



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم الكيمياء الحيوية والبيولوجيا الخلوية والجزيئية
Département de Biochimie et Biologie Cellulaire et Moléculaire

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Intitulé :

**Étude phytochimique et l'évaluation des activités biologiques de
sept épices consommées en Algérie**

Présenté et soutenu par : BENDERRADJI Rayene

Le : 21/07/2019

GHEDBANE Chaima

Jury d'évaluation :

Présidente : D^r MAAMERI. Z (MCA - UFM Constantine)
Rapporteur : D^r MEBREK. S (MRB - CRBt Constantine)
Examineur : D^r BENSOUICI. C (MRB - CRBt Constantine)

Année universitaire

2018/2019

Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier Dieu le tout puissant qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Ce travail a été réalisé au Centre de Recherche en biotechnologie (CRBT, Constantine). Nous tenons à remercier Dr. Azioune Ammar, Directeur de CRBT qui nous a offert l'occasion de réaliser nos travaux de mémoire au niveau de son établissement.

*Nous tenons à remercier notre encadreur MR, **MEBREK SAAD** pour son aide durant toute la période du travail.*

*Nous tenons aussi à remercier vivement Mme. **MAAMERI ZINEB**, maître de conférences A à l'Université de Constantine 01, Mr. **BENSOUICI CHAWKI**, maître de Recherche B au centre de recherche de la biotechnologie qui nous ont fait un grand honneur en acceptant d'examiner ce mémoire et de nous avoir accordé leur temps si précieux pour apprécier et juger ce travail.*

*Un grand remerciement pour Mr. **BENSOUICI CHAWKI**, responsable du laboratoire de Biochimie et **DEBBI ALI**, responsable du laboratoire de **dephytopathologie** qui nous ont ouvert les portes de leurs laboratoires durant notre stage.*

*Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à M^{lle} **DJEGHIM HANENE**, M^{lle} **BOURAL HASNA**, M^{lle} **KHETTABI LATIFA**, M^{lle} **CHOUH AMINA** et M^{lle} **BOULAHBEL HOUDA** pour la gentillesse, l'aide, les conseils, le temps qu'elles nous ont consacré durant tout le travail.*

*Nos remerciements vont également à Mr. **HAMDIMEHDI** pour son aide durant la période du stage.*

Merci pour tous ceux qui ont participé à la réussite de ce mémoire.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à la mémoire de **MON PÈRE** (رحمه الله)

Qui nous aquittés voilà deuze ans et qui je pense très fière de moi.

A ma chère **MAMAN** qui m'a encouragée durant toutes mes études et sans Qui
ma réussite n'aura pas eu lieu.

A mes chers frères : **ABD ELMOUNAIM** et **YOUNES**

A mes sœurs : **SOUMIA**, **LOUBNA** et **ASSMA**

A ma belle-sœur : **SAMIRA**

A mes adorables neveux : **MOUHAMED**, **TAYME**, **ANES**, **HAMAME**,
WASSIM et **DJABER**.

A toute la famille **GHEDBANE** et **CHETTEB**

Une spéciale dédicace à mon oncle **MOUHAMED CHETTEB** (رحمه الله)

A celles qui J'aime, mes très chères copines : **EYA**, **KHAOULA** et
ROUMEISSA

A mes amies : **OUMEIMA** et **FOUZIA**.

CHAIMA



DEDICACE

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je
dédie ce travail*

*A mon **père** Mon plus haut exemple et mon modèle de persévérance pour aller
toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras et pour son enseignement
continu.*

*A ma **mère** Pour son affection, sa patience, sa compréhension, sa disponibilité,
son écoute permanente et son soutien.*

Mes chers parents que Dieu vous garde.

*A ma chère sœur **Amel** qui m'a encouragée durant toutes mes études*

*A mes chers frères : **Chouaib, Ilyes, Bilel et Ala** pour vous exprimer toute mon
affection et ma tendresse.*

*A mes belles sœurs : **Nadjia, Azza, Zaineb et Houda***

*A mon grand-père : **Abd Elrahmen***

*A mes adorables : **Wail, Monsef, Rahma, Med, Amin, Islem, Amir** et les
nouveaux **Elinna et Djoud**.*

*A mes amies de l'enfance qui j'aime vraiment : **Amira, Soumia et Sonia***

*Une spéciale dédicace à toute la famille **BENDERRAJJI***

*A mais agréables copines : **Eya et Khaoula***

RAYENE



Liste des tableaux

N° de tableau	Titre	Page
01	Classification des épices.	04
02	Les épices sélectionnées avec leurs origines et leurs utilisations culinaires et médicinales.	07

Liste des figures

N° de figure	Titre	Page
01	Les épices	03
02	Balance radicaux libres/antioxydants	10
03	Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène impliqués en biologie	12
04	Régulation de la production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) par les systèmes de défense antioxydants	15
05	Mode d'action des principaux systèmes enzymatiques antioxydants et de leurs cofacteurs métalliques	15
06	Profile d'un vu de la région de Constantine	17
07	Protocole d'extraction	22
08	Protocole de dosage des polyphénols	23
09	Mécanisme de l'interaction du chlorure d'aluminium avec les flavonoïdes	24
10	Protocole de dosage des flavonoïdes totaux	24
11	Transformation du radical DPPH• en DPPH	25
12	Protocole d'évaluation de l'activité du DPPH	25
13	Oxydation de l'ABTS par le persulfate de potassium et génération de ABTS ^{•+}	26
14	Protocole d'évaluation de l'activité de piégeage de l'ABTS	26
15	Réduction du complexe chromogène de Cu ⁺² -Nc	27
16	Protocole d'évaluation de l'activité CUPRAC	27
17	Protocole d'évaluation de l'activité Superoxyde DMSO alcalin	28
18	Protocole d'évaluation de l'activité de blanchissement du β-carotène	29
19	Protocole d'évaluation de l'activité PRAC (<i>Permanganate Reducing Antioxidant Capacity</i>)	30
20	Protocole d'évaluation de l'activité de piégeage du radical Superoxyde (Méthode de Pyrogallol)	31
21	Protocole d'évaluation du pouvoir réducteur	31
22	Protocole d'évaluation de l'activité chélatrice du fer	32
23	Protocole d'évaluation de l'activité chélatrice de Cuivre (CCA)	33
24	Protocole d'évaluation de l'activité GOR	34
25	Protocole d'évaluation de l'activité phenanthroline	35
26	Protocole d'évaluation de l'inhibition de l'alpha amylase	36
27	Protocole d'évaluation de l'inhibition de l'α-glucosidase	37
28	Mécanisme chimique de la méthode d'Ellman	38
29	Protocole d'évaluation de l'activité anticholinestérasique	38
30	Protocole d'évaluation de l'activité anti tyrosinase	39
31	Protocole de préparation d'un milieu PDA	41
32	Préparation des contrôles négatifs et positifs	42
33	L'ensemencement de la souche fongique.	43
34	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.	44
35	Le teneur en polyphénols des extraits bruts des épices.	44
36	Courbe d'étalonnage de la Quercitrine.	45
37	Le teneur en flavonoïdes des extraits bruts des épices.	46

38	valeur d'IC ₅₀ pour l'activité du Piégeage de DPPH des extraits bruts des épices exprimé en µg/ml.	48
39	Profil des microplaques (1) et (2) de l'activité DPPH.	48
40	Valeurs des IC ₅₀ pour l'activité du Piégeage de l'ABTS des extraits bruts des épices.	50
41	Valeurs de A _{0,5} pour l'activité CUPRAC des extraits bruts des épices.	51
42	Valeurs des IC ₅₀ pour l'activité DMSO alcalin des extraits bruts des épices.	51
43	Valeurs de A _{0,5} pour l'activité FRAP des extraits bruts des épices.	52
44	Valeurs des IC ₅₀ pour l'activité de chélation de Cuivre des extraits bruts des épices.	53
45	Valeurs des IC ₅₀ pour l'activité GOR des extraits bruts des épices.	54
46	Valeurs de A _{0,5} pour l'activité phenanthroline des extraits bruts des épices.	55
47	Valeurs des IC ₅₀ pour l'activité inhibitrice de l'alpha glucosidase des extraits bruts des épices.	56
48	Valeurs des IC ₅₀ pour l'activité inhibitrice de l'alpha amylase des extraits bruts des épices.	56
49	Valeurs des IC ₅₀ de l'activité anticholinestérasique.	57
50	Effet de différentes concentrations de la cannelle sur le <i>Fusarium oxysporum</i> .	58
51	Taux d'inhibition de la cannelle et le gingembre vis-à-vis <i>Fusarium oxysporium</i>	59

Liste des abréviations

AA	: Activités Antiradicalaire.
Abs	: Absorbance.
ABTS	: 2.2 Azinobis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid.
AND	: Acide Désoxyribo Nucleique.
BHA	: Butylated hydroxyanisole.
BHT	: Butylated hydroxytoluène.
CCA	: Chélatrice Copper.
CUPRAC	: <i>Cupric reducing antioxydant capacity.</i>
DMSO	: Dimethyl Sulfoxyde.
DO	: Densité optique.
DPPH	: 2.2-diphenyl-1-1-picrylhydrazyl.
EOA	: Espèce oxygénée active.
ERO	: Espèce réactive de l'oxygène.
FCR	: Reactif Folin Ciocalteu.
H₂O₂	: Peroxyde d'hydrogène.
HCl	: Acide hydrochlorique
HO₂•	: Radical hydroperoxyde.
HOCl	: Acide hypochloreux.
CI₅₀	: Concentration inhibitrice à 50%.
IKI	: Potassum iodide.
LDL	: Low density lipoprotéin.
MeOH	: Méthanol.
NBT	: Nitrobleutetra zolium.
NC	: Neocuproine.
NO•	: Monoxide d'azote.
O₂-•	: Radical superoxide.
OH•	: Hydroxyl radical.
PRAC	: <i>Permanganate Reducing Antioxidant Capacity.</i>
RO•	: Radical alcoxyde.
RO₂•	: Radical peroxyde.
SOD	: Superoxyde dismutase.

Résumé

Les épices sont classées parmi les plantes médicinales, qui sont utilisées en petite quantité en cuisine comme conservateur, assaisonnement ou colorant. L'objectif de cette étude est l'évaluation *in vitro* des propriétés antioxydantes, antidiabétique, anticholinestérase et antifongique des extraits bruts obtenus à partir des épices constitutives de mélange Ras El-hanout. Les épices étudiées sont le *Coriandrum sativum* (Coriandre), *Pimpinella anisum* (Anis vert), *Carum carvi* (Carvi), *Zingiber officinale* (Gingembre), *Foeniculum vulgare* (Fenouil), *Cinnamomum cassia* (Cannelle) et *Capsicum annuum* (Paprika). L'analyse quantitative des extraits a révélé la richesse de ces épices en polyphénols surtout chez la cannelle et en flavonoïdes chez l'anis vert qui ont enregistré 451.64 µg/ml et 75.06 µg/ml en polyphénols et en flavonoïdes respectivement. Les différents extraits des épices ont montré de bonnes propriétés antioxydantes où l'extrait brut de la cannelle avait les meilleurs valeurs d'IC₅₀ pour l'activité de piégeage du DPPH, ABTS, pouvoir réducteur de fer, CUPRAC, Galvinoxyl radical scavenging, la phenanthroline et l'activité inhibitrice de la Butyrylcholinestérase, de l'acétylcholinestérase, de l'alpha glucosidase et le pouvoir antifongique alors que les extraits bruts de l'anis vert, gingembre et le paprika ont montré une bonne activité dans le test du DMSO-alcalin et la chélation de cuivre. Les résultats de la présente étude montrent que la consommation d'épices riches en antioxydants telles que la cannelle, le gingembre et l'anis vert peut prévenir de manière significative le stress oxydatif.

Mots clés : Épices, Ras El-hanout, polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydante, activité antidiabétique, activité anticholinestérasique, activité antifongique.

Abstract

Spices are classified as medicinal plants, which are used in small quantities in the kitchen as a preservative, seasoning or coloring. The objective of this study is the *in vitro* evaluation of the antioxidant, antidiabetic, anticholinesterase and antifungal properties of the crude extracts obtained from the constitutive spices of Ras El-hanout mixture. The spices studied are *Coriandrum sativum* (Coriander), *Pimpinella anisum* (Green Anise), *Carum carvi* (Carvi), *Zingiber officinale* (Ginger), *Foeniculum vulgare* (Fennel), *Cinnamomum cassia* (Cinnamon) and *Capsicum annum* (Paprika). The quantitative analysis of the extracts revealed the richness of these spices in polyphenol especially in cinnamon and flavonoids in green anise which recorded 451.64 μg GAE/mg and 75.06 μg QE/mg in polyphenols and flavonoids respectively. The various extracts of the spices showed good antioxidant properties where the crude extract of the cinnamon had the best values of IC_{50} for the radical scavenging of DPPH, ABTS, reducing power, CUPRAC, Galvinoxyl radical scavenging, phenanthroline and the inhibitory activity of butyrylcholinesterase, acetylcholinesterase, alpha glucosidase and antifungal power while the crude extract of green anise, ginger and paprika showed good activity in the DMSO-alkaline test and the chelation of copper. The results of this study show that consumption of antioxidant-rich spices such as cinnamon, ginger and green anise can significantly prevent oxidative stress.

Key words: Spices, Ras El-hanout, polyphenols, flavonoids, antioxidant activity, antidiabetic activity, anticholinesterase activity, antifungal activity.

المخلص

يتم تصنيف هذا هو تقييم أنها طبية بكميات صغيرة الكولين الفطريات تلوين. الهدف هذه هي شملتها هي *Coriandrum sativum* () *Pimpinella anisum* (اليانسون) التأسيسية لخليط عليها *Zingiber officinale* (راوية) *Carum carvi* () *Cinnamomum cassia* () *Foeniculum vulgare* (الزنجبيل) التحليل. (الفلافونويد البوليفينول هذه البوليفينول البوليفينول / ميكروغرام GAE 451.64 / ميكروغرام QE 75.06 البوليفينول البهارات البهارات أظهرت . أظهرت والفلافونويد قيم IC₅₀ النشاط التثبيطي ضد CUPRAC ABTS DPPH الجلفنوكسيلية والفينانثرولين التثبيطي للانزيمات BCHE ACHE كذا الانزيمين المسؤولينت حن تحلل السكريات المركبة الى سكريات بسيطة alpha-amylase alpha-glucosidase على تثبيط للفطريات حين أظهر للينسون والزنجبيل تثبيط الجذر superoxyde DMSO alcalin خاصة الخالب . أظهرت هذه استهلاك الغنية والزنجيل واليانسون يمكن يمنع كبير الإجهاد .

الكلمات المفتاحية: البوليفينول، الفلافونويد، الكولين، للفطريات.

TABLES DES MATIERES

Remerciements	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction.....	01

Partie I : Etude bibliographique

Chapitre I : Généralité sur les épices	03
I. Historique.....	03
II. Définition.....	04
III. Classification des épices.....	05
IV. Domaines d'utilisation des épices.....	05
IV.1. Utilisation culinaire.....	05
IV.2. Utilisation cosmétique.....	05
IV.3. Utilisation médicinale.....	06
V. Mélange des épices (Ras El-hanout).....	06
VI. Liste des épices à étudier.....	07
VII. Propriétés phytochimiques des épices.....	08
VII.1. Composés phénoliques.....	09
VII.2. Alcaloïdes.....	09
VII.3. Terpènes.....	09
Chapitre II : Le stress oxydatif	10
I. Historique.....	10
II. Stress oxydatif.....	10
II.1. Définition.....	10
II.2. Radicaux libres.....	11
II.2.1. Définition.....	11
II.2.2. Origine des radicaux libres.....	11
II.2.3. Principaux radicaux libres.....	12
II.2.4. Rôles des radicaux libres.....	13
II.3. Conséquences du stress oxydant	13
II.4. Les maladies liées au stress oxydant.....	13
III. Les antioxydants.....	14
III.1. Définition d'un antioxydant.....	14
III.2. Classification des antioxydants.....	14
III.3. Mécanismes d'actions des antioxydants.....	15
III.4. Les antioxydants : plus que des piègeurs d'ERO.....	15
III.5. Les antioxydants de synthèse.....	16

Partie I : Etude Expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes	17
I. Présentation de la région d'étude.....	17
II. Objectifs du travail.....	17
III. Matériel végétal.....	17
III.1. Echantillonnage.....	17
III.2. Classification systématique des épices sélectionnées	18
III.2.1. Anis vert.....	18
III.2.2. Carvi.....	18
III.2.3. Coriandre.....	19

III.2.4.	Fenouil.....	19
III.2.5.	Gingembre.....	20
III.2.6.	Paprika.....	20
III.2.7.	Cannelle.....	21
IV.	Méthodes.....	21
IV.1.	Extraction des métabolites secondaires.....	21
IV.2.	Dosage des polyphénols et flavonoïdes totaux.....	23
IV.2.1.	Dosage des polyphénols totaux.....	23
IV.2.2.	Dosage des flavonoïdes totaux.....	23
IV.3.	Activités antioxydantes.....	24
IV.3.1.	Test de piégeage du radical libre DPPH•.....	24
IV.3.2.	Test de piégeage du radical libre ABTS•.....	25
IV.3.3.	Test de la capacité antioxydante par réduction du complexe Néocuproéne (CUPRAC)	26
IV.3.4.	Test de piégeage de la Superoxyde DMSO Alcalin.....	27
IV.3.5.	Test de blanchissement du β -carotène.....	28
IV.3.6.	Capacité de réduction du permanganate PRAC.....	29
IV.3.7.	Test de piégeage du radical Superoxyde (Méthode de Pyrogallol)	30
IV.3.8.	Pouvoir réducteur.....	31
IV.3.9.	Activité chélatrice du fer.....	32
IV.3.10.	Activité chélatrice de Cuivre.....	32
IV.3.11.	Activité de piégeage du radical Galvinoxyl (GOR)	33
IV.3.12.	Activité de la phenanthroline.....	34
IV.4.	Activités inhibitrices des enzymes.....	35
IV.4.1.	Activités antidiabétiques.....	35
IV.4.2.	Activité anticholinestérase.....	37
IV.4.3.	Activité anti-tyrosinase.....	39
IV.5.	Activité antifongique.....	40
Chapitre II : Résultats et discussion		44
I.	Dosage des polyphénols et des flavonoïdes.....	44
I.1.	Dosage polyphénols.....	44
I.2.	Dosages des flavonoïdes.....	45
II.	Activités antioxydantes.....	47
II.1.	Test de piégeage du radical libre DPPH.....	47
II.2.	Test de Piégeage de l'ABTS.....	49
II.3.	Test de la capacité antioxydante par réduction du cuivre (CUPRAC).....	50
II.4.	Test de piégeage de radical Superoxyde DMSO Alcalin.....	51
II.5.	Test du pouvoir réducteur.....	52
II.6.	Activité de chélation de Cuivre (CCA)	53
II.7.	Activité de piégeage du radical Galvinoxyl (GOR)	54
II.8.	Activité de la phenanthroline.....	55
III.	Evaluation des activités inhibitrices des enzymes.....	55
III.1.	Activités antidiabétiques.....	56
III.1.1	Activité inhibitrice de l'alpha glucosidase.....	56
III.1.2.	Activité inhibitrice de l'alpha amylase.....	56
III.2.	Activité anticholinestérasique.....	57
IV.	Evaluation du pouvoir Antifongique.....	58
Conclusion		62
Références Bibliographiques		65

Introduction

Introduction

Les herbes, les épices et les plantes médicinales ont été chéries par de nombreuses cultures anciennes pour leur utilisation dans le traitement des maux courants et la promotion d'une bonne santé. Les épices alimentaires constituent une collection hétérogène d'une grande variété de produits chimiques volatils et non volatils obtenus à partir de parties aromatiques séchées de plantes, généralement les graines, les baies, les racines, les cosses et parfois des feuilles. Les populations qui utilisent des épices dans leur régime alimentaire ont une incidence moindre de maladies chroniques (**Oben, 2010**).

Ces ingrédients d'épices confèrent aux aliments une saveur, un arôme ou un piquant et une couleur caractéristiques. Certaines épices, comme le fenugrec, peuvent également modifier la texture des aliments. Il est courant que leurs arômes distincts stimulent l'appétit. Les épices sont non seulement utilisées comme aromatisants et assaisonnements, mais beaucoup sont également utilisées dans la parfumerie, les cosmétiques et les articles de toilette. En outre, il est reconnu depuis longtemps que plusieurs épices possèdent des propriétés médicinales telles que des propriétés toniques, carminatives, antispasmodiques gastriques et antihelminthiques (**Srinivasan, 2005**).

Des études suggèrent que des apports excessifs en calories sont liés à des maladies chroniques, notamment le diabète de type 2, les maladies cardiovasculaires et l'obésité. Tous ces facteurs sont liés au stress oxydatif, ce qui provoque un déséquilibre des agents oxydants et antioxydants dans les systèmes cellulaires, ce qui nuit aux fonctions biologiques normales. Un des avantages des épices est qu'elles contiennent des composants bioactifs tels que les polyphénols qui peuvent réduire le stress oxydatif et moduler les voies biologiques nocives, réduisant ainsi les maladies chroniques (**Oben, 2010**).

Elles contiennent beaucoup de vitamines et de minéraux utiles pour le traitement et la prévention de diverses maladies grâce à leurs activités antimicrobiennes, anti-inflammatoires, antimutagènes. Elles peuvent réduire le risque des maladies cardiovasculaires, du diabète sucré (**Surh, 2003 ; Bi et al., 2017 ; Kocaadam et Sanlier, 2017**), l'asthme, le cancer et les maladies neurodégénératives (**Opara et Chohan, 2014**).

Les épices peuvent être utilisées seules comme elles peuvent être utilisées sous forme d'un mélange d'épices comme (Ras-El-hanout).

Les pays du grand Maghreb sont connus par la richesse de leurs cuisines en plats traditionnels où les épices sont le contenu principal dans un mélange connu sous le nom (Rase

El-hanout). Si on fait un zoom sur l'Algérie et exactement la région de Constantine où il apparaît la vaste utilisation des épices et surtout le mélange (Ras El-hanout) en particulier par la plus parts des citoyens de la région dans leurs plats traditionnels et modernes. Le mélange utilisé est usuellement composé du carvi, la coriandre, l'anis vers, le fenouil, le gingembre, le clou de girofle Etc.

