane	GPR RECTAPUR
ammonium heptamolybdate tetrahydrate ; Acitate éthyle ;	AnalaR Normapur
Phosphate sodium ; Acide sulfurique ;	Fluka
Ethanol	Riedel-de-Haen
vitamine C(acide ascorbique) ; réactif de folin-ciocalteau ; rutine	Sigma aldrich
Papier filtre qualitative 125mm	

Appareillage utilisée :



Balace de précision



spectrophotomètre UV-Visible



Rotavapeur



Bain Marie



Agitateur



Agitateur

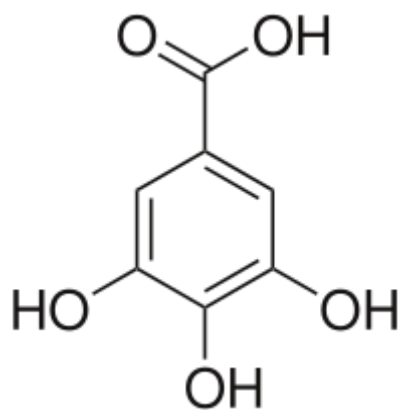
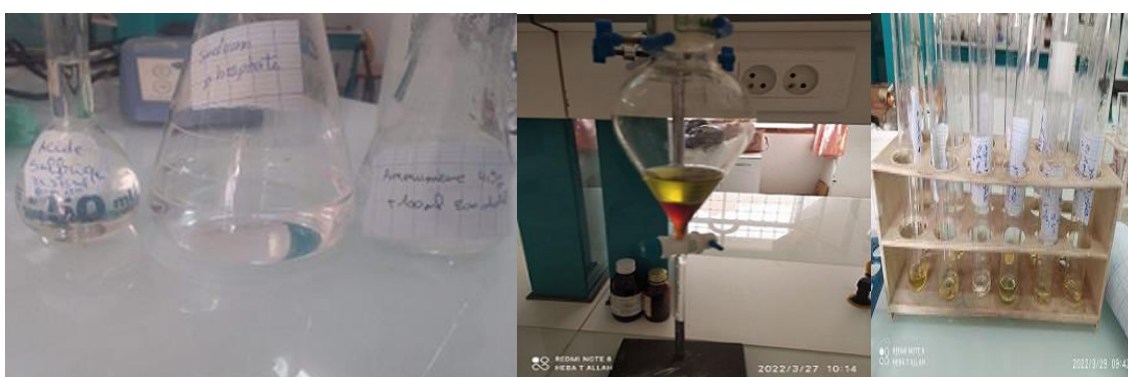
Tbleau.II.Préparation des solutions

ANNEXES

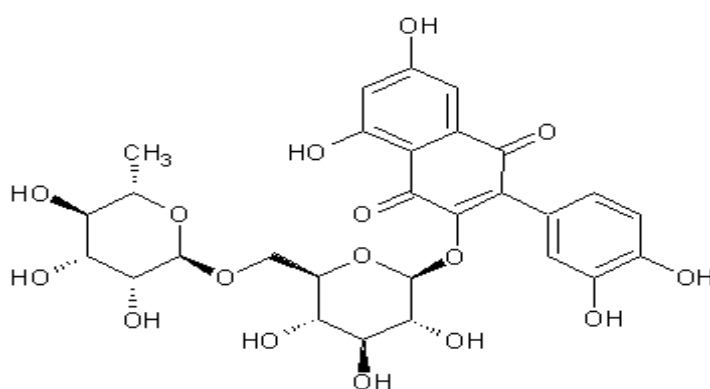
Solutions	réactifs
Solution de Folin-Ciocalteu diluée (10fois)	5 ml de Folin Ciocalteu ajuster jusqu'à 45 ml avec l'eau distillée
Solution de carbonates de sodium (Na₂CO₃) à 5 % :	5 g de la poudre de Na ₂ CO ₃ dissout dans 100ml l'eau distillée.
Solution de trichlorure d'aluminium (AlCl₃) à 2% :	2 g de la poudre d'AlCl ₃ hydrate dissout dans 100ml de méthanol.
Solution de acide sulfurique H₂SO₄ :	33.315g de la poudre de H ₂ SO ₄ dans 20 ml de l'eau distillée.
Solution de sodium phosphate NaH₂PO₄(28 mM)	4.3g de NaH ₂ PO ₄ (28 mM) dissout dans 100ml l'eau distillée.
Solution de Ammonium molybdate(4 mM)(NH₄)₆Mo₇O₂₄	4.9g de Ammonium molybdate(4 mM)(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ dissout dans 100ml l'eau distillée.
Solution de acide gallique	0.005g de Acide gallique dissout dans 10ml l'eau distillée.
Solution de rutine	de 0.01g de Rutine dissout dans 10ml de méthanol.
Solution de vitamine C (Acide ascorbique)	0.05g de vitamine C dissout dans 100ml l'eau distillée.



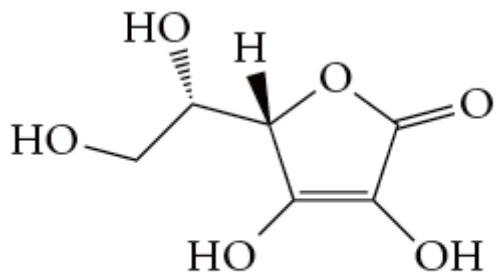
ANNEXES



Acide gallique



Rutine



Acide ascorbique