Dans ce contexte s'inscrit le présent travail de recherche dont le but principal est la valorisation de la richesse de l'Algérie en plante médicinale, pour cela notre étude englobe deux aspects dont le premier est d'ordre phytochimique basé sur une analyse quantitative du contenu en composé flavonoïdes et phénoliques, le second aspect est consacré à une évaluation des activités antioxydantes, l'activité antifongique et inhibitrice de quelques enzymes.

Le présent travail est segmenté en deux parties. La première regroupant les principales informations sur les épices, la notion de stress oxydatif et du système antioxydant sous forme d'une synthèse bibliographique.

Dans la seconde partie consacrée à l'aspect expérimental, qui se divise en deux volets :

-) Matériel et méthodes consacré au description du matériel biologique utilisé et la méthodologie de travail.
-) Résultats et discussion Les principaux résultats obtenus suivie des discussions. Nous achevons notre travail par une conclusion.

*Etude
bibliographique*

Chapitre I

Généralité sur les épices



Chapitre I : Généralité sur les épices

I. Historique

Depuis toujours, les hommes ont été fascinés par les épices. Porteurs de parfums envoûtants et de saveurs subtiles, symboles de luxe et de « distinction » sociale, vecteurs de bienfaits pour le corps, puissants stimulateurs de rêves... ces humbles végétaux ont été aussi convoités que l'or. Premières denrées d'une mondialisation amorcée il y a 5 000 ans, grains de poivre, bâtons de cannelle, clous de girofle et noix de muscade ont motivé la conquête de territoires éloignés, incité à ouvrir de nouvelles routes maritimes et favorisé la découverte d'un Nouveau Monde (**Birlouez, 2012**).

Le nom d'épices dérive du latin *species*, terme qui désignait dans la Rome antique un objet, une marchandise. *Species* est transformé au Moyen Âge, au milieu du **XIII** siècle, en « épice » (**Cahuzac-Picaud, 2012**).

Aphrodisiaques ou non, les épices restent des bijoux appréciés dans l'art culinaire. Le plaisir gourmand de celui qui cuisine est à la fois sensuel et esthétique, les couleurs si importantes à nos yeux précédant le plaisir gustatif, et les épices sont là pour conduire à un paradis de couleurs, de parfums et de saveurs (**Gayet, 2010**).



Figure 01 : Les épices (Gorulko, 2018).

II. Définition

Le mot **épice** désigne actuellement, une « substance aromatique végétale, dont la saveur plus ou moins parfumée et piquante sert à assaisonner les mets. L'épice se distingue de l'aromate dans la mesure où son goût l'emporte sur son parfum » (**Cahuzac-Picaud, 2012**).

Dès l'origine, les épices échangées présentaient la très grande diversité botanique que nous leur connaissons aujourd'hui : certaines étaient issues de fleurs, de fruits ou de boutons floraux ; d'autres provenaient d'une graine, d'une racine ou d'un rhizome ou encore d'une écorce. Par ailleurs, les épices n'étaient pas seulement utilisées pour relever le goût des plats (**Birlouez, 2012**). Ils sont utilisés en petite quantité pour la saveur, la couleur ou comme conservateur. Bon nombre de ces substances sont également utilisées dans les médicaments traditionnels. La mondialisation a rendu ces épices facilement disponibles et a gagné en popularité (**Kunnumakkara et al., 2009**).

Les épices sont généralement composés de fibres, hydrates de carbone, protéines, gomme, cendres, substances aromatiques volatiles (huiles essentielles) et non volatiles. Ces composants offrent à chaque épice des caractéristiques organoleptiques et thérapeutiques particulières (**Raghavan, 2007**). Néanmoins, pour garder ces caractéristiques, le traitement des épices après la récolte est recommandé. Ce processus s'effectue généralement en détachant la structure végétale voulue et en la séchant dans de bonnes conditions (**Redhead, 1990**).

III. Classification des épices

Certes, la classification la moins critiquable est celle basée sur les caractéristiques morphologiques des plantes. Elle présente cependant l'inconvénient de regrouper des plantes sans aucune proximité de flaveur. Or, dans le domaine des industries alimentaires et de la gastronomie, il est au contraire plus intéressant de regrouper les épices et aromates en fonction de leurs propriétés organoleptiques (couleur, odeur, arôme et saveur), ce qui a conduit à proposer la classification suivante (**Richard, 1987**).

Tableau 01 : Classification des épices (Richard, 1987)

Classe des épices	Epice	Famille
Saveur Piquante Et Brûlante	Gingembre	Zingiberacée
Pouvoir Colorant	Paprika	Solanée
Note Terpénique Citronnée	Coriandre (feuilles)	Ombellifère
Note Epicée Chaude	Cannelles Carvi	Lauracée Ombellifère
Odeur Phénolique	Clou de girofle	Myrtacée
Notes Florale	Coriandre (graines)	Ombellifère
Odeur Anisée	Anis vert Fenouil	Ombellifère Ombellifère
Sensation De Fraîcheur	Cardamome	Zingibéracée
Les Alliées	Ail Oignon	Liliacée Liliacée

IV. Domaines d'utilisation des épices

Les épices sont classées parmi les plantes aromatiques qui font partie de plantes médicinales. En effet, elles sont douées non seulement de qualités parfumées et culinaires, mais aussi de vertus médicinales variées grâce aux différents principes actifs (**Calvo et al., 2002**).

IV.1. Utilisation culinaire

Les effets de base des épices utilisés dans la cuisine et la confiserie peuvent être de parfumer, désodoriser / masquer, de piquant et de colorer. Elles sont également utilisées pour rendre les aliments et les confiseries plus appétissants et plus agréables au goût. Certaines épices, telles que le curcuma et le paprika, sont davantage utilisées pour conférer une couleur attrayante que pour rehausser le goût. En raison de leurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes, les épices ont une double fonction : en plus de conférer un arôme et un goût agréables, elles jouent un rôle majeur dans la conservation des aliments en retardant leur altération (**Peter, 2012**).

Les épices apportent de la variété et de goût aux denrées de base et aux sauces, ce qui excite l'appétit et permet de manger plus (**Redhead, 1990**). Certaines épices doivent être ajoutées en début de cuisson, d'autres ne doivent pas être cuites sous peine de perdre toutes leurs qualités. En règle générale, il faut ajouter les épices aux trois quarts de la cuisson (**Sophie, 2006**).

IV.2. Utilisation cosmétique

De nombreuses herbes et épices ont été utilisées dans les cosmétiques, la parfumerie et les soins de beauté et du corps depuis l'Antiquité (**Peter, 2012**). Le domaine cosmétique fait appel également aux épices, les plus utilisées sont le curcuma, la vanille, le clou de girofle, le gingembre, l'anis, la noix de muscade et la cannelle. Ces épices sont employées pour leurs propriétés antiseptiques, antioxydantes et parfumant (**Mountagud, 2014**). L'exemple le plus frappant, les huiles essentielles de la cannelle et du clou de girofle, largement impliquées dans la fabrication des dentifrices (**Sophie, 2006**), le Cumin et le carvi sont utilisés dans la préparation des parfums et des savons (**Atrooz, 2013**).

IV.3. Utilisation médicinale

La plupart des plantes aromatiques et épices possèdent des vertus médicinales. Beaucoup sont riches en éléments minéraux et en vitamines, notamment en vitamine C, autre

fois très employées en médecine, les plantes entrant moins souvent dans la composition des médicaments modernes. Les plantes ont toujours joué un rôle important pour soulager des maux de tête, insomnies, rhumesetc., et sont utilisées sous forme des tisanes qui est la préparation la plus répandus en cataplasme en inhalation (**Sophie, 2006**). Les épices contiennent de nombreux composés phytochimiques spécifiques, Par exemple, la curcumine (curcuma), l'eugénol (clou de girofle), et la capsaïcine (poivron rouge), elles ont été expérimentalement mis en évidence pour contrôler le stress oxydatif en raison de leurs propriétés antioxydantes et de leur capacité à bloquer la production des espèces oxygénés réactives et interférant avec les voies de transduction du signal (**Rubio, 2013 ; Srinivasan, 2014**).

Les épices pourraient être utilisées pour prévenir et traiter les cancers, le stress oxydatif (**Guo et al., 2012 ; Chang et al., 2016**), les maladies inflammatoires (**Amara et al., 2016 ; Maisonneuve et al., 2016**), la réponse immunitaire (**Hegde et al, 2016 ; Ubillos et al., 2016**), la croissance et la métastase des cancers (**Li et al., 2013 ; Zhou et al., 2016**). En effet, des preuves épidémiologiques et expérimentales ont montré que certaines épices pourraient réduire les risques de certains cancers (**Park et al., 2015 ; Zick et al., 2015**).

V. Mélange des épices (Ras El-hanout)

Plusieurs mélanges d'épices sont utilisés en gastronomie, pour associer les propriétés gustatives ou produire un effet esthétique. On connaît par exemple le (curry) et (gramamassala) caractéristique de la cuisine Indienne (**Bahorun, 1997**) et (Ras El-Hanout) originaire d'Afrique du Nord.

« Tête de boutique » ou « patron de la maison » selon les traductions, c'est-à-dire composé des meilleures épices de la boutique, ce mélange se décline à l'infini, selon les régions, les marchands, les cuisiniers. Traditionnellement composé d'une vingtaine d'épices, on a vu certains d'entre eux atteindre cinquante ingrédients tandis que des recettes simplifiées d'une dizaine d'épices se trouvent maintenant sur les rayons des supermarchés (**Gayet, 2010**). En fait, il s'agit d'une thériaque qu'on ajoute aux mets que l'on considère comme déséquilibrés justement dans le cadre d'une médecine restée de nature hippocratique. Ce produit est imaginé comme étant un réchauffant et un digestif (**Bammi, 2019**).

VI. Liste des épices à étudier

Tableau 2 : Les épices sélectionnées avec leurs origines et leurs utilisations culinaires et médicinales (Bargis, 2015 ; Gayet, 2010).

Epice	Définition	Origine	En cuisine	En médecine
Anis vert (Yansoun) 	<p>L'anis vert est une plante aux petites fleurs blanches ou rosées groupées en ombelle dont on consomme les fruits entiers ou moulus. Leur saveur est douce, chaude et anisée .</p>	<p>Originaires des régions méditerranéennes</p>	<p>En pâtisserie : gâteaux, pain d'épice. En confiserie</p> <p>Entre dans la fabrication du Pastis.</p>	<p>Favorise la digestion</p> <p>Antispasmodique</p> <p>Expectorant</p> <p>Carminatif Galactagogue</p>
Coriandre (Kosbor) 	<p>Plante herbacée annuelle. A odeur caractéristique dite de punaise. Présente dans toutes les régions tempérées.</p>	<p>La coriandre est d'origine orientale.</p>	<p>Aromatisent les marinades, toutes les viandes, les poissons, les crustacés et les légumes.</p>	<p>Anxiolytique, traitement de troubles digestifs comme les ballonnements, les épigastriques, les problèmes de digestion.</p>
Carvi (Karouia) 	<p>Plante herbacée bisannuelle ou pluriannuelle. a été reconnu très rapidement pour ses qualités culinaires.</p>	<p>Le carvi serait originaire d'Asie mineure</p>	<p>Utilisées pour les recettes de choux, de pommes de terre, aussi dans des salades des légumes.</p>	<p>Stimulant, antispasmodique et vermifuge.</p> <p>Soulage les maux de dents.</p>
Fenouil (Shamr) 	<p>Plante vivace à tige dressée, Graines à saveur à la fois douce et amère, légèrement piquante, au goût d'anis mais moins sucrée et légèrement camphrée.</p>	<p>Originaires des régions méditerranéennes où il pousse toujours à l'état sauvage.</p>	<p>Le fenouil entre dans la fabrication des boissons et aromatisent des sardines grillées.</p>	<p>Les graines de fenouil ont été prescrites contre les maux d'estomac et comme ophtalmique très efficace.</p>

<p>Gingembre (Zanjabil)</p> 	<p>Rhizome récolté à maturité (10 mois) vendu frais ou séché au soleil. Saveur piquante, poivrée, brûlante et citronnée, légèrement camphrée.</p>	<p>le gingembre est probablement originaire d'Inde.</p>	<p>beaucoup utilisé dans la fabrication des bières en raison de leur odeur et saveur citronnées.</p>	<p>Utilisé contre toutes sortes de nausées, contre le mal de mer et des transports et Par son action anti-inflammatoire, il soigne les rhumatismes.</p>
<p>Paprika (Felfel ahmer)</p> 	<p>Plante annuelle à larges feuilles. Odeur faible légèrement sternutatoire lors du séchage. Saveurs allant du doux au piquant extrême, du sucré à l'amer, fruitée, boisée, fumée, fleurie, fraîche avec un goût de terre.</p>	<p>Paprika est d'origine Les habitants Indiens les consomment comme nous mangeons des pommes d'Inde.</p>	<p>Utilisée dans la harissa maghrébine, bien connue des amateurs de couscous, est à base de piments forts.</p>	<p>Les fruits du piment sont riches en vitamine C. Ils aident à la digestion avec augmentation des sécrétions salivaires et gastriques. utilisé dans le traitement de douleurs articulaires mineures.</p>
<p>Cannelle (Karfa)</p> 	<p>Le cannelier est un arbre d'une dizaine de mètres de hauteur. Saveur chaude, boisée et sucrée, goût musqué, légèrement astringente, odeur douce et pénétrante.</p>	<p>Les plus anciennes citations de la cannelle de Ceylan semblent venir d'Égypte.</p>	<p>En ajoutent dans soupes, ragoûts et sauces. plus souvent associée à des plats sucrés.</p>	<p>Utiliser contre les affections respiratoires et dans le traitement symptomatique de troubles de la sphère digestive.</p>

VII. Propriétés phytochimiques des épices

Chaque épice a un arôme et une saveur unique qui dérivent des composés phytochimiques appelés encore métabolites secondaires. Ces produits chimiques ont évolué chez les plantes afin de les protéger contre des insectes herbivores, des agents pathogènes, des parasites et de champignons (**Charaka, 1994**). Pendant des siècles, la valeur intrinsèque des composés phytochimiques pour la santé humaine a été reconnue (**Bulduk, 2004**).

Les métabolites secondaires représentent un groupe hétérogène de composés naturels qui sont considérés pour aider la survie de l'organisme et les fonctions de base, tels que la concurrence, la symbiose, le transport de métal, la différenciation (**Demain et Fang, 2000**).

Grâce aux propriétés chimiques et biologiques de ces composés, ils sont largement utilisés à des fins médicales, pharmaceutiques, agricoles (**Calvo et al., 2002**).

VII.1. Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires végétaux. Ils peuvent être définis comme des molécules indirectement essentielles à la vie des plantes. Ils occupent une place très importante dans la recherche, parce qu'ils ont considérés comme des antioxydants puissants qui peuvent protéger le corps humain contre les radicaux libres (**Borsetal, 1996 ; Halliwell, 1996**).

Actuellement plus de 8000 structures phénoliques connues, variant des plus simples molécules (acides phénoliques, phenylpropanoïdes, flavonoïdes) aux composés hautement polymérisés (lignines, mélanines et tannins) (**Lugasi et al., 2003**).

VII.2. Alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des composés azotés, leur présence est caractérisée par une précipitation à l'aide de plusieurs réactifs (**Kansole, 2009**). Ils se trouvent chez certaines plantes dans les parties florales : graine ou fruit (**Krief, 2003**).

Les alcaloïdes possèdent des activités médicamenteuses et toxiques, par exemple au niveau du système nerveux central, ils jouent le rôle des dépresseurs (la morphine) ou des stimulants (caféine) et d'autres peuvent être des anesthésiques locaux (cocaïne) (**Kansole, 2009**). Le poivre noir par exemple est riche en pipérine (**Marie, 2016**).

VII.3. Terpènes

Le mot terpène signifie tous les composés possédant une structure moléculaire construite d'un monomère à 5 carbones appelé isoprène, ils sont majoritairement d'origine végétale (**Malecky, 2006**). Ils sont synthétisés par les organismes marins, les champignons, les animaux et même par les bactéries et les levures (**Thoppil et Bishayee, 2011**). Les terpènes sont classés, selon le nombre de répétitions de l'unité de base isoprène en monoterpènes (C10), sesquiterpènes (C15), diterpènes (C20), sesterpènes (C25), triterpènes (C30) (**Kabouche, 2005**).

Chapitre II

Le stress oxydatif

Chapitre II : Le stress oxydatif

I. Historique

L'oxygène, molécule indispensable à la vie, est susceptible d'entraîner des effets dommageables dans l'organisme via la formation de radicaux libres et d'espèces oxygénées activées (EOA). Ces notions ne sont toutefois pas nouvelles puisque, vers le milieu des années 50, Gerschman et Hartman avaient déjà évoqué la toxicité de l'oxygène et la « free radical theory » pour expliquer le processus de vieillissement. En 1969, les Américains McCord et Fridovich isolèrent à partir de globules rouges humains, un système enzymatique antioxydant, le superoxyde dismutase (SOD), capable d'éliminer l'anion superoxyde, démontrant ainsi pour la première fois, que notre organisme produit des EOA. Cette découverte sera le point de départ, dans le monde entier, de nombreuses recherches sur le stress oxydant et les antioxydants (Haleng *et al.*, 2007).

II. Le stress oxydatif

II.1. Définition

Le stress oxydant se définit par un déséquilibre entre la production d'espèces radicalaires (ou réactives) de l'oxygène (ERO) et les capacités antioxydantes des cellules (Camille Migdal *et al.*, 2011), ce stress est à l'origine d'un état redox qui altère de la cellule en raison d'une surproduction radicalaire (tabac, alcool, pollution) ou d'une diminution des capacités antioxydantes (Lecerf, 2009). Ce déséquilibre potentiellement conduisant à des dégâts structuraux et fonctionnels (Pincemail *et al.*, 1999) provoque des mécanismes pathogènes qui sont liés à de nombreuses maladies (Pincemail, 2001).

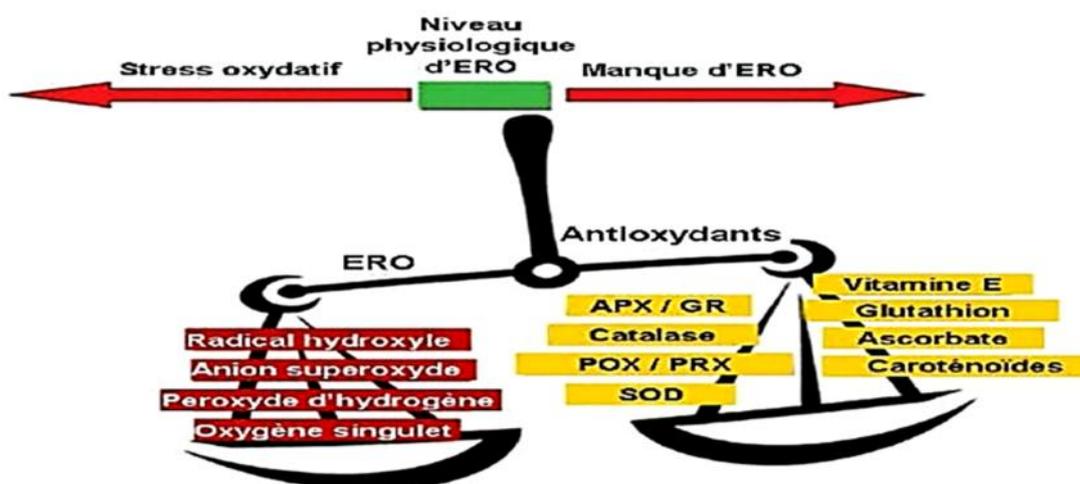


Figure 02 : Balance radicaux libres/antioxydants (Pourrut Bertrand, 2008)

II.2. Radicaux libres

II.2.1. Définition

Le terme (radicaux libres) est défini comme les espèces moléculaires réactives qui contiennent des électrons non appariés dits électrons célibataires dans leur orbitale la plus externe (**Halliwell, 2009**). Cette molécule est très instable et réagit rapidement avec d'autres composants, essayant de capturer l'électron nécessaire pour acquérir la stabilité, une réaction en chaîne débute lorsqu'un radical libre attaque la molécule stable la plus proche en lui arrachant son électron, et la molécule attaquée devient elle-même un radical libre (**Martinez, 1995**).

Bien que le terme de radical libre ait souvent été assimilé à une espèce réactive ou à un oxydant, il est important de signaler que tous les radicaux libres ne sont pas forcément des oxydants. De même que, tous les oxydants ne sont pas des radicaux libres (**Diallo, 2005**). Ces radicaux libres sont, en général, très actifs. Ils déclenchent des réactions en chaîne capables d'endommager les différents constituants de l'organisme vivant (**Sahnoun et al., 1997**).

II.2.2. Origine des radicaux libres

Les radicaux libres peuvent être produits lors d'une intoxication aux métaux lourds, les ischémies/reperfusions suivant des thromboses (**Favier, 2003**), le dysfonctionnement de la chaîne mitochondriale, l'activation de systèmes enzymatiques, la libération de fer libre à partir des protéines chélatrices ou d'une oxydation de certaines molécules (**Pincemail, 2002**).

Ils sont aussi produits pendant l'irradiation par la lumière UV, par rayons X et par les rayons γ , ils sont des produits des réactions métal-catalysées, présent comme des polluants dans l'atmosphère, produits par des neutrophiles et des macrophages pendant l'inflammation (**Valko et al., 2006**).

L'ingestion d'alcool est suivie par la formation de radicaux libres, également des antibiotiques, des anticancéreux. L'infection au VIH a pour effet d'accroître la production des radicaux libres dans l'organisme (**Mohammedi, 2006**). Enfin, une mauvaise alimentation pauvre en antioxydants contribuera également à l'apparition d'un stress oxydant (**Pincemail, 2002**).

Généralement, le stress oxydant sera la résultante de plusieurs de ces facteurs et se produira dans un tissu et un type cellulaire bien précis, objet de la défaillance et non pas dans tout l'organisme (**Favier, 2003**).

II.2.3. Principaux radicaux libres

Parmi toutes les espèces radicalaires susceptibles de se former dans les cellules, il convient de distinguer un ensemble restreint de composés radicalaires qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appellerons radicaux primaires. Les autres radicaux libres, dits radicaux secondaires, se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule (Favier, 2003).

Du point de vue de la terminologie, il est souvent fait mention d'espèces réactives de l'oxygène. Ces espèces incluent non seulement des radicaux libres dérivés de l'oxygène : anion superoxyde ($O_2^{\bullet-}$), radical hydroxyle (OH^{\bullet}), radical hydroperoxyle (HO_2^{\bullet}), radical peroxyde (RO_2^{\bullet}), radical alcoyle (RO^{\bullet}), mais d'autres espèces non radicalaires dérivées de l'oxygène: peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), acide hypochloreux ($HOCl$), Ozone (O_3), Oxygène singulet (O_2^{\bullet}), peroxy nitrite ($ONOO^-$) (Bonnefont et al., 2003), qui ne sont pas réactives mais peuvent être des précurseurs de radicaux (Favier, 2003). Par ailleurs, tous les radicaux libres ne sont pas des dérivés de l'oxygène, par exemple le monoxyde d'azote (NO) est un radical libre dérivé de l'azote (Bonnefont, 2003).

Il ne faut pas penser que tous les radicaux d'oxygène sont extrêmement réactifs, cette réactivité étant très variable selon la nature du radical. Ainsi parmi les radicaux formés chez les êtres vivants, l'anion radicalaire super oxyde comme le monoxyde d'azote ne sont pas très réactifs, mais constituent des précurseurs d'autres espèces plus réactives (Favier, 2003).

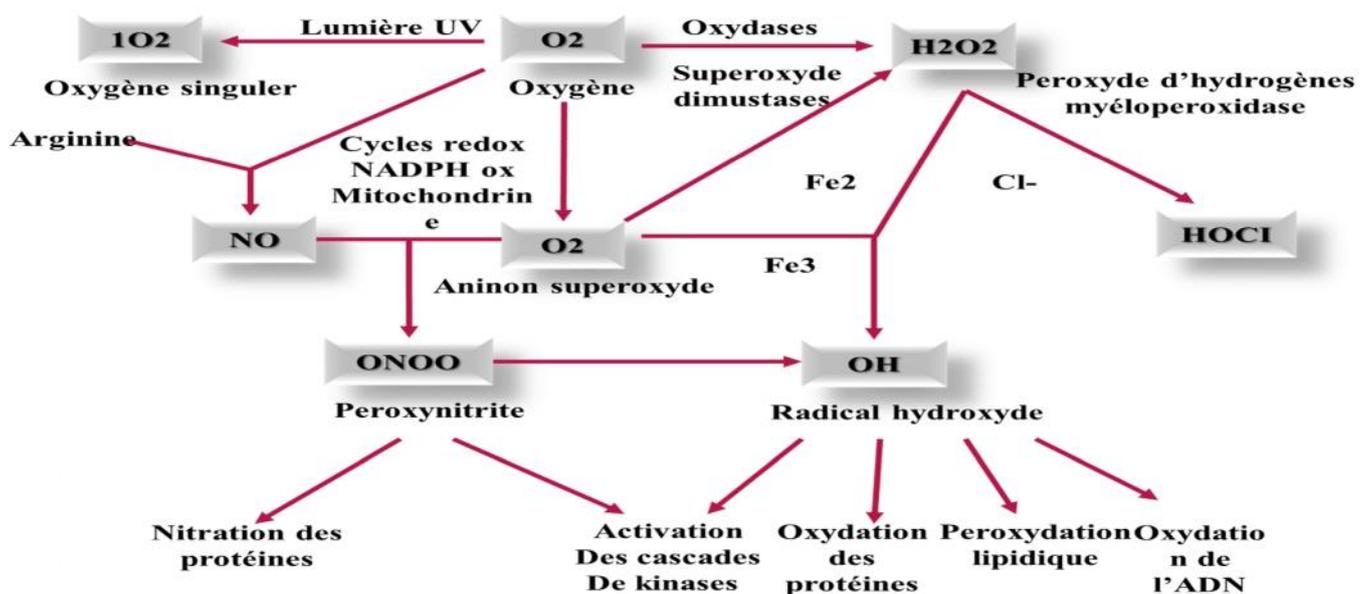


Figure 03 : Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène impliqués en biologie (Favier, 2003)

II.2.4. Rôles des radicaux libres

Le paradoxe des radicaux libres est qu'ils constituent des espèces dangereuses susceptibles d'engendrer des maladies tout en étant également des espèces indispensables à la vie. Ils jouent en effet divers rôles utiles dans le contrôle des gènes et dans des fonctions physiologiques qui, à part la phagocytose, ont été découvertes récemment.

Les radicaux libres participent au fonctionnement de certaines enzymes, à la transduction de signaux cellulaires, à la défense immunitaire contre les agents pathogènes, à la destruction par apoptose des cellules tumorales, au cycle cellulaire, à la différenciation cellulaire, à la régulation de la dilatation capillaire, au fonctionnement de certains neurones et notamment ceux de la mémoire, à la fécondation de l'ovule, à la régulation des gènes, phénomène appelé contrôle redox des gènes (**Favier, 2006**).

II.3. Conséquences du stress oxydant

La production excessive de radicaux libres provoque des lésions directes de molécules biologiques. Une oxydation des protéines, une oxydation du glucose, des cassures au niveau de l'ADN avec possibilité de mutation et des processus de peroxydation lipidique peuvent alors apparaître avec des conséquences souvent irréversibles pour la cellule (**Pincemail et al., 2002**).

L'organisme peut aussi réagir contre ces composés anormaux par production d'anticorps, qui malheureusement peuvent aussi être des auto-anticorps créant une troisième vague d'attaque chimique (**Favier, 2003**).

II.4. Les maladies liées au stress oxydant

Le stress oxydant est impliqué dans de très nombreuses maladies comme facteur déclenchant ou associé à des complications de l'évolution. La multiplicité des conséquences médicales de ce stress n'a rien de surprenant car, selon les maladies, celui-ci se localisera à un tissu et à des types cellulaires particuliers, mettra en jeu des espèces radicalaires différentes et sera associé à d'autres facteurs variables et à des anomalies génétiques spécifiques à chaque individu. La plupart des maladies induites par le stress oxydant apparaissent avec l'âge car le vieillissement diminue les défenses antioxydants et augmente la production mitochondriale de radicaux.

En faisant apparaître des molécules biologiques anormales et en surexprimant certains gènes, le stress oxydant sera la principale cause initiale de plusieurs maladies : cancer,

cataracte, sclérose latérale amyotrophique, syndrome de détresse respiratoire aigu, œdème pulmonaire, vieillissement accéléré. Ainsi, les relations entre stress oxydant et cancer s'avèrent très étroites, les radicaux libres intervenant dans l'activation des pro-carcinogènes en carcinogènes, créant les lésions de l'ADN, amplifiant les signaux de prolifération et inhibant des gènes suppresseurs de tumeur comme p53. Le stress oxydant est aussi un des facteurs potentialisant l'apparition de maladies plurifactorielles tel le diabète, la maladie d'Alzheimer, les rhumatismes et les maladies cardiovasculaires. Dans la genèse de la plaque d'athérome, l'oxydation des LDL est un des phénomènes clefs transformant les monocytes en cellules spumeuses (**Favier, 2003**).

III. Les antioxydants

Les cellules utilisent de nombreuses stratégies antioxydantes et consomment beaucoup d'énergie pour contrôler leur niveau d'espèces réactives de l'oxygène (**Favier, 2003**). En situation physiologique, ces systèmes antioxydants ont la capacité de réguler parfaitement la production des ERO. Un stress oxydant surviendra lorsqu'il y aura un déséquilibre dans cette balance prooxydants/antioxydants en faveur des ERO. Chaque individu ne possède pas le même potentiel antioxydant selon ses habitudes alimentaires, son mode de vie (ex. le tabagisme), ses caractéristiques génétiques ou l'environnement dans lequel il vit (**Pincemail et al., 2002**).

III.1. Définition d'un antioxydant

On désigne par antioxydant toute substance qui, lorsqu'elle est présente en faible concentration comparée à celle du substrat oxydable, retarde ou prévient de manière significative l'oxydation de ce substrat (**Diallo, 2005**).

III.2. Classification des antioxydants

Pour se protéger des effets délétères des EOA, l'organisme dispose d'un ensemble complexe de défenses antioxydantes. On distingue deux sources d'antioxydants : Pour se protéger des effets délétères des EOA, l'organisme dispose d'un ensemble complexe de défenses antioxydantes. On distingue deux sources d'antioxydants : l'une est apportée par l'alimentation sous forme de fruits et légumes. L'autre est endogène et se compose d'enzymes, de protéines et de systèmes de réparation des dommages oxydatifs comme les endonucléases. A cela s'ajoutent quelques oligoéléments qui sont des cofacteurs d'enzymes antioxydantes (**Haleng, 2007**).

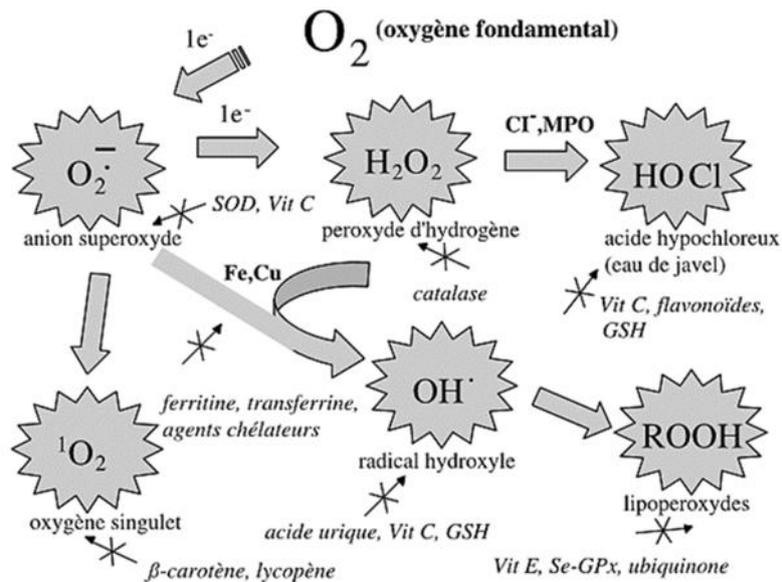


Figure 04 : Régulation de la production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) par les systèmes de défenses antioxydantes (Haleng, 2007).

III.3. Mécanismes d'actions des antioxydants

Les mécanismes d'action des antioxydants sont divers, incluant le captage de l'oxygène singulet, la désactivation des radicaux par réaction d'addition covalente, la réduction de radicaux ou de peroxydes, la chélation des métaux de transition (Diallo, 2005).

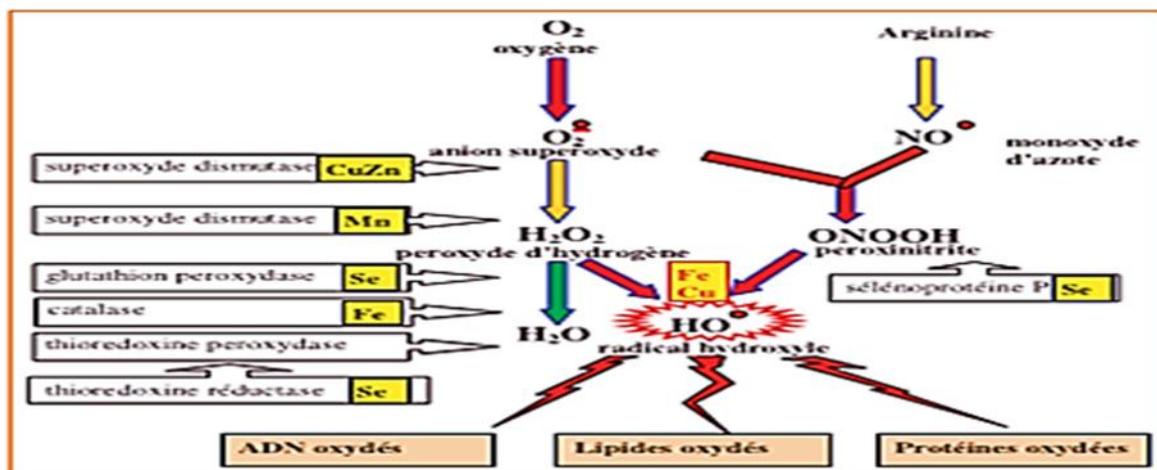


Figure 05 : Mode d'action des principaux systèmes enzymatiques antioxydants et de leurs cofacteurs métalliques (Favier, 2003).

III.4. Les antioxydants : plus que des piègeurs d'ERO

L'avènement de la biologie moléculaire a montré que les antioxydants sont des molécules qui possèdent des propriétés allant bien au-delà de leur capacité à piéger les ERO. Expérimentalement, il est bien prouvé que les antioxydants présentent des activités

anticancéreuses non seulement en piégeant des ERO mais aussi en augmentant la réponse immunitaire, en diminuant l'expression d'oncogènes ou en inhibant l'angiogenèse des tumeurs. Les antioxydants jouent également un rôle clé dans la régulation des signaux cellulaires. Le glutathion réduit, joue un rôle très complexe dans la régulation de l'apoptose mais aussi dans la transcription de gènes pro- et anti-inflammatoires ou de gènes codant pour l'expression d'enzymes antioxydantes (**Pincemail et al., 2002**).

III.5. Les antioxydants de synthèse

Les antioxydants non nutritionnels comprennent des produits naturels extraits de plantes, utilisés tels quels ou après modifications chimiques, des produits extraits d'animaux terrestres ou marins (enzymes ou protéines antioxydantes), des produits de synthèse imitant les enzymes, chélatant le fer ou piégeant les radicaux. Ce dernier groupe de piègeurs de radicaux de synthèse comprend d'anciens médicaments utilisés depuis longtemps comme fluidifiants bronchiques, anti-inflammatoires ou antihypertenseurs et redécouverts récemment comme étant antioxydants, et de nouvelles molécules dessinées à finalité d'être antioxydantes. Toutefois, les molécules historiques ont l'avantage de posséder une autorisation de mise sur le marché (AMM) comme médicaments, alors que bien peu de nouvelles molécules ont réussi à obtenir cette coûteuse et difficile autorisation. Les dérivés végétaux sont extrêmement nombreux à être utilisés principalement dans le domaine des suppléments et des produits cosmétologiques anti-âge, qu'il s'agisse de principes extraits de légumes, d'épices, de fruits ou de plantes médicinales. Ils appartiennent à de nombreuses familles chimiques, alcaloïdes, glucosides, dérivés indoliques, mais celle des polyphénols a donné le plus de molécules. Les plus utilisés sont la quercétine (chef de file des flavonoïdes), le resvératrol, extrait de l'écorce du raisin rouge et la curcumine, extraite de la racine de curcuma (**Favier, 2003**).

Etude expérimentale

Chapitre I

Matériel et méthodes



Chapitre I : Matériel et méthodes

I. Présentation de la région d'échantillonnage

La région de Constantine est située à l'Est d'Algérien. Elle est bordée par la wilaya de Skikda au Nord, la wilaya d'Oum El Bouaghi au Sud, la wilaya de Guelma à l'Est et la Wilaya de Mila à l'Ouest (Louadi K, 1999).



Figure N° 06 : Profile d'une vue de la région de Constantine (Louadi, 1999).

II. Objectifs du travail

Notre travail a été réalisé dans le laboratoire de Biochimie et le laboratoire de mycologie au niveau du Centre de recherche en biotechnologie de Constantine (CRBt). L'expérimentation a été orientée en vue d'une étude phytochimique et les efforts ont été dirigés vers l'évaluation *in vitro* des différentes activités anti oxydantes, inhibitrice d'enzyme et antifongique des extraits d'épices étudiées.

III. Matériel végétal

III.1. Echantillonnage

Le matériel végétal est constitué de 7 épices entrant dans le mélange de (Ras-el-hanout), ces derniers ont été acheté chez un herboriste à l'ancienne ville de Constantine.

III.2. Classification systématique des épices sélectionnées

III.2.1. Anis vert

➤ **Classification (Bouderdara, 2013)**

Règne: plantae

Classe: Magnoliopsida

Ordre: Apiales

Famille: *Apiaceae*

Genre: *Pimpinella*

Espèce: *Pimpinella anisum*

➤ **Description botanique**

L'Anis vert est une plante annuelle très aromatique, sa racine est fusiforme et porte une tige ronde, cannelée qui se ramifie au sommet. L'anis peut atteindre de 20 à 50 cm de hauteur (Aouadhi, 2010). Les feuilles de couleur vert pâle, sont composées de folioles, cordiformes et lobées, les fleurs sont petites, blanches, radiales et le fruit (grains) est un diakène comprimé au niveau de la face dorsal (Paloma, 2012).

III.2.2. Carvi

➤ **Classification (Ghédira et Goetz, 2016)**

Règne: Plantae

Division: Tracheophyta

Classe: Magnoliopsida

Superordre: Asterales

Ordre: Apiales

Famille: *Apiaceae*

Genre: *Carum L*

Espèce: *Carum carvi*

➤ **Description botanique**

Le carvi est une plante bisannuelle européenne atteignant 1mètre de hauteur, ces feuilles sont brunes, vert clair, finement lacérées, et oblongues. Les fleurs, de petite taille, de couleur blanche à rose pâle, avec un calice non denté, à pétales échancrés, le plus souvent sans bractée. Elles sont disposées en ombelles composées de 5 à 15 rayons, avec des racines fusiformes (Ghédira et Goetz, 2016).

III.2.3. Coriandre

➤ **Classification (Ghedira et Goetz, 2015)**

Règne: Plantae

Division: Tracheophyta

Classe: Magnoliopsida

Superordre: Asteranae

Ordre: Apiales

Famille: *Apiaceae*

Genre: *Coriandrum L*

Espèce: *Coriandrum sativum L*

➤ **Description botanique**

La coriandre est une petite plante herbacée annuelle pouvant atteindre 60 cm de hauteur, à tiges grêles portant des feuilles glabres, luisantes, divisées en segments ovales, cunéiformes. Elle est caractérisée par des involuclles et des fleurs, de petite taille, blanches, disposées en ombelles composées de 3 à 8 rayons. (Ghedira et Goetz, 2015).

III.2.4. Fenouil

➤ **Classification (Abou el-soud et al., 2011).**

Règne: Plantae

Ordre: Apiales

Famille: *Apiacé*

Genre: *Foeniculum*

Espèces: *Foeniculum vulgare*

➤ **Description botanique**

Le fenouil est une plante annuelle ou pluriannuelle atteint 2 m de hauteur (Jolad et al., 2005). Le fenouil a des fleurs jaunes réunies en ombelles au bout des tiges, donnent des grains allongés, très parfumés. Et des feuilles filiformes, divisées en lanières étroites et allongées et ont un goût aromatique. (François, 2000; Peter et al., 1987).

III.2.5. Gingembre

➤ **Classification (Gigon, 2012)**

Règne: Plantae

Sous-règne: Trachéobionta

Division: Angiospermes

Classe: Monocotylédones

Sous-classe: Zingibéridéés

Ordre: Zingibérales

Famille: *Zingibéracées*

Genre: *Zingiber*

Espèce: *Zingiber officinale*

➤ **Description botanique**

Une plante tropicale herbacée vivace sa partie souterraine utilisée est le rhizome. Celui-ci se divise dans un seul plan et est constitué de tubercules globuleux ramifiés. La cassure est fibreuse et granuleuse, l'odeur est aromatique avec une saveur chaude et piquant. (Gigon, 2012).

III.2.6. Paprika

➤ **Classification (Gayet, 2010)**

Règne: Plantae

Sous-règne: Tracheobionta

Division: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Sous-classe: Asteridae

Ordre: Solanales

Famille: *Solanaceae*

Genre: *Capsicum*

Espèce: *Capsicum annuum*

➤ **Description botanique**

Plante annuelle à larges feuilles pouvant atteindre en culture 1,50 m de hauteur et plus. Le Fruits est baies non juteuses, allongées ou sphériques, de plusieurs couleurs, pouvant être érigées, renfermant de nombreuses graines aplaties, rondes avec une surface creuse, le plus souvent blanches ou noires. Le genre *Capsicum* comprend 22 espèces sauvages et 5 cultivées (Gayet, 2010).

III.2.7. Cannelle

➤ Classification (Girre, 2001)

Règne: Plantae

Classe: Dicotyledonae

Ordre: Magnoliales

Famille: *Lauraceae*

Genre: *Cinnamomum*

Espèce: *Cinnamomum Cassia*

➤ Description botanique

Un arbre d'une dizaine de mètres de hauteur, maintenu à une taille inférieure en culture et dans une forme buissonnante pour provoquer l'apparition de nombreuses tiges. Jeunes feuilles de couleur rouge rosé. Très petites fleurs blanches à 6 pétales disposées en grappes coniques (panicules) en position terminale, à odeur agréable proche du muguet. (Gayet, 2010).

IV. Méthodes

IV.1. Extraction des métabolites secondaires

Les extraits bruts des épices sont obtenus par macération. Ce type d'extraction est un simple contact entre le support solide et le solvant, la séparation se fait par filtration (Lumbu et al, 2005 ; Penche, 2010). Après la collection des épices et leur nettoyage et broyage dans un broyeur électrique (IKA), les poudres des épices (100 g pour chaque épices) sont macérées 3 fois avec renouvellement du solvant dans un mélange hydro-alcoolique (méthanol/eau ; 80/20 : V/V) pendant 24 heures à température ambiante. Les macéras sont réunis et filtrés sur papier filtre. Le solvant est éliminé du filtrat sous vide à 40°C à l'aide d'un Rotavapor.

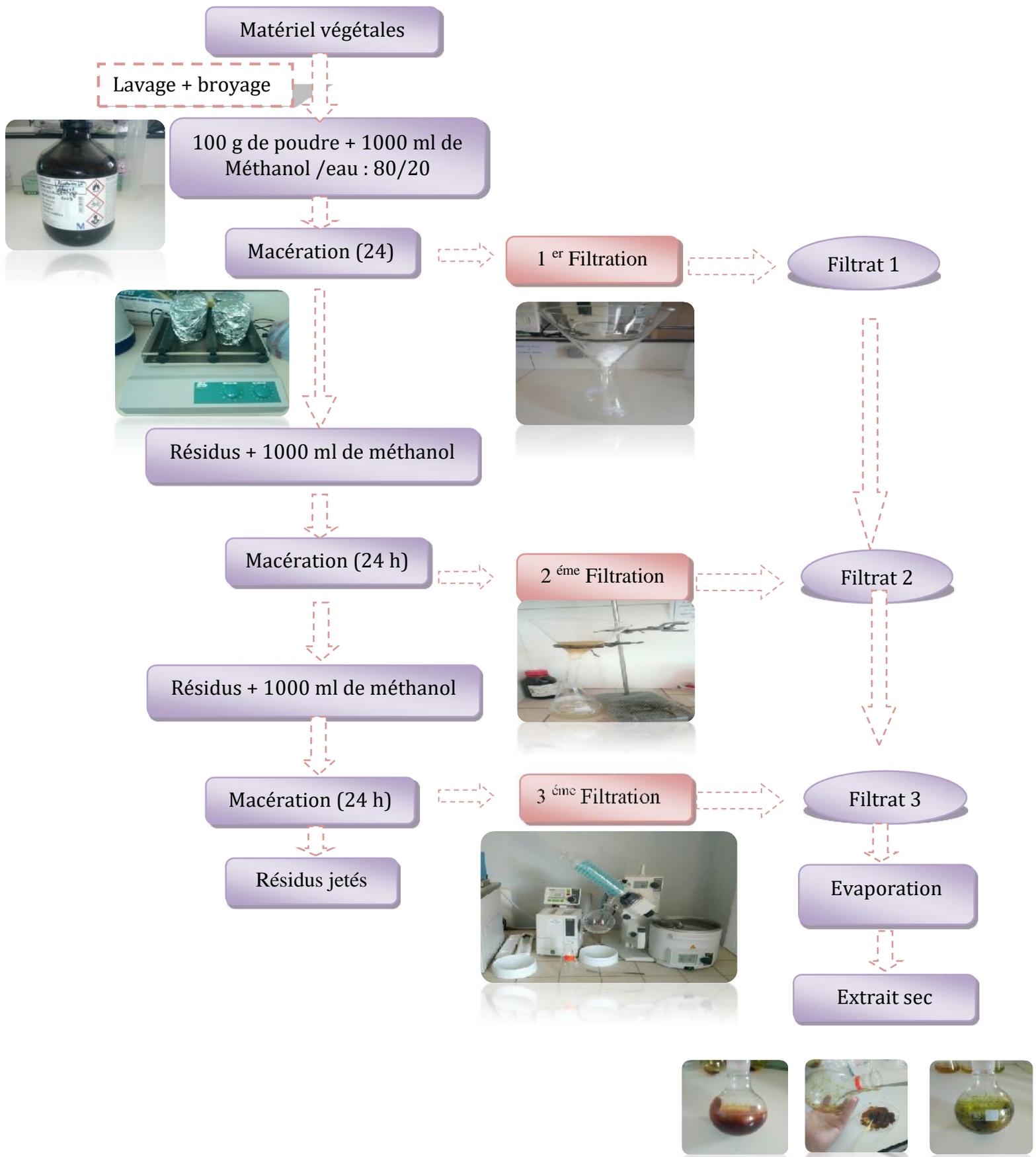


Figure N° 07 : Protocole d'extraction selon la méthode de Craig (1950)

IV.2. Dosage des polyphénols et flavonoïdes totaux

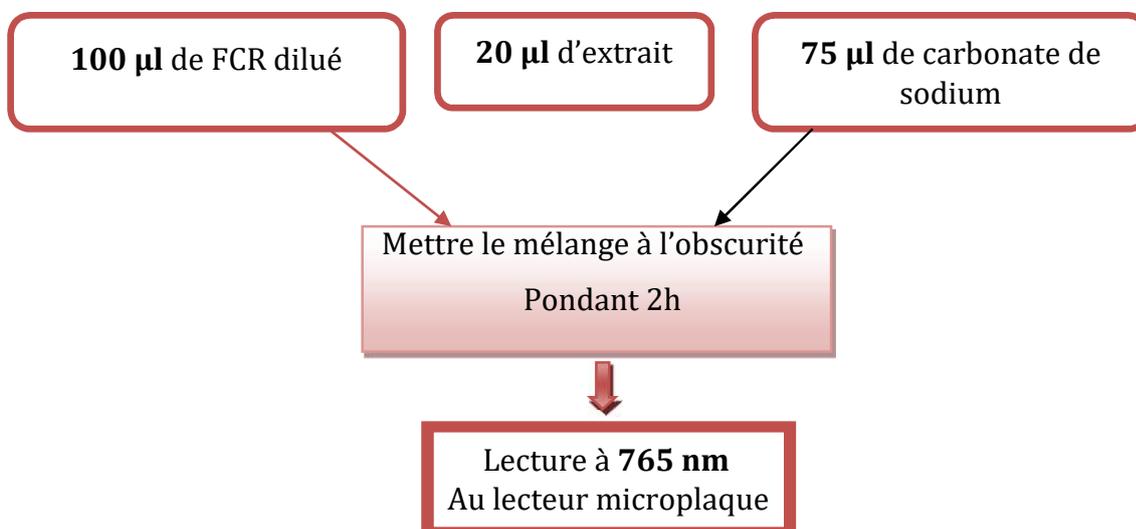
IV.2.1. Dosage des polyphénols totaux

) Principe

Le réactif de Folin-Ciocalteu (FCR), constitué de mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique, est réduit lors de l'oxydation des phénols. La coloration bleue produite est proportionnelle à la teneur en polyphénols et possède une absorption maximum aux environs de 750 -765 nm.

) Mode opératoire

Figure N° 08 : Protocole de dosage des polyphénols totaux (Muller et al., 2010)



IV.2.2. Dosage des flavonoïdes totaux

) Principe

Les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer et aluminium), ceci traduit le fait que ces derniers perdent deux électrons pour s'unir à deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons (Gayon et al., 1972). La quercétine a été utilisée comme standard.

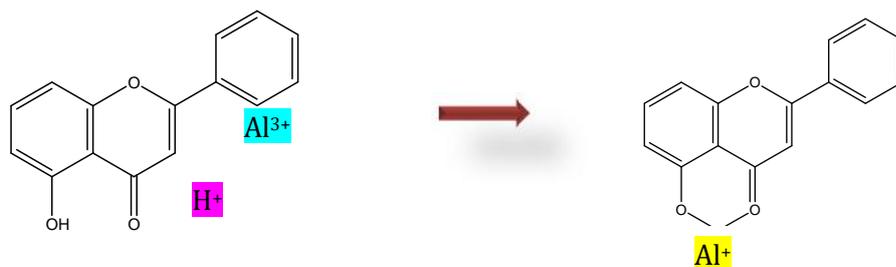


Figure N° 09 : Mécanisme de l'interaction du chlorure d'aluminium avec les flavonoïdes (**Gayon, 1968**)

) Mode opératoire

La teneur en flavonoïdes des extraits a été déterminée en utilisant la méthode colorimétrique au trichlorure d'aluminium (AlCl_3) (**Kumaran et al., 2007**).

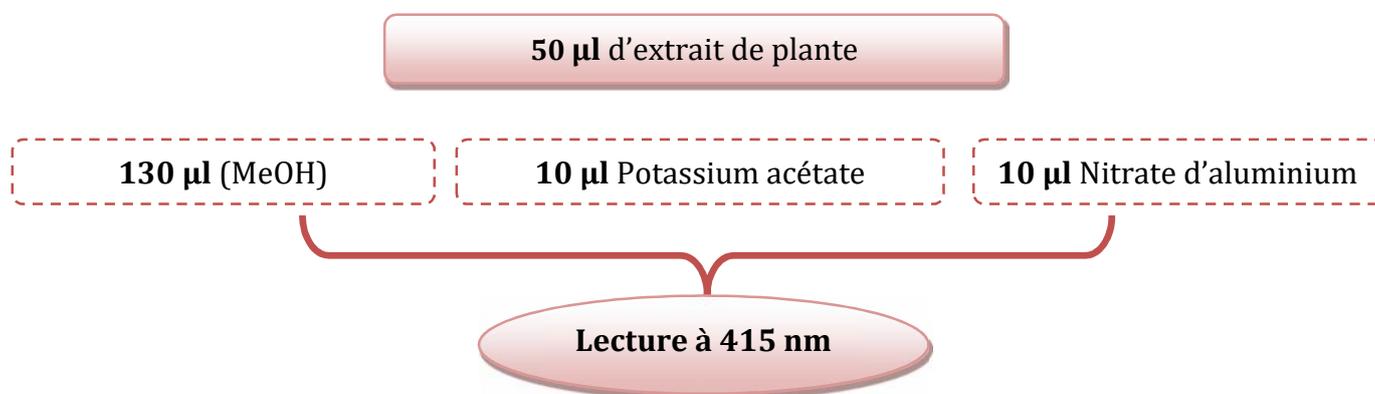


Figure N° 10 : Protocole de dosage des flavonoïdes totaux (**Kumaran et al., 2007**)

IV.3. Activités antioxydantes

IV.3.1. Test de piégeage du radical libre DPPH*

Le composé chimique 2,2-diphényle-1-picrylhydrazyle (DPPH) fut l'un des premiers radicaux libres utilisés pour étudier la relation structure-activité antioxydante des composés phénoliques (**Blois, 1958 ; Brand-Williams et al., 1995**). Le DPPH est un radical libre, stable ou accepteur d'hydrogène de couleur violet intense (**Cavaret et al., 2009**). Ce radical perd sa coloration native quand il se lie avec des substances antioxydantes (AH), qui lui transfèrent des électrons ou des protons. La forme réduite du DPPH confère à la solution une couleur jaune (**Gadow et al., 1997**). Le virage vers cette coloration et l'intensité de la décoloration découle, de la nature, de la concentration et de la puissance des principes actifs présents (**kroyer, 2003 ; Es Safi et al., 2007**). On apprécie ce changement de couleur grâce à un enregistrement à la longueur 540 nm (à l'aide d'un spectrophotomètre).

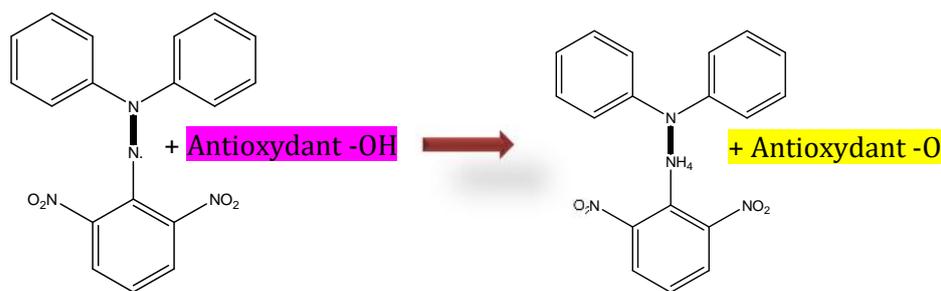


Figure N° 11 : Transformation du radical DPPH^{*} en DPPH,H

) Mode opératoire

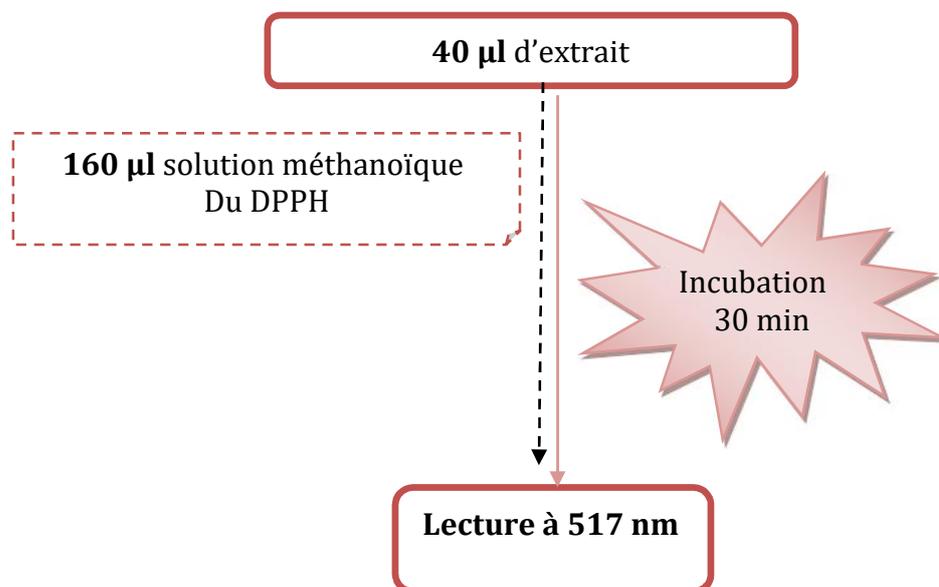


Figure N° 12 : Protocole d'évaluation de l'activité de piégeage du DPPH (Blois, 1958)

- Le pourcentage de l'activité anti radicalaire de DPPH a été calculé comme suit :

$$\% \text{ AA} = [(\text{Abs contrôle} - \text{Abs extrait}) / \text{Abs contrôle}] \times 100$$

IV.3.2. Test de piégeage du radical libre ABTS^{•+}

) Principe

Le radical ABTS^{•+} est généré par l'oxydation de la molécule stable d'ABTS avec persulfate de potassium (Re et al, 1999). La solution d'ABTS présente une coloration bleu turquoise lorsque le radical (ABTS^{•+}) reste dans un état libre. Cependant, la forme réduite du radical confère à la solution une coloration jaune lorsque le radical est piégé par les substances antioxydants présentes dans l'extrait ; l'intensité de la coloration dépend de la nature, la concentration et la puissance de la substance antiradicalaire (Miguel, 2010).

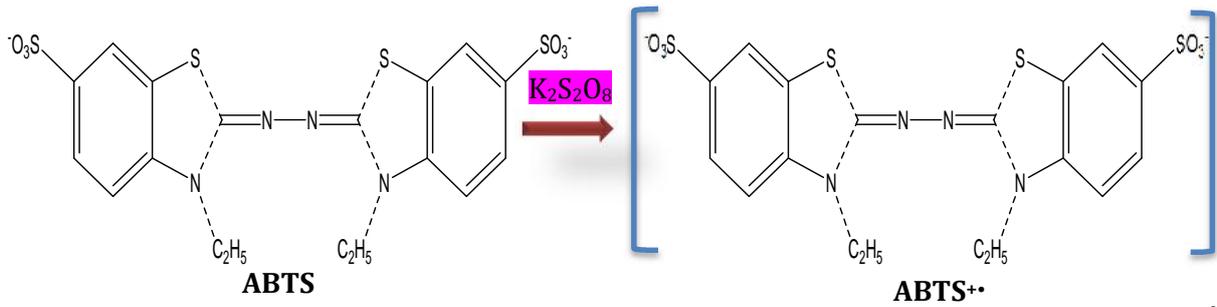


Figure N° 13 : Oxydation de l'ABTS par le persulfate de potassium et génération de ABTS^{+•}

)] Mode opératoire

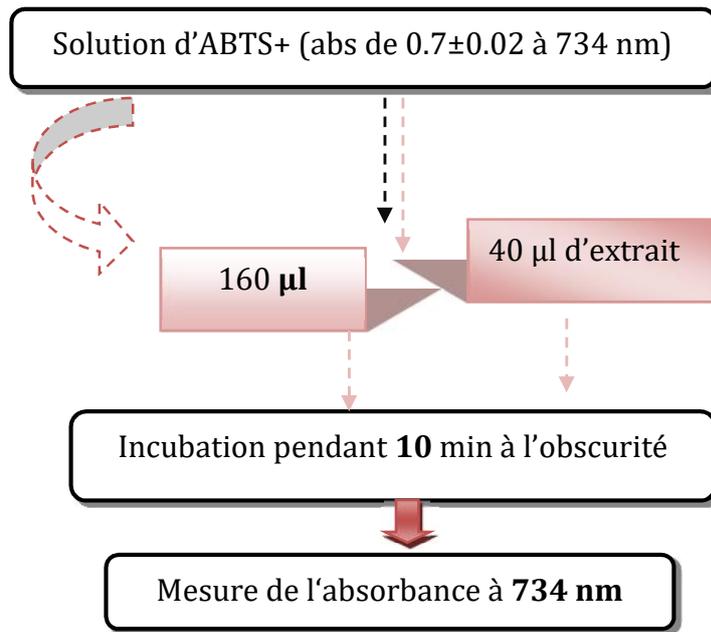


Figure N° 14 : Protocole d'évaluation de l'activité de piégeage de l'ABTS

(Re et al. , 1999)

- Le pourcentage de l'activité antiradicalaire ABTS est calculé en utilisant la formule suivante :

$$\% \text{ AA} = [(\text{Abs contrôle} - \text{Abs extrait}) / \text{Abs contrôle}] \times 100$$

IV.3.3. Test de la capacité antioxydante par réduction du complexe Néocuproéne

)] Principe

La méthode CUPRAC (*cupric ion Reducing Antioxidant Capacity*) est basée sur le suivi de la diminution de l'absorbance accrue du complexe Néocuproéne (NC), cuivre (Cu⁺²)NC₂-Cu⁺². En effet, en présence d'un agent antioxydant, le complexe cuivre-neocuproéne est réduit

et cette réaction est quantifiée spectrophotométriquement à une longueur d'onde de 450 nm (Apak *et al.*, 2004). Le principe de ce test se base sur la conversion des hydroxyles phénoliques en quinones à travers la réduction du complexe Cu^{+2} -Nc, produisant ainsi un complexe chromogène de Cu^{+2} -Nc qui absorbe à 450 nm.

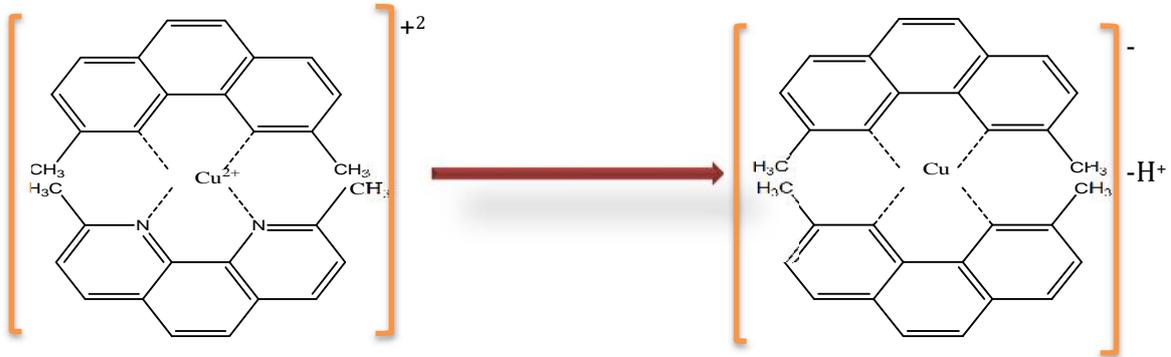


Figure N° 15 : Réduction du complexe chromogène de Cu^{+2} -Nc.

➤ Mode opératoire

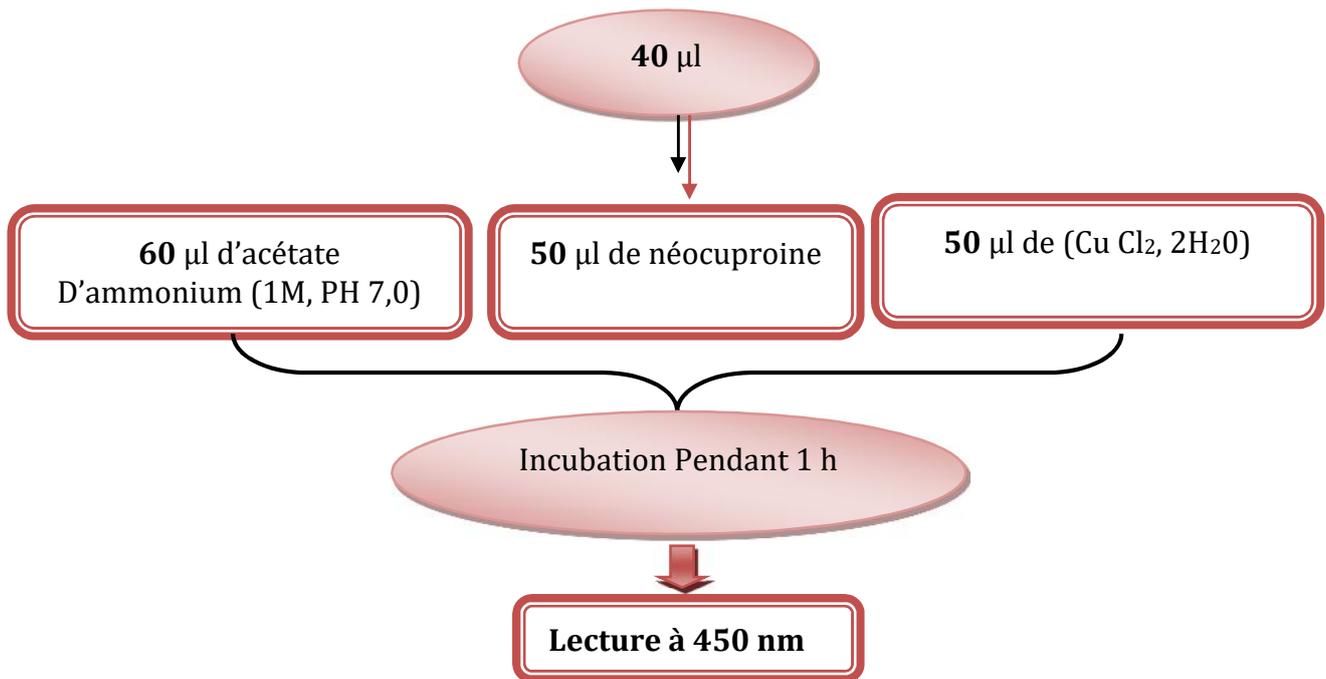


Figure N° 16 : Protocole d'évaluation de l'activité CUPRAC (Apak *et al.*, 2004)

IV.3.4. Test de piégeage de la Superoxyde DMSO Alcalin

) Principe

Cette activité permet de tester par spectrophotométrie la capacité de l'extrait antioxydant à capturer l'anion superoxyde ($\text{O}_2^{\bullet-}$), ce qui empêchera la réduction du nitrobluetetrazolium (NBT) en bleu de formazan. Le test est positif si la solution est colorée en jaune. En effet, la

génération de ce radical anionique stable est favorisée par l'alcalinisation du DMSO. Les absorbances obtenues permettent de calculer un pourcentage de réduction du NBT^{2+} par rapport à un témoin constitué d'un milieu réactionnel dépourvu de composé antioxydant (Parejo et al., 2002).

) Mode opératoire

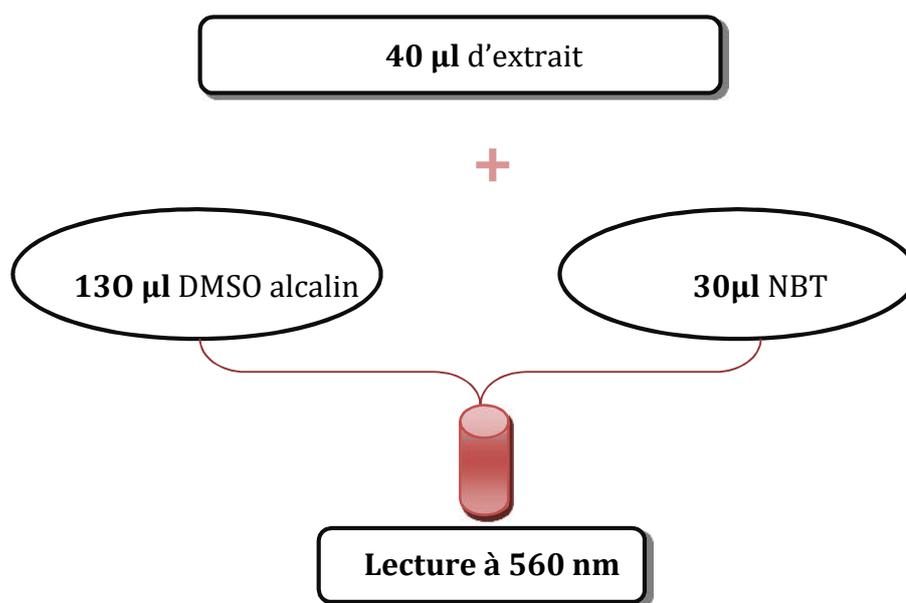


Figure N° 17 : Protocole d'évaluation de l'activité Superoxyde DMSO alcalin (Rao et al., 1990)

IV.3.5. Test de blanchissement du β -carotène

) Principe

Le potentiel antioxydant d'un extrait végétal peut être évalué par la détermination de la capacité d'inhibition de l'oxydation du β -carotène. Dans ce test, l'oxydation de l'acide linoléique produit des radicaux peroxydes qui attaque les onze doubles liaisons du β -carotène, ce qui entraîne une décoloration de cette dernière mesuré spectrophotométriquement à 470 nm. Cependant, la présence d'un antioxydant pourrait neutraliser les radicaux libres dérivés de l'acide linoléique et donc prévenir l'oxydation et le blanchiment du β -carotène (Kubola et Siriamornpun, 2008).

) Mode opératoire

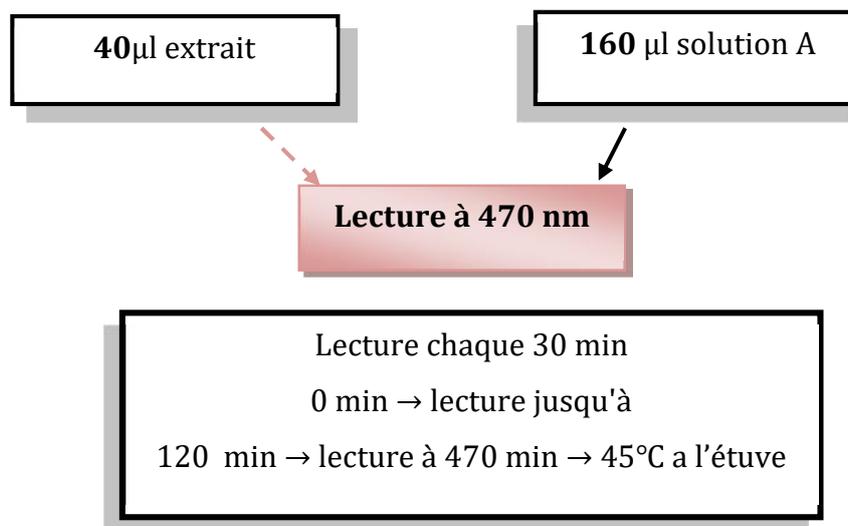


Figure N° 18 : Evaluation de l'activité de blanchissement du β -carotène (Marco, 1968)

- Les pourcentages d'inhibition de blanchiment de la β -carotène ont été calculés par la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = [(D.O \text{ T120} - D.O \text{ T0}) / (D.O \text{ T0} - D.O \text{ T120})] \times 100$$

IV.3.6. Capacité de réduction du permanganate PRAC

) Principe

La méthode est basée sur les réactions d'oxydoréduction entre l'échantillon d'antioxydant et le permanganate de potassium dans des milieux contenant de l'acide sulfurique, entraînant une décoloration de l'échantillon jusqu'à ce qu'aucune couleur ne soit observée (Cacig *et al.*, 2006). Le signal du spectrophotomètre a ensuite été enregistré à 535 nm jusqu'à valeur constante.

) Mode opératoire

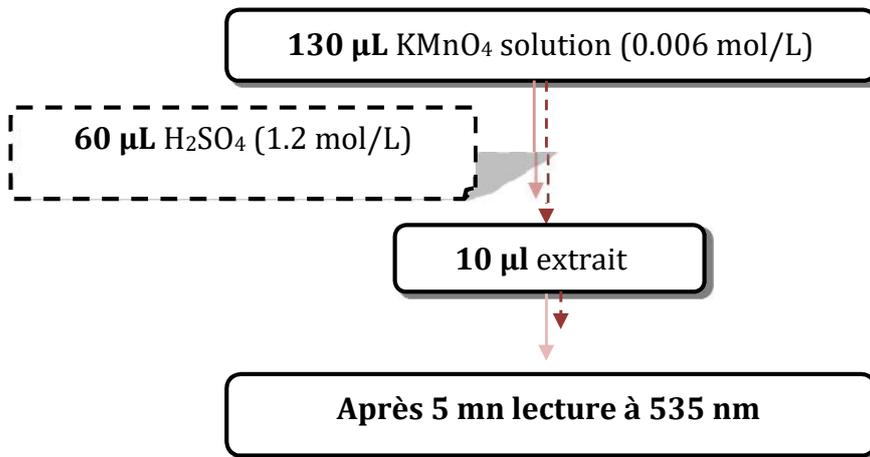


Figure N° 19 : Protocole d'évaluation de l'activité PRAC (*Permanganate Reducing Antioxidant Capacity*) (Eftimová et al., 2018)

➤ Les pourcentages de l'activité PRAC est calculé par la formule suivante :

$$\text{PRAC}(\%) = (A_C - A_{\text{écha}}) / A_C \times 10$$

IV.3.7. Test de piégeage du radical Superoxyde (Méthode de Pyrogallol).

) Principe

La méthode au pyrogallol, développée spécifiquement pour la superoxyde dismutase, est maintenant largement utilisée pour mesurer le piégeage des superoxyde. Le pyrogallol est connu depuis longtemps pour s'auto-oxyder rapidement, en particulier dans une solution alcaline, et la réaction a été utilisée pour éliminer l'oxygène des gaz (marklundetmarklund, 1974).

) Mode opératoire

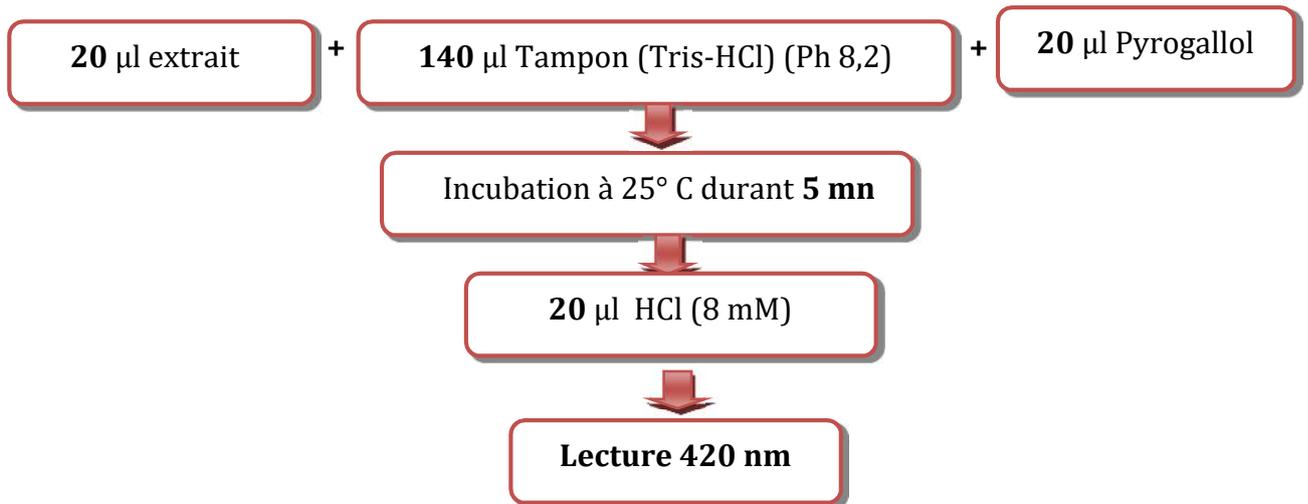


Figure N° 20 : Protocole d'évaluation de l'activité de piégeage du radical Superoxyde (Méthode de Pyrogallol) (Chung Pin Liang *et al.*, 2014)

IV.3.8. Pouvoir réducteur

) Principe

Le pouvoir réducteur d'un extrait est associé à son pouvoir antioxydant, cette technique est développée pour mesurer la capacité des extraits testés à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) présent dans le complexe $K_3Fe(CN)_6$ en fer ferreux (Fe^{2+}). En effet, le Fe^{3+} participe à la formation du radical hydroxyle par la réaction de Fenton. L'absorbance de milieu réactionnel est déterminée à 700nm (Hubert, 2006).

) Mode opératoire

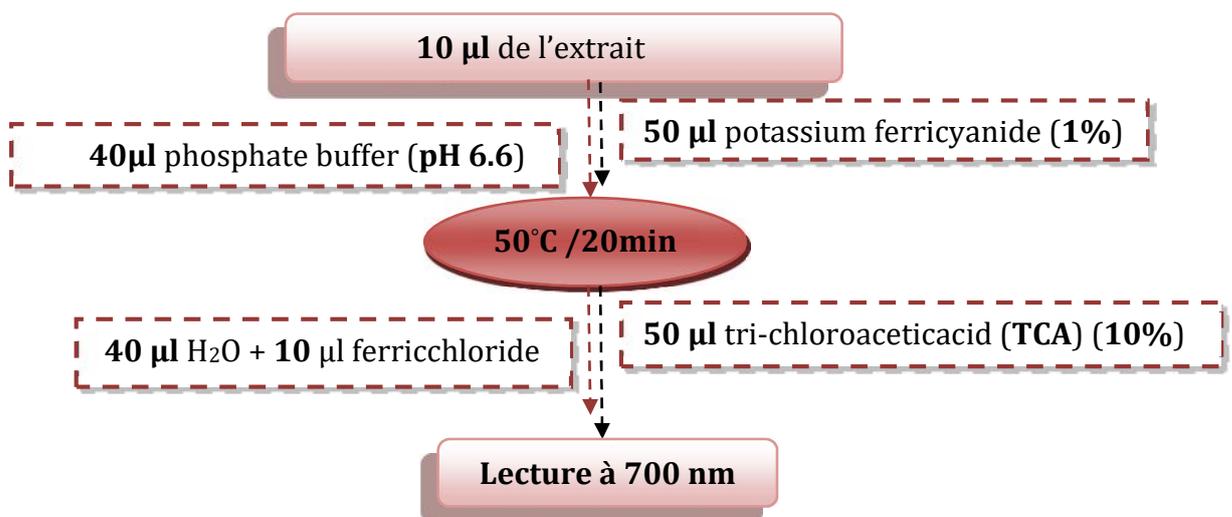


Figure N° 21 : Protocole d'évaluation du pouvoir réducteur (Oyaizu, 1986)

IV.3.9. Activité chélatrice du fer

) Principe

L'activité chélatrice du fer ferreux par les molécules pures est déterminée par la méthode décrite par **Sharma et Singh (2012)**, qui consiste à suivre l'inhibition de la formation du complexe fer ferrozine de couleur violette qui présente un maximum d'absorption à 562 nm. Cependant, en présence d'agent chélateurs, la formation de complexe est perturbée ce qui entraîne une diminution de la couleur. La mesure de la diminution de la couleur permet d'estimer l'activité de la chélation du fer (**Sharma et Singh, 2012**).

) Mode opératoire

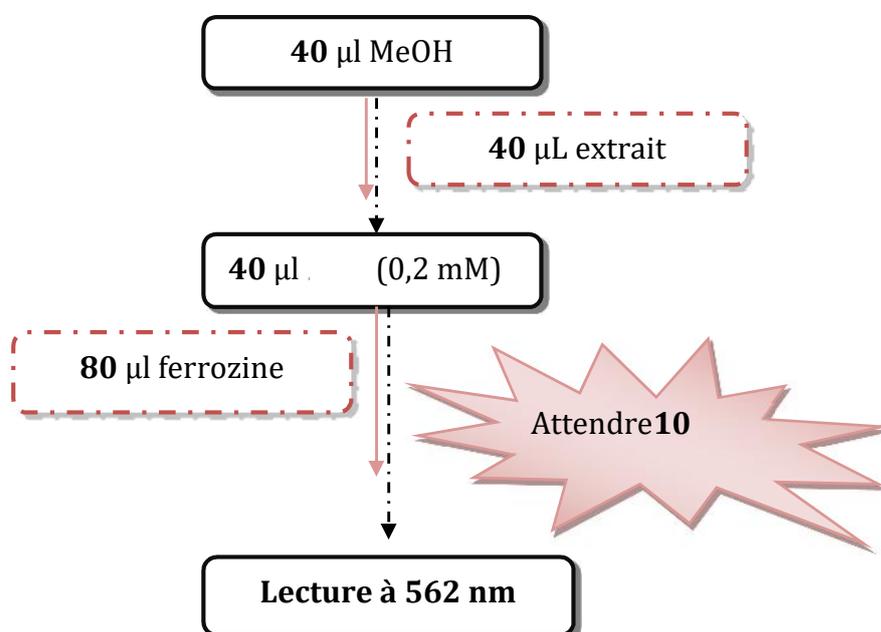


Figure N° 22 : Protocole d'évaluation de l'activité chélatrice du fer (**Dinis et al., 1999**)

- L'effet de l'alkylation des ions de fer est évalué par l'équation suivante :

$$\text{Fe}^{2+} \text{ chelating effect (\%)} = \left[\frac{\text{ABS}_{\text{control}} - \text{A}_{\text{echantillon}}}{\text{A}_{\text{Control}}} \right] * 100$$

IV.3.10. Activité chélatrice de Cuivre (CCA)

) Principe

La capacité des extraits à chélater Cu^{2+} a été évaluée à l'aide de la méthode utilisant du violet de pyrocatechol (PV) comme agent chromogène (**Saiga et al., 2003**). En milieu aqueux tamponné à un milieu légèrement acide (pH 6,0), les composés phénoliques peuvent se lier à Cu^{2+} , mais en fonction de la structure chimique, la réactivité de formation du complexe phénol-

Cu^{2+} est augmentée, mais il reste généralement un résidu de Cu^{2+} dans le milieu réactionnel. Parce que le cuivre n'est pas lié par les composés chimiques présents dans un échantillon test. Ensuite, le Cu^{2+} restant réagit avec le violet de pyrocatechol dans une proportion de 2:1, formant un complexe de couleur sombre pouvant être surveillé à 632 nm (Yang et Yin, 2010).

) Mode opératoire

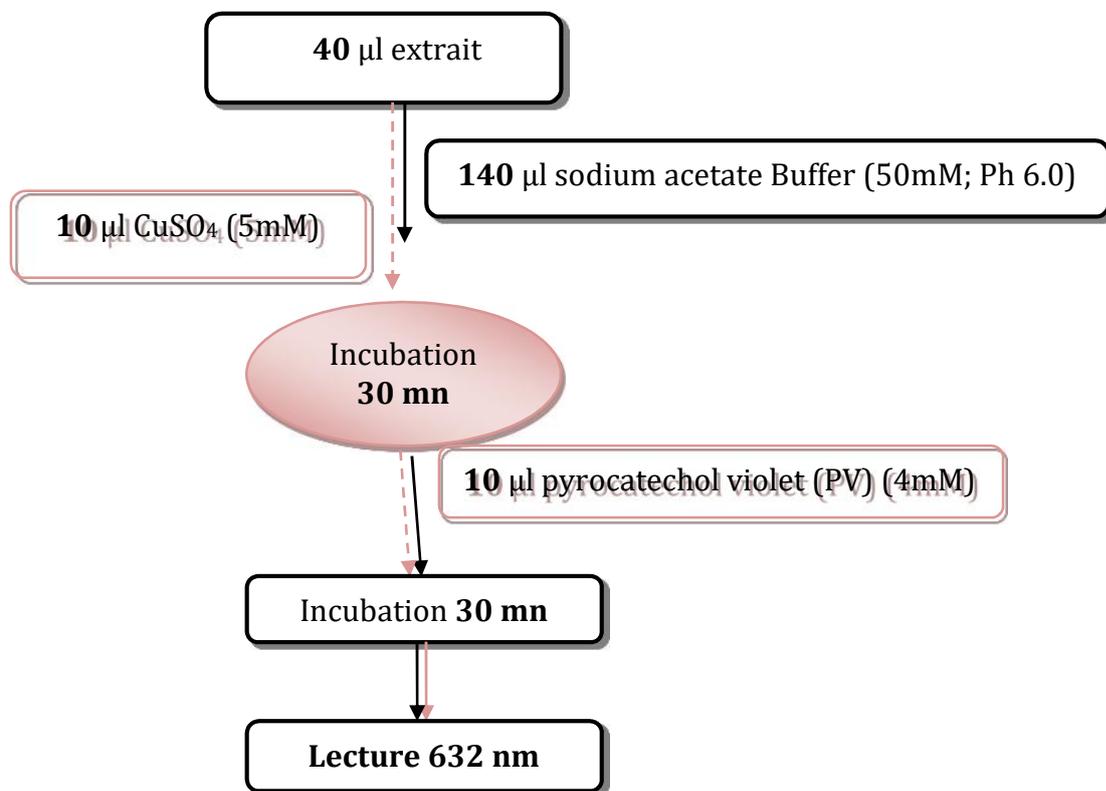


Figure N° 23 : Protocole d'évaluation de l'activité chélatrice de cuivre (CCA) (Sanchez-Vioque et al., 2013)

IV.3.11. Activité de piégeage du radical Galvinoxyl (GOR)

) Principe

Galvinoxyl est un capteur de radicaux disponible dans le commerce. Il trouve une utilisation à la fois comme sonde pour étudier les réactions radicalaires et comme inhibiteur de la polymérisation radicalaire. Galvinoxyl est un radical libre, stable ou accepteur d'hydrogène de couleur jaune foncé à haute absorbance. Ce radical perd sa coloration native quand il se lie avec des substances antioxydantes, qui lui transfèrent des électrons ou des protons. La forme réduite du Galvinoxyl confère à la solution une couleur jaune clair à faible absorbance. On mesure le changement de couleur grâce à un enregistrement à la longueur d'onde 428 nm (Shi et al., 2001).

Mode opératoire

L'activité Galvinoxyl radical (GOR) scavenging est déterminée par la méthode décrite par Shi H *et al* (2001).

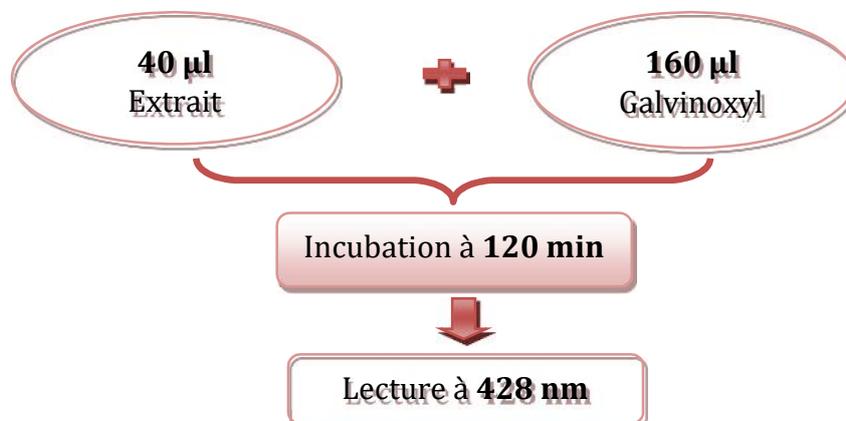


Figure N° 24 : Protocole d'évaluation de piégeage du radical Galvinoxyl (Shi *et al.*, 2001)

IV.3.12. Activité de la phénanthroline

Principe

La phénanthroline ou L'orthophénantroline est un composé organique formé de trois cycles aromatiques adoptant la disposition du phénanthrène. Les deux cycles opposés contiennent chacun un atome d'azote se faisant face. Elle fait partie des ligands bidentates. À ce titre, elle est susceptible de former des complexes, avec le fer par exemple. Seul le fer ferreux [Fe(II) ou Fe²⁺] forme un complexe stable avec La phénanthroline de couleur rouge orangé. On nomme ce complexe féroïen et il se prête bien à l'analyse colorimétrique ou photométrique à une longueur d'onde de 510 nm (Szydłowska-Czerniaka, 2008).

Mode opératoire

L'activité de phénanthroline est déterminée par la méthode de Szydłowska-Czerniaka (2008). Le BHT est utilisé comme standard.

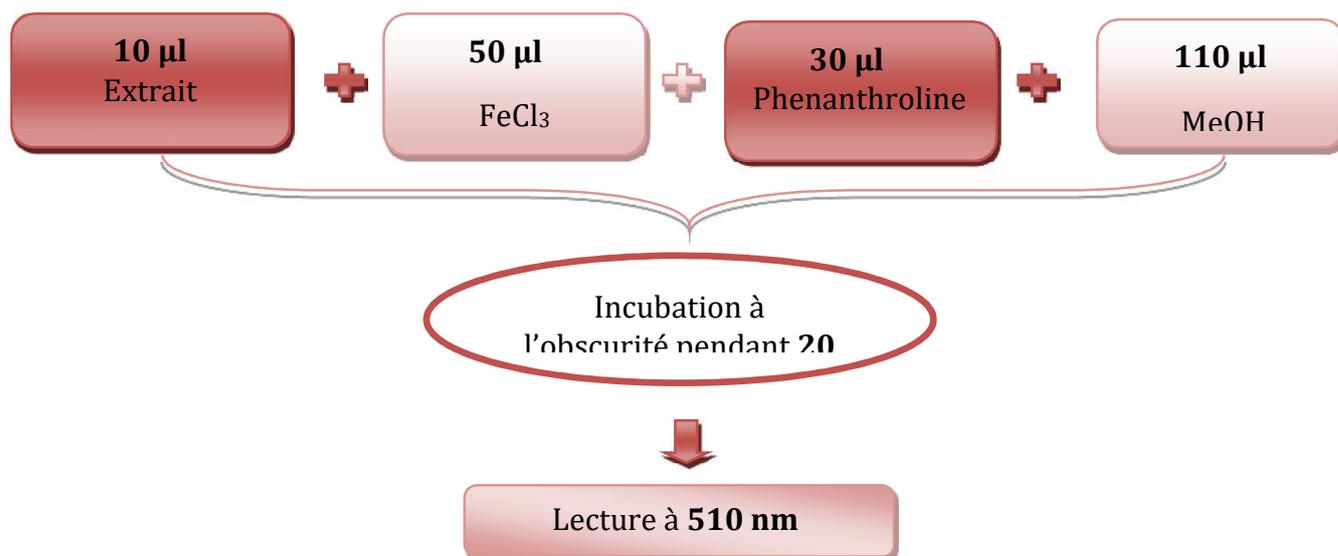


Figure N° 25 : Protocole d'évaluation de l'activité Phenanthroline (Szydłowska-Czerniaka, 2008)

IV.4. Activités inhibitrices des enzymes

IV.4.1. Activités antidiabétiques

A. Inhibition de l'Alpha amylase

L'amylase de mammifère, sécrétée par la glande pancréatique et de la salive comme étant une enzyme glycolytique à travers le suc pancréatique dans l'intestin, est l'enzyme clé qui catalyse la première étape du processus digestif des hydrates de carbone (glucides).

Les inhibiteurs de l'hydrolyse des hydrates de carbone par l'amylase dans le tractus digestif retardent leur digestion et prolongent son temps, causant une réduction dans le taux d'absorption du glucose (Raj *et al.*, 2008), et par conséquent diminution des niveaux de glucose plasmatique et abaissement de l'hyperglycémie (Hong *et al.*, 2008).

) Principe

L'activité inhibitrice de l' -amylase a été réalisée à l'aide de la méthode iode / iodure de potassium (IKI) (Zengin *et al.*, 2014) avec quelques modifications.

) Mode opératoire

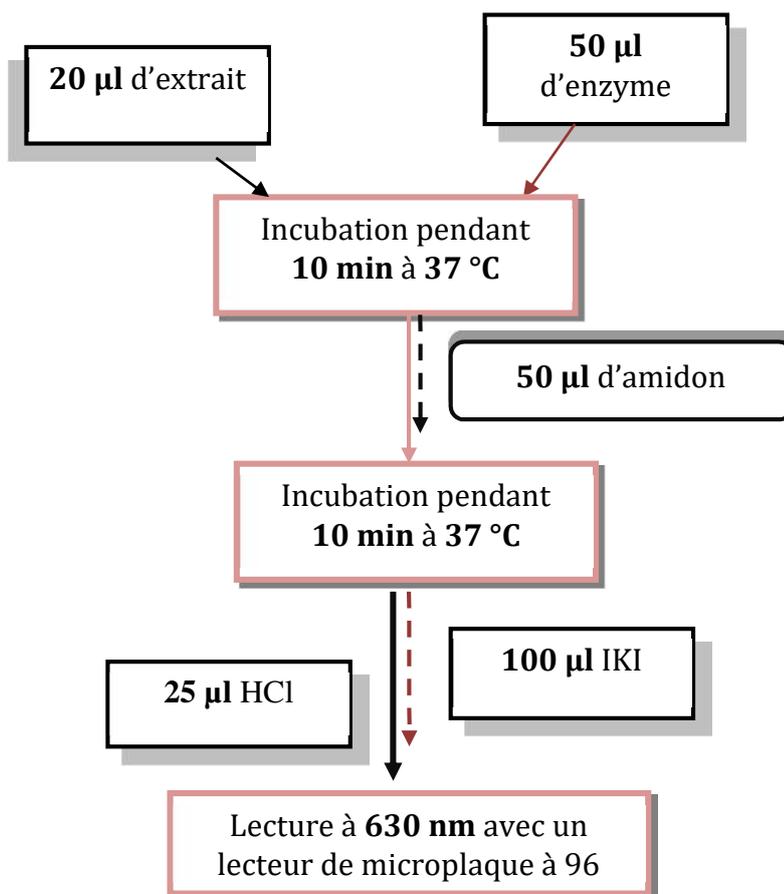


Figure N° 26 : Protocole d'évaluation de l'inhibition de l'alpha amylase
(Zengin *et al.*, 2014)

➤ Le pourcentage d'inhibition de l'alpha-amylase a été calculé par la formule suivante :

$$\% \text{Inhibition} = 1 - [\text{DO (KII+ Amidon)} - \text{DO (extrait)}] / [\text{DO (KII+Amidon)} - \text{DO (Control)}]$$

B. Inhibition de l' -glucosidase

) Principe

L'alpha-glucosidase (-D-glucoside glucohydrolase; EC 3.2.1.20) est une enzyme clé dans la digestion des glucides, se libéré dans la bordure de la brosse de l'intestin grêle, qui hydrolysent les liaisons -1,4-glycosidiques à partir de l'extrémité non-réductrice des oligosaccharides et des polysaccharides avec la libération de - glucose qui peuvent être absorbées par l'intestin (dolores *et al.*, 2006 ; wu *et al.*, 2012 ; kazeem *et al.*, 2013 ; abd el-mohsen *et al.*, 2014 ; poongunran *et al.*, 2015 ; sulistiyani *et al.*, 2016). Le principe consiste à mettre en contact, l'extrait brut avec l' glucosidase et son substrat et mesurer l'intensité de

l'absorbance à 405 nm, afin d'évaluer le degré d'inhibition de l'activité enzymatique par l'extrait testé (Shai et al. 2011). Le standard utilisé est l'acarbose.

) **Mode opératoire**

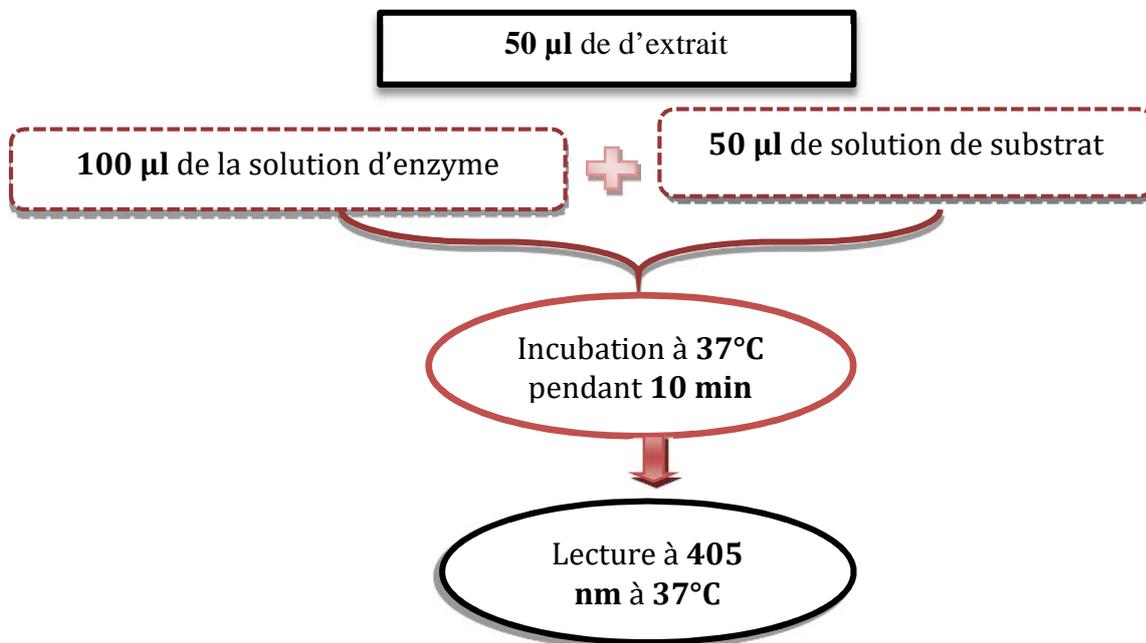


Figure N° 27 : Protocole d'évaluation de l'inhibition de l' α -glucosidase
(Lordan et al., 2013)

➤ Le pourcentage d'inhibition de l'alpha-glucosidase a été calculé comme suit :

$$\% \text{ AA} = [(\text{Abs contrôle} - \text{Abs extrait}) / \text{Abs contrôle}] \times 100$$

IV.4.2. Activité anticholinestérase

Inhibition de l'acétylcholinestérase et de la butyrylcholinestérase

) **Principe**

L'acétylcholinestérase est l'enzyme responsable de la métabolisation de l'acétylcholine, neurotransmetteur du système cholinergique qui est impliqué notamment dans les fonctions cognitives. L'inhibition de cette enzyme va engendrer une diminution du turnover de l'acétylcholine et donc augmenter les effets cholinergiques. Les inhibiteurs de l'acétylcholinestérase sont utilisés pour diminuer les symptômes de la maladie d'Alzheimer. Dans la Maladie d'Alzheimer, les cellules nerveuses se détériorent progressivement, surtout celles produisant de l'acétylcholine, substance importante pour la mémoire. On a montré qu'il

existe une baisse de la concentration d'acétylcholine dans le cerveau de patients atteints de Maladie d'Alzheimer. Les anticholinestérasiques diminuent l'activité de l'acétylcholinestérase, enzyme détruisant l'acétylcholine. Leur action favorise donc l'élévation de la concentration d'acétylcholine dans le cerveau.

L'activité Acétylcholinestérase et butyrylcholinestérase est déterminée par la méthode d'Ellman (**Ellman et al., 1961**).

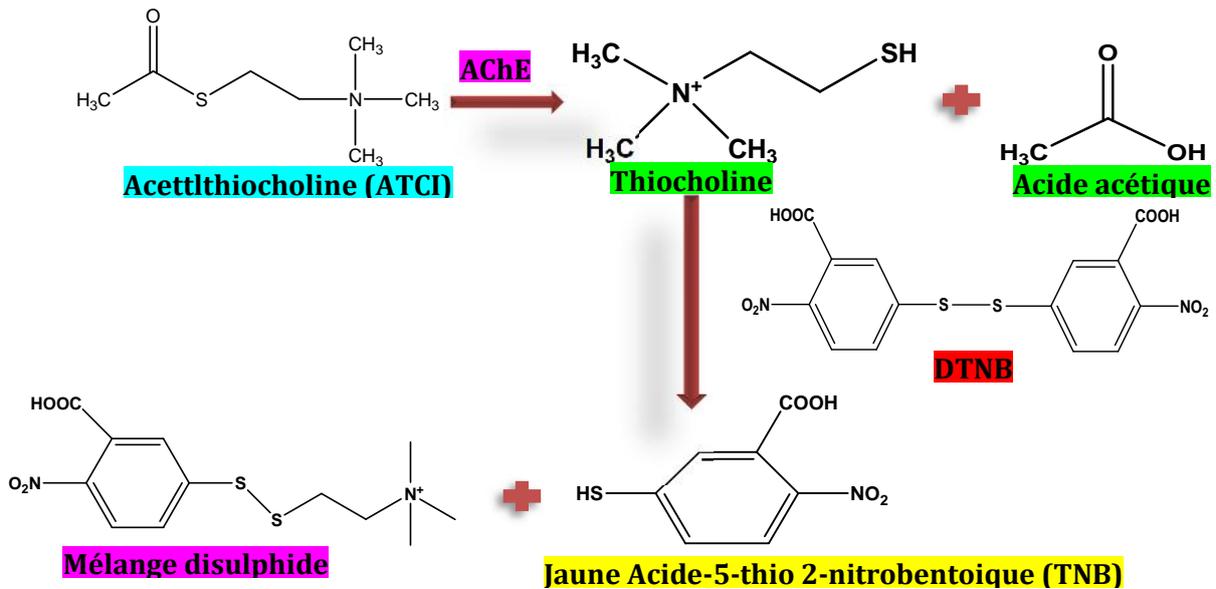


Figure N° 28 : principe de la réaction d'Ellman (**Ellman et al., 1961**)

) Mode opératoire

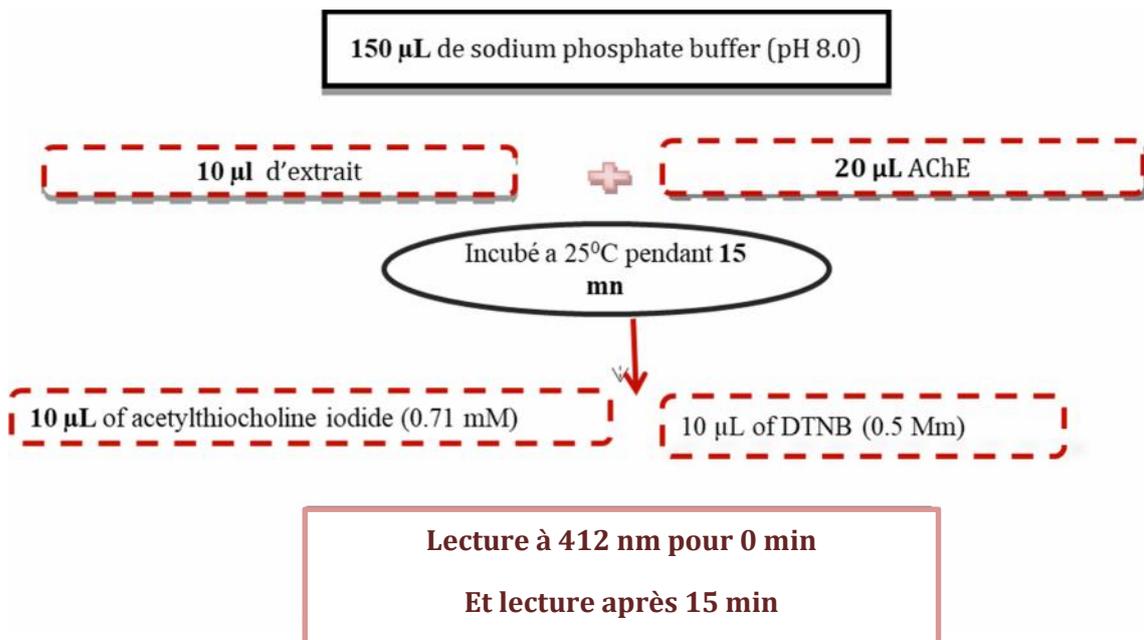


Figure N° 29 : Protocole d'évaluation de l'activité anticholinestérasiques (**Ellman et al., 1961**)

IV.4.3. Activité anti-tyrosinase

) Principe

L'activité tyrosinase est déterminée spectrophotométriquement en utilisant la L-tyrosine comme substrat. En présence de l'enzyme, la L-tyrosine est oxydée en o-quinone, un composé qui présente une absorbance maximale à 475 nm (Espin et al., 1995).

) Mode opératoire

L'activité tyrosinase est réalisée selon la méthode décrite par Deveci et al., (2018).

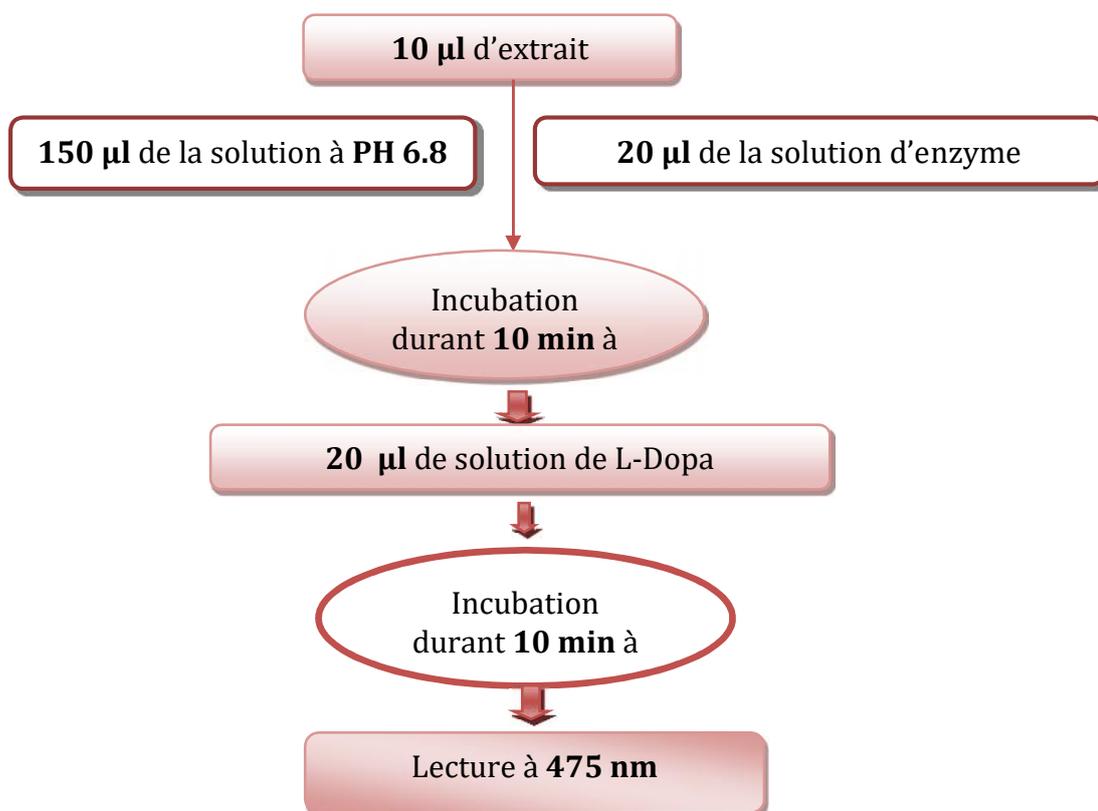


Figure N° 30 : Protocole d'évaluation de l'activité anti tyrosinase (Deveci et al., 2018)

IV.5. Activité antifongique

IV.5.1. Présentation de la souche fongique utilisée

Le genre *Fusarium*, décrit pour la première fois par Linke en 1809, appartient à la famille des Tuberculariacées, dans le groupe des hyphomycètes (champignons filamenteux) (Gims et al., 1989). La plus parts des espèces du genre *Fusarium* sont pathogènes.

Les plants de tomates sont attaqués par plusieurs agents pathogènes fongiques du sol. L'espèce de *Fusarium oxysporum f. sp lycopersic* l'agent pathogène le plus important, qui se

développe dans les sols cultivés et non cultivés, provoque les symptômes de la moisissure, de la pourriture racinaire et des maladies du flétrissement chez de nombreuses plantes, y compris la tomate (**Radwan, et al, 2016**).

IV.5.2. Position systématique

Embranchement : thallophyte.

Classe : Deutéromycète.

Famille : *Tuberculariacée*.

Genre : *Fusarium*.

Espèce: *Fusarium oxysporum*

Race: *Fusarium oxysporum f.sp. Lycopersici* (**Henni, 1998**)

Le genre *Fusarium* est bien connu pour son rôle important en phytopathologie, ce dernier regroupe un grand nombre d'espèces (**Messiaen et Cassini, 1968**).

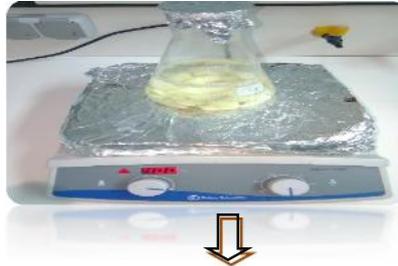
Les espèces de *Fusarium oxysporum* se caractérisent par une large gamme de plantes hôtes et la plupart des souches pathogènes de *F.oxysporum* envahissent le système vasculaire de ces plantes et présentent une spécificité parasitaire, c'est-à-dire que l'espèce ne peut attaquer qu'un hôte déterminé (**Ozenda, 1990**).

IV.5.3. Préparation du milieu de culture

Notre expérimentation a réalisé sur un milieu PDA (pomme de terre, dextrose, gélose). Le milieu de culture PDA est favorable pour la croissance des champignons phyto-pathogène.

- **Constituants :** 200g pomme de terre, 16 g agar-agar, 16 g Dextrose dans un 1 litre d'eau distillée.

200g de pomme de terre épluché et bien découpé avec 1000 ml d'eau distillée Bouillir à 100°C pendant 20 à 25 min



16 g de l'agar-agar s'ajoute au 1000 ml de l'eau recueillie de pomme de terre plus 16 g de dextrose avec conscience sous agitation à 65 °C jusque qu'il soit homogène.



Répartition du milieu PDA dans 7 Arlène de 25 ml



Stérilisation à l'autoclave pendant 30 min/121°C



Figure N° 31 : Protocole de la préparation d'un milieu PDA

IV.5.4. Préparation des solutions

A. Préparation des extraits

Cinq (5) concentrations des extraits testés de 5mg, 10mg, 20mg, 40mg, 80mg et 160 mg préparées dans 1 ml de DMSO, et les ajoutés à 100 ml de milieu PDA à 60 °C, puis réparti dans 4 boîtes de Pétri.

B. Préparation des contrôles positif et négatif

Un volume de 1 ml de solution de DMSO contenant 1 mg du produit lyophilisé a été ajouté à 100 ml de milieu PDA à 60 °C, préalablement stérilisé puis réparti dans 4 boîtes de Pétri. De même, 1 ml de DMSO a été ajouté à 100 ml de milieu PDA et a été considéré comme un contrôle positif. Le contrôle négatif contient le support PDA sans aucun autre produit (Song et al., 2004).



Figure N° 32 : Préparation des contrôles négatifs et positifs

C. Méthode de diffusion en milieu gélosé

L'activité inhibitrice des différents extraits, sur la croissance du mycélium des deux agents phyto-pathogènes, est déterminée en mesurant la croissance radiale du champignon sur un milieu PDA, contenant le complexe à tester. Expérimentalement, un disque de 5 mm de diamètre provient d'une jeune culture fongique et est déposé de manière aseptique au centre de la boîte de Pétri contenant le milieu PDA et le complexe à tester. L'expérience est répliquée 4 fois pour chaque traitement.



Figure N° 33 : L'ensemencement de la souche fongique

Après 7 jours d'incubation à 28° C, la croissance mycélienne de l'agent phytopathogène est mesurée à l'échelle millimétrique. Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition de la croissance de chaque champignon pour chaque extrait, par rapport au diamètre moyen des colonies de chaque champignon cultivé dans un milieu témoin.

Ainsi, l'activité d'inhibition a été exprimée en pourcentage et a été calculée selon la formule suivante : $I = (C - T / C) \times 100$ (Dennis et al., 1971). Où

I = taux d'inhibition en% ;

C = croissance radiale de l'agent phyto-pathogène en mm sur milieu PDA avec DMSO (témoin) ;

T = la croissance radiale, en mm, de l'agent phyto-pathogène sur milieu PDA contenant l'extrait à tester.

Chapitre II

Résultats et discussion

Chapitre II : Résultats et discussion

I. Dosage des polyphénols et des flavonoïdes

I.1. Dosage polyphénols

Les valeurs moyennes de la concentration en polyphénols des extraits bruts des épices étudiés sont représentées dans la figure n° 34 calculés à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique à une longueur d'onde 765 nm.

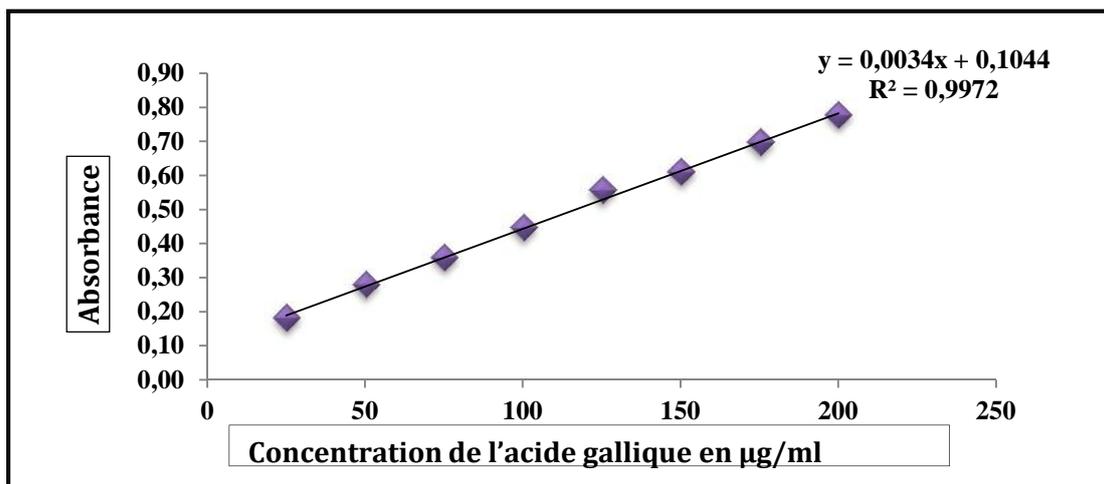


Figure N° 34 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

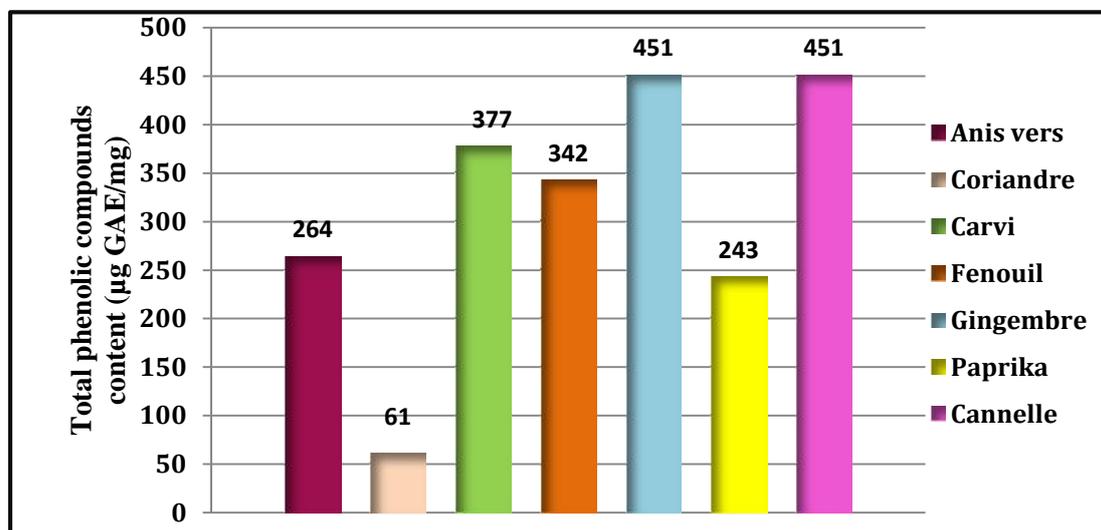


Figure N° 35 : La teneur en polyphénols des extraits bruts des épices.

Les résultats du dosage des composés phénoliques totaux, représentés dans la figure n°36, montre que la quantité des composés phénoliques des différents extraits varie entre 61.65 ± 1.64 et 451.65 ± 0.44 µg GAE/mg d'extrait. Le taux des composés phénoliques le plus élevé a été détecté pour la cannelle avec une teneur de 451.65 ± 0.44 µg GAE/mg, suivi par le

gingembre, carvi, fenouil, anis vert et paprika avec des teneurs de 451.45 ± 0.44 , 377.33 ± 1.91 , 343.63 ± 5.15 , 264.39 ± 2.2 et 243.50 ± 9.85 $\mu\text{g GAE/ml}$ respectivement. La plus faible teneur a été enregistrée dans la coriandre avec une concentration de $61.65 \pm 1.64 \mu\text{g GAE/mg}$.

Les composés phénoliques interviennent dans les relations entre la plante et les organismes vivants qui l'entourent. Ils sont probablement des éléments essentiels de la coévolution des plantes avec les organismes vivants, tels que les parasites, les pathogènes et les prédateurs, mais aussi les pollinisateurs et les disséminateurs. Sans oublier d'autres influents importants tels que, le stade de développement (taux de maturité), la déficience en éléments nutritives, la sécheresse, et l'intensité lumineuse. Ces différentes relations ont donné lieu à une extrême diversification quantitative et qualitative des épices en composés secondaires (Pichersky et Gang, 2000).

I.2. Dosages des flavonoïdes

La détermination quantitative des flavonoïdes s'effectue par la méthode de trichlorure d'aluminium, basé sur la formation d'un complexe flavonoïde-ion d'aluminium, ayant une absorbance maximale à 430 nm.

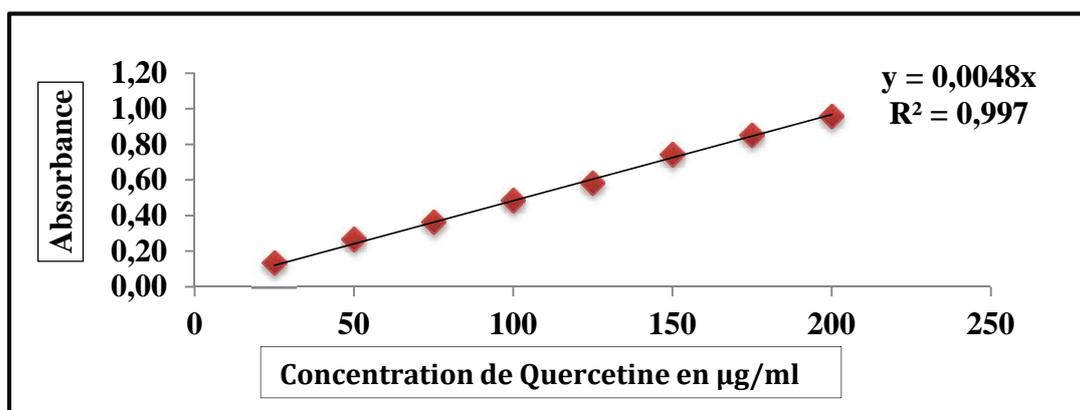


Figure N° 36 : Courbe d'étalonnage de la Quercétine.

La quercétine a été utilisée comme étalon, les résultats obtenus sont représentés dans une courbe d'étalonnage ayant l'équation : $(Y=0,004X)$ avec $R^2=0,997$. En parallèle les résultats du dosage des flavonoïdes des différentes épices sont illustrés dans la figure ci-dessous

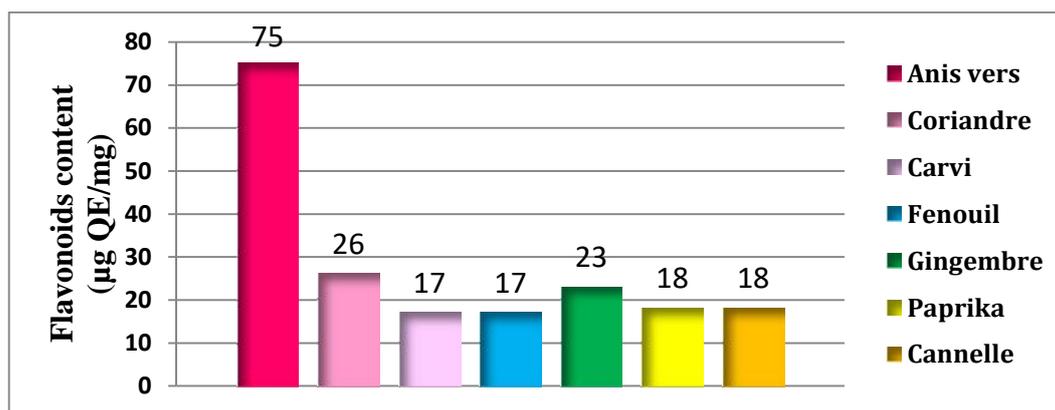


Figure N° 37 : La teneur en flavonoïdes des extraits bruts des épices.

Les résultats de dosage des flavonoïdes des extraits bruts des épices montrent que l'extrait de l'anis vert présente la plus forte teneur en flavonoïdes avec une concentration de 75.06 ± 4.86 µg EQ/mg d'extrait suivie par la coriandre et le gingembre avec un teneur de 26.38 ± 0.88 µg EQ/mg d'extrait, 23.19 ± 2.06 µg EQ/mg respectivement.

Les autres épices (paprika, cannelle, carvi, fenouil) présentaient des teneurs en flavonoïdes plus faible de l'ordre de 18.95 ± 0.88 , 18.05 ± 0 , 17.98 ± 0.14 , 17.5 ± 1.62 µg EQ/mg respectivement.

Les résultats enregistrés dans la présente étude laissent constater qu'il n'y a pas toujours une corrélation positive entre les teneurs d'un épice en polyphénols et en flavonoïdes. Par exemple, le carum carvi renferme 377.33 ± 1.91 µg EQ/mg en polyphénols, alors que la teneur en flavonoïdes n'est que de 17.98 ± 0.14 µg EQ/mg d'extrait.

Outre, Cinnamomum cassia renferme 451.64 ± 3.52 µg EQ/mg en polyphénols, mais la concentration en flavonoïde atteint 18.05 ± 0 µg EQ/mg. Cette même constatation est signalée par **Vundac et al., (2007)** qui ont démontré une corrélation négative entre la teneur en polyphénols totaux de quelques épices et celle en flavonoïdes.

L'existence des flavonoïdes dans les épices, même en faibles quantités, leur confèrent des vertus médicinales propres à la nature des flavonoïdes qu'elles renferment. La quercétine et le kaempferol sont contenus dans la cannelle (**Prasad et al., 2009**) ; la flavone glycoside et la rutine dans le gingembre (**Ghasemzadeh et al., 2010**) ; la quercetin-3-glucuronide, la rutine, le luteolin-7-glucoside, l'isoorientine, l'isovitexine, et l'apigenin-7-glucoside dans l'anis vert (**Charles, 2013**), la quercétine et le kaempferol dans le fenouil (**Dua et al., 2013**) et les flavonols dans le coriandre (**Dias et al., 2011**).

Les résultats de **Agrahari et al., 2014** soulignent la richesse du carvi en flavonoïdes. Ces flavonoïdes incluent le 3-O-méthyl quercétine, l'isoquercétine, la quercétine 3-O-cafféylglucoside, et le kaempferol 3-glucoside conférant à l'épice une multitude d'activités biologiques, antidiarrhéique (**Galvez et al., 1993 ; Laribi et al., 2010**), antimicrobienne, antifongiques, anti-hyperglycémique, anti-hyperlipidémique, anti-tumoral et autres (**Iacobellis et al., 2005 ; Mehdi et al., 2009**).

II. Les activités antioxydantes

Les extraits sont des mélanges de plusieurs composés, avec différents groupements fonctionnels, polarités et comportements chimiques. Cette complexité chimique des extraits pourrait mener à des résultats dispersés selon l'essai utilisé. Par conséquent, une approche avec des analyses multiples pour évaluer le potentiel antioxydant des extraits serait plus instructif et même nécessaire (**Ozturk et al., 2007**).

Dans ce travail, 12 méthodes de dosage de l'activité antioxydante ont été utilisées : méthode de DPPH, ABTS, GOR, CUPRAC, CCA, PRAC, méthode de blanchissement de carotène, pouvoir réducteur, le superoxyde DMSO alcalin, Phenanthroline est deux méthodes de chélation de fer.

II.1. Test de piégeage du radical libre DPPH

Le DPPH est un radical libre, stable, qui possède une bande d'absorbance à 517 nm, employé pour évaluer l'activité antioxydante des composés polyphénoliques. Dans ce test on utilise le BHT, BHA et le α -tocophérol comme standard.

L'activité de piégeage du radical libre DPPH \bullet d'extraits des différentes épices étudiées est exprimée en valeur IC₅₀ (la concentration d'extrait nécessaire pour inhiber 50% du radical libre DPPH \bullet). Les résultats obtenus sont consignés et représentés dans un histogramme dans la figure ci-dessous.

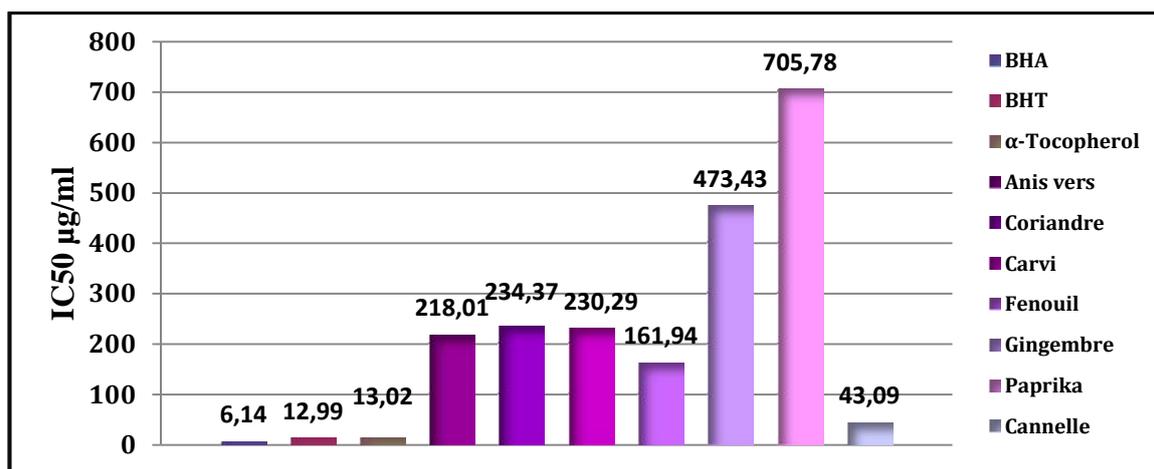


Figure N° 38 : Valeurs des IC₅₀ pour l'activité du Piégeage de DPPH des extraits bruts des épices exprimés en µg/ml.

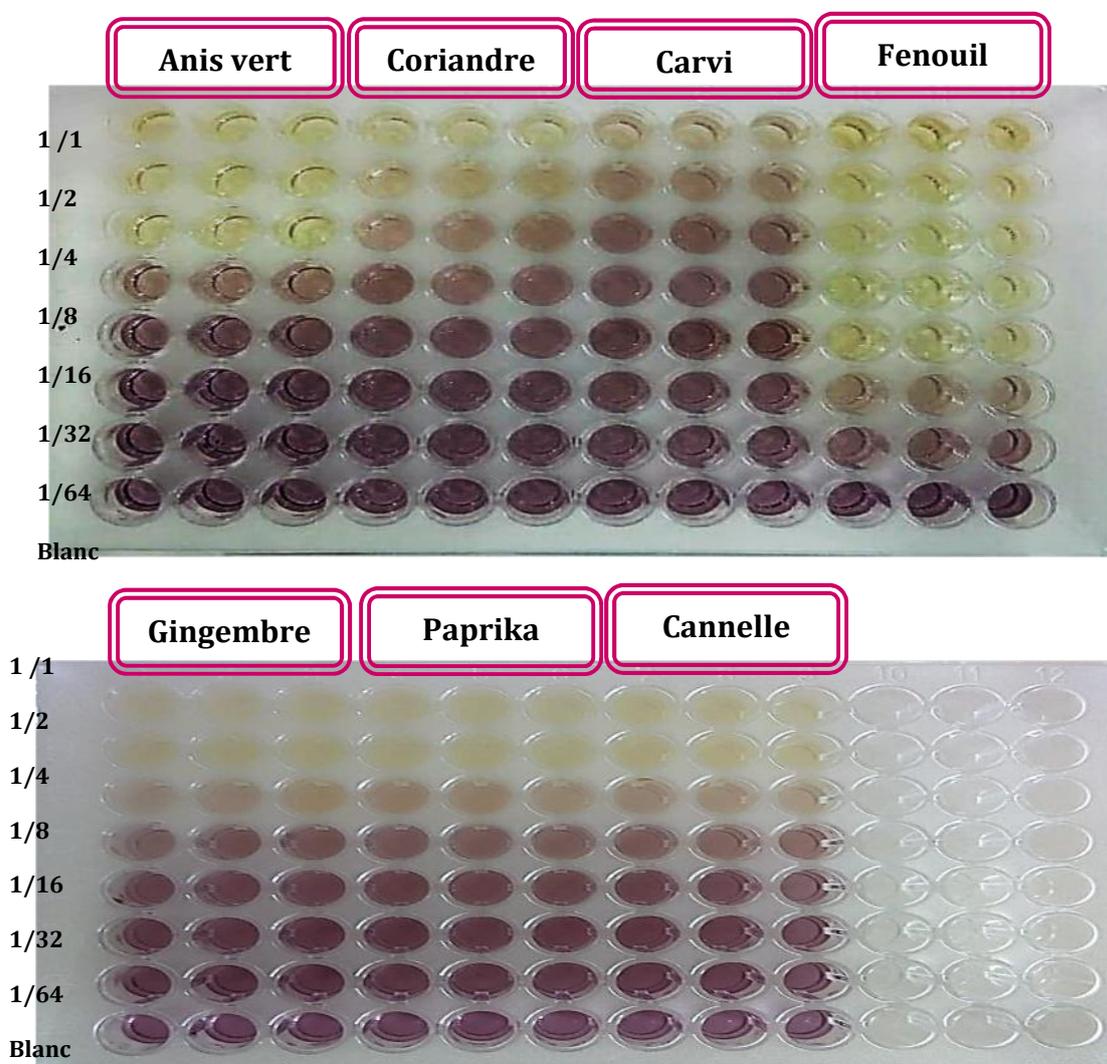


Figure N° 39 : Profile des microplaques (1) et (2) de l'activité DPPH.

Une valeur IC_{50} inférieure indique une activité antioxydante plus élevée (**Pokorny et al., 2001**). L'activité antioxydante des extraits bruts des épices est inversement proportionnelle à la valeur d' IC_{50} . Les résultats obtenus constatent que la cannelle présente une bonne capacité à piéger le radical DPPH avec une IC_{50} de $43.09 \pm 1.73 \mu\text{g/ml}$ mais leur IC_{50} est supérieur à celles des standards utilisés le BHT et le α -Tocophérol avec une IC_{50} de $12.99 \pm 0.41 \mu\text{g/ml}$ et $13.02 \pm 5.17 \mu\text{g/ml}$ respectivement. Par contre la cannelle possède une faible activité d'inhibition des radicaux libre DPPH en comparaison à BHA avec IC_{50} de $6.14 \pm 0.41 \mu\text{g/ml}$. L'anis vert, la coriandre, le carvi, le fenouil, le gingembre et le paprika présentent les activités antioxydantes les plus faibles. Leurs IC_{50} sont de 218.01 ± 1.64 , 234.37 ± 1.77 , 230.29 ± 2.05 , 161.94 ± 0.31 , 473.43 ± 4.27 , $705.78 \pm 1.11 \mu\text{g/ml}$ respectivement.

Ce test a permis de montrer que parmi les 7 plantes aromatiques testées la cannelle possède la plus forte activité antiradicalaire par le test au DPPH comme ils ont décrit les auteurs (**Sindhu et Abraham, 2005**) avec une IC_{50} égale à $22.4 \mu\text{g/ml}$.

Par contre, L'anis vert, la coriandre, le carvi, le gingembre montre faible activité qu'est incompatible avec les résultats obtenus d'après les auteurs suivant (**Azemi et al., 2010 ; Msaada et al., 2013 ; wojedylo et al., 2007 ; Mujeeb et al., 2011**) qu'ils ont montré que ces épices en une forte activité antioxydante dans le teste DPPH avec des IC_{50} de 114 ± 0.01 ; 36 ± 3.22 ; 153 ± 2.3 ; $24.97 \pm 0.03 \mu\text{g/ml}$ respectivement. Tandis que le paprika et le fenouil affichent des résultats proches des résultats montrés par **Ghanem et al. (2012)** et **Sil et al., (2007)** qui ont trouvé que ces épices ont une faible capacité de d'inhibition des radicaux libre de DPPH avec des valeurs de IC_{50} de 93.34 et $371.93 \mu\text{g/ml}$ respectivement.

II.2. Test de Piégeage de l'ABTS

Dans cette étude nous avons estimé l'activité antioxydante des différents extraits des épices, en utilisant la méthode basée sur la capacité d'une substance à piéger le radical $ABTS^{\bullet+}$ par rapport à des antioxydants standard BHA et BHT. Les résultats sont présentés dans la figure n° 40.

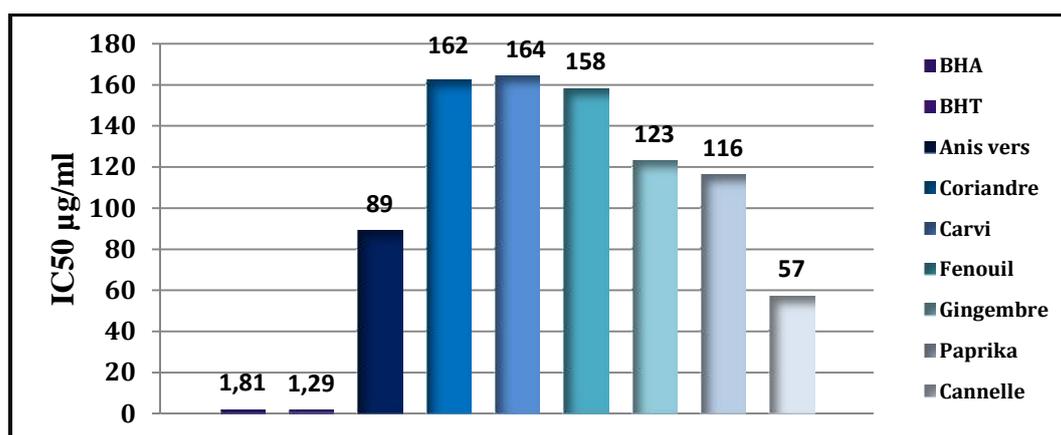


Figure N° 40 : Valeurs des IC₅₀ pour l'activité du Piégeage de l'ABTS des extraits bruts des épices.

D'après les résultats représentés dans l'histogramme illustrée au-dessus, la cannelle possède le potentiel de piégeage du radical ABTS+• le plus important estimé par une IC₅₀ (57.75±2,50 µg/ml) suivi par l'anis vert avec une potentiel (IC₅₀ égale 89.21±1.02 µg/ml). Alors que, les autres extraits (paprika, gingembre, fenouil, coriandre et carvi) possédaient le plus faible potentiel de piégeage du radical ABTS+• estimé par une IC₅₀ égale à 116.05±1.86, 123.44±4.20, 158.42±1.31, 162.02±1.37 et 164.46±1.61 µg/ml respectivement. Ces résultats obtenus restent loin d'être comparé aux standards BHA et BHT avec des IC₅₀ égale à 1.81±0.10 et 1.29±0.30 µg/ml respectivement.

La capacité antioxydante des extraits de plantes est largement dépendante de la composition de ces extraits ainsi que les conditions de manipulation des tests *in vitro* (Wong et Koh, 2006). L'activité antioxydante des différentes épices pourrait être liée à sa richesse en polyphénols. Les travaux de Sindhu et al., 2005 sur *Cinnamomum*, Maizura et al., 2011 ; Yesiloglu et al., 2012 ; Chiang et al., 2017 sur le *Zingiber officinale*, Lubomirova et al., 2013, sur le *Carum carvi*, *Foeniculum vulgare*, *Coriandrum sativum* et *Pimpinella anisum* et Gorinstein et al., 2009 sur *capsicum* soulignent la richesse des épices décrites en composés phénoliques.

II.3. Test de la capacité antioxydante par réduction du cuivre (CUPRAC)

Dans cette étude nous avons estimé l'activité antioxydante de différents extraits des épices, en utilisant la méthode CUPRAC qui est basée sur l'absorbance de chélation du Cu(I)-néocuproïne (NC), elle permet de mesurer la réduction des ions cuivrique (Cu II) en ions cuivreux (Cu I) (Özyurek et al., 2010) qui absorbe à 450 nm. Les résultats sont illustrés sous forme d'histogramme dans la figure N° 41.

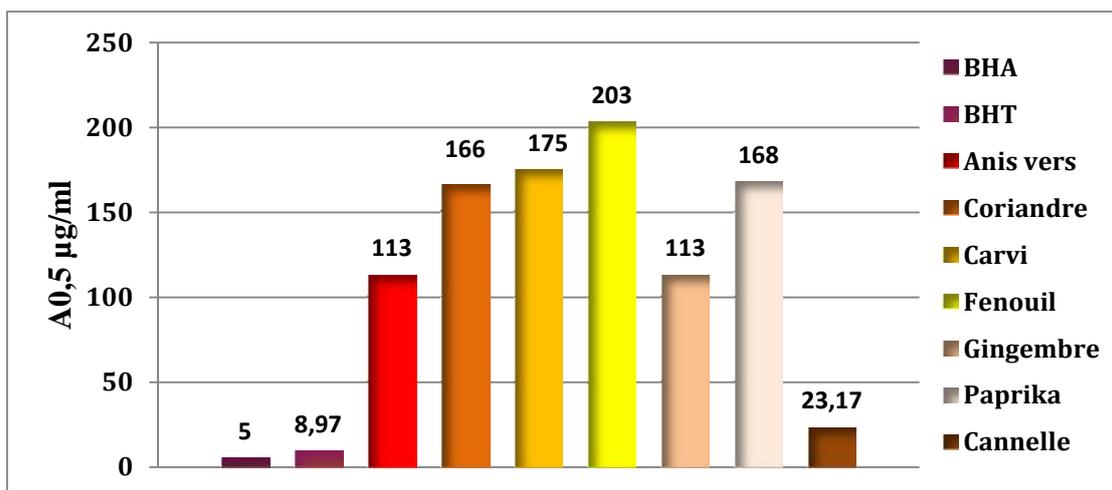


Figure N° 41 : Valeurs de A_{0,5} pour l'activité CUPRAC des extraits bruts des épices.

L'examen des résultats laisse constater que la cannelle présente la plus forte activité que celle des autres extraits avec A_{0,5} (23.17±0,30 µg/ml), qui est presque comparable aux antioxydants de synthèse BHA et BHT qui a montré une A_{0,5} (5.35±0,71 et 8.97±3.94 µg/ml respectivement). Tandis que, l'anis vert, paprika, le gingembre, le fenouil, la coriandre et le carvi présentaient des faibles activités A_{0,5} égale (113.23±0.74, 113,33±0.80, 166.92±3.37, 175.04±5.89, 168.71±0.66 et 203.08±2.39 µg/ml).

On peut dire donc que nos résultats sont en accords avec les travaux précédant **Derbie et al., 2018** qui a montré que la cannelle possède une forte activité cette dernière peut être liée à sa richesse en polyphénols et flavonoïde (**Tacouri et al., 2013**).

II.4. Test de piégeage de radical Superoxyde DMSO Alcalin

L'activité de piégeage des radicaux superoxydes a été déterminée par la méthode DMSO alcalin dans les différents extraits des épices. Les valeurs d'IC₅₀ sont représentées sur la figure suivante, ainsi l' -tocophérol et l'acide tannique ont été utilisés comme témoin positif.

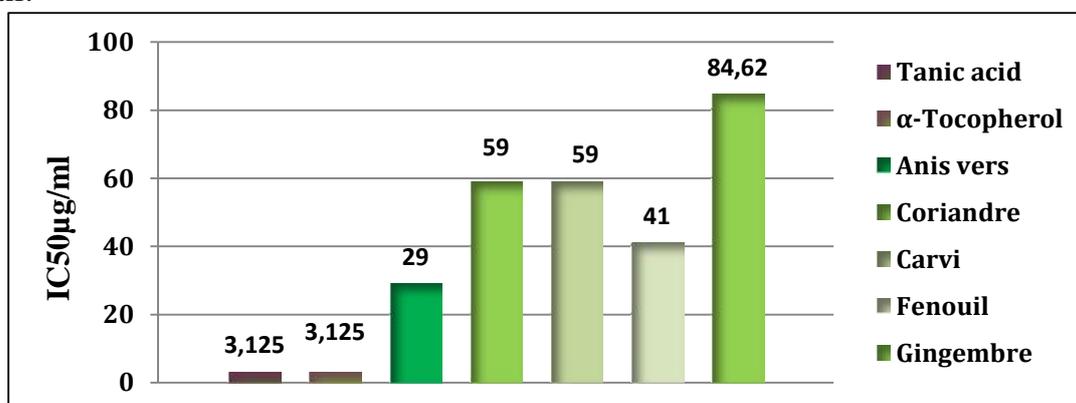


Figure N° 42 : Valeurs des IC₅₀ pour l'activité DMSO alcalin des extraits bruts des épices.

D'après les résultats illustrée ci-dessus, la cannelle et le paprika montrent de forte inhibition de l'anion superoxyde où la concentration la plus faible 12,5 µg/ml présente un taux d'inhibition plus de 90%. L'anis vert possède un potentiel de piégeage du superoxyde DMSO alcalin important avec une IC₅₀ (29.95±0.49 µg/ml) suivi par le fenouil avec un potentiel moyen (IC₅₀ égale à 41.56±4.14 µg/ml). Alors que, les autres extraits (gingembre, coriandre et carvi) possédaient le plus faible potentiel de piégeage du superoxyde DMSO alcalin estimé par une IC₅₀ 59.34±5.42, 59.88±0.40 et 84.62±3.98 µg/ml respectivement. Ces résultats restent loin d'être comparable aux standards BHA et BHT qui présentent des IC₅₀ égale à 1.81±0.10 et 1.29±0.30 µg/ml respectivement.

D'après les résultats illustrés ci-dessus on peut dire que les extraits testés ont des bonnes activités antioxydante dans le test Superoxyde DMSO Alcalin. Ces résultats sont en accord avec ceux présentés par **Gulçin et al., 2003** sur l'anis vert ; **Deepa et al., 2010** sur la coriandre ; **Thippeswamy et al., 2013** sur le carvi ; **Oktay et al., 2002** sur le fenouil et **Mujeeb et al., 2011** pour son travail sur le gingembre. D'autre part, nos résultats sur le paprika sont en forte contradiction avec ceux trouvés par **Sil et al., 2007**.

II.5. Test du pouvoir réducteur

Selon **WANG et al., 2008**, le pouvoir réducteur est un indicateur significatif du potentiel antioxydant d'une substance. La présence des réducteurs dans les extraits des plantes provoque la réduction de Fe³⁺/complexe ferricyanide à la forme ferreuse. Par conséquent, Fe²⁺ peut être évalué en mesurant l'absorbance dans le milieu réactionnel à 700 nm. L'activité des extraits est exprimée en valeurs A_{0,5} dont les standards utilisés sont : l'Acid tannique, l'Acid ascorbique et -Tocophérol. Les résultats sont exprimés sur l'histogramme illustrés dans la figure n° 43.

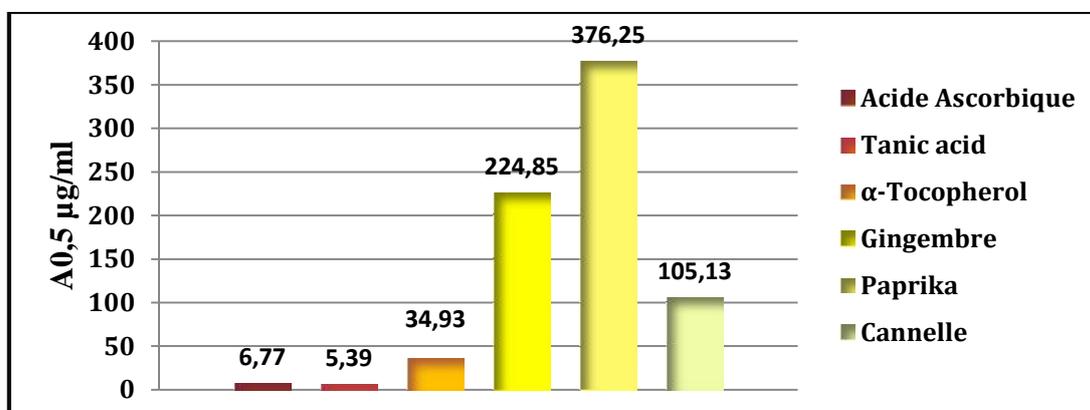


Figure N° 43 : Valeurs de A_{0,5} pour l'activité FRAP des extraits bruts des épices.

Les résultats ont indiqué que le gingembre, le paprika et la cannelle ont une faible pouvoir réducteur du fer avec une $A_{0.5}$ de $224,85 \pm 2,78$, $376,25 \pm 2,25$ et $105,13 \pm 0,88 \mu\text{g/ml}$ respectivement par rapport aux standards utilisés (acide tannique, acide ascorbique et le - Tocophérol) avec une $A_{0.5}$ de 5.39 ± 0.91 , 6.77 ± 1.15 et $34.93 \pm 2.38 \mu\text{g/ml}$ respectivement. Par ailleurs, l'anis vert, la coriandre, le carvi et le fenouil ne présentent aucune capacité antioxydante dans ce test. Les résultats obtenus sont comparables à celle de **Jang et al., 2006** pour la cannelle qui a trouvé qu'elle présente un pouvoir réducteur de fer avec $A_{0.5}$ $81.8 \pm 0.5 \mu\text{g/ml}$. Cependant, d'après **Sil et al., 2007** pour son étude portant sur le pouvoir réducteur du paprika ce dernier montre une faible activité antioxydante avec un $A_{0.5}$ très élevé de $1085,33 \mu\text{g/ml}$ ce qu'est en contradiction avec nos résultats. Pour le gingembre nos résultats sont plus loin à celle de **Mujeeb et al., 2011** qui a montré que le gingembre a une forte activité avec un $A_{0.5}$ inférieure au standard utilisé.

Les auteures **Azemi et al., 2010** ; **Mssada et al., 2013** ; **Wojdyło et al., 2007** ont montrés que l'anis vers, la coriandre et le carvi ont des bonnes activités avec les valeurs $A_{0.5}$ suivants 237 ± 0.5 , 54.20 ± 6.22 et $40.9 \pm 1.23 \mu\text{g/ml}$ respectivement. Aussi **Oktay et al., 2002** a montré que le fenouil comme un fort antioxydant dans le test de FRAP avec un $A_{0.5}$ inférieur à celle de standard utilisée ce qui est en désaccord avec nos résultats.

II.6. Activité de chélation de Cuivre (CCA)

Dans ce test, La capacité des extraits à chélater Cu^{2+} a été évaluée à l'aide de la méthode utilisant du violet de pyrocatechol (PV) comme agent chromogène et exprimé en valeurs IC_{50} . La concentration de l'échantillon fournissant 50% d'inhibition (IC_{50}) est présenté dans la figure n° 48. En parallèle l'EDTA a été utilisé comme témoin positif.

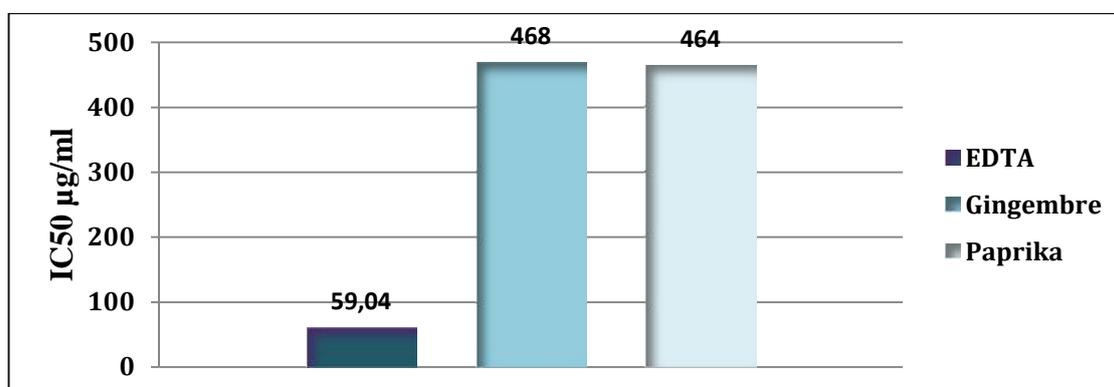


Figure N° 44 : Valeurs des IC_{50} pour l'activité de chélation de Cuivre des extraits bruts des épices.

Dans cette étude nous avons testé les sept extraits des épices. Cependant, seul le gingembre et le paprika sont représentés dans la figure ci-dessus. La présente étude a montré que ces deux extraits (gingembre et paprika) possèdent une activité avec une IC_{50} de $468,24 \pm 5,51$ et $464,31 \pm 2,35$ $\mu\text{g/ml}$, mais cette activité était plus faible et loin que celle du contrôle positif EDTA dont l' IC_{50} est égale à $59,04 \pm 0,56$ $\mu\text{g/ml}$. Les résultats obtenus sont peu similaires à l'étude montrée par **Sil et al., 2007** et **Aydin et al., 2013** pour le paprika et la cannelle. En parallèle, l'anis vers, la coriandre, le carvi, le fenouil et la cannelle n'ont présenté aucune activité chélatrice de cuivre ceci s'oppose à l'étude menée par **Gulçine et al., 2002** ; **Harsha et al., 2012** ; **Misan et al., 2011** ; **Salama et al., 2013** ; **Mathew et al., 2005**.

II.7. Test de piégeage du radical Galvinoxyl (GOR)

Dans cette étude, nous avons estimé l'activité antioxydante de différents extraits des épices, en utilisant la méthode GOR. Les résultats sont présentés sur la figure n° 45 :

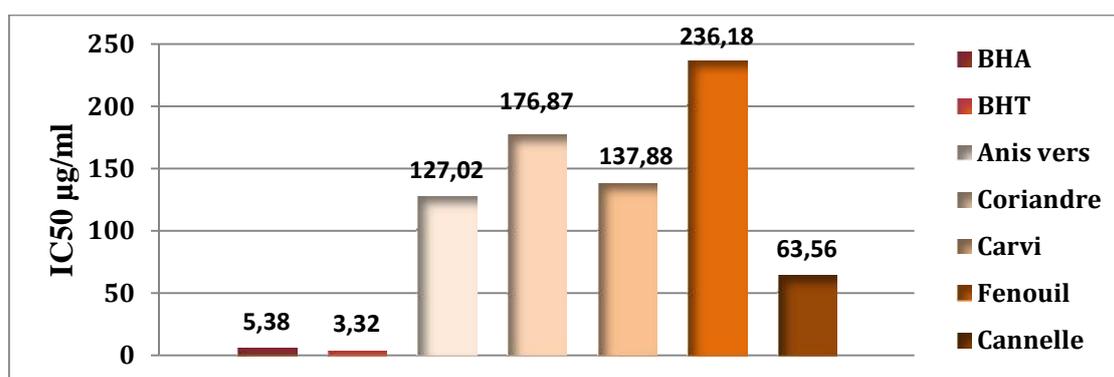


Figure N° 45 : valeurs des IC_{50} pour l'activité GOR des extraits bruts des épices

Dans cette étude sept extraits ont été testé pour leur pouvoir antioxydant par la méthode GOR. Cependant, seule cinq extraits ont montré des IC_{50} que nous avons pu calculer. Les résultats ont montré une activité antioxydante relativement élevée pour la cannelle avec une IC_{50} de $63,56 \pm 4,85$ $\mu\text{g/ml}$, mais cette activité est faible par rapport à celle du standards BHA et BHT ($5,38 \pm 0,06$ et $3,32 \pm 0,18$ $\mu\text{g/ml}$). Les autres extraits (anis vert, carvi, coriandre et fenouil) présentaient la plus faible activité avec une IC_{50} égale à $127,02 \pm 0,20$, $137,88 \pm 0,66$, $176,87 \pm 1,19$, $236,18 \pm 3,65$ $\mu\text{g/ml}$ respectivement. Ce qui est loin et incomparable à celle affichée par le BHA et BHT. Alors que ces résultats obtenus sont comparables à ceux obtenus avec **Lubomirova et al., 2013** et **Derbie et al., 2018** qui ont trouvé que la cannelle présente une forte activité antiradicalaire par rapport aux autres extraits.

II.8. Test de la phenanthroline

Les $A_{0,5}$ des extraits des différentes épices ainsi que de l'acide ascorbique utilisé comme témoins positif sont calculées et consignées dans la figure n°46.

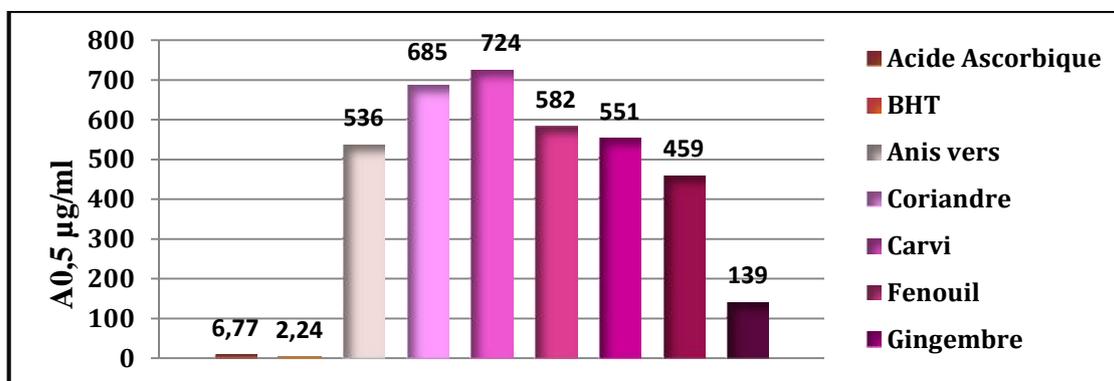


Figure N° 46 : Valeurs de $A_{0,5}$ pour l'activité phenanthroline des extraits bruts des épices.

D'après les résultats représentés dans l'histogramme illustré au-dessus, on constate que la cannelle révèle une capacité antioxydante plus élevée que celle des autres extraits avec $A_{0,5}$ 139.55 ± 7.87 µg/ml. Pour le paprika l' $A_{0,5}$ est de l'ordre de 459.91 ± 35.11 µg/ml. Cette valeur est plus élevée par rapport à celle de BHT et BHA. L'anis vert, le gingembre, le fenouil, la coriandre et le carvi présentent les activités antioxydantes les plus faibles, leurs $A_{0,5}$ sont de 536.50 ± 44.21 , 551.23 ± 22.99 , 582.00 ± 11.53 , 685.00 ± 19.49 et 724.17 ± 13.25 µg/ml respectivement. Les résultats obtenus restent loin d'être comparable avec ceux affichée par les standards BHT et BHA ($A_{0,5}$ égale 2.24 ± 0.17 et 0.93 ± 0.070 µg/ml) respectivement.

Remarque : Pour les autres activités tous les extraits n'ont montré aucune activité antioxydantes (Résultats non montrés).

III. Evaluation des activités inhibitrices des enzymes

Au cours des trois dernières décennies, L'inhibition des enzymes a attiré l'attention des scientifiques biomédicaux, une variété d'inhibiteur a été découverte et utilisé pour le contrôle de diverses maladies. L'action des inhibiteurs d'enzymes dans la découverte de médicaments est devenue une approche fondamentale de la pharmacologie dans l'industrie pharmaceutique, les laboratoires de recherche ou centre de recherche sur les médicaments (**Raza et Soomro, 2012**). Dans ce travail on a évalué le pouvoir inhibiteur de ces enzymes à s'avoir : la tyrosinase, l'acétylcholinestérase, la butyrylcholinestérase, alpha-glucosidase et amylase, par nos extraits des épices.

III.1. Activités antidiabétiques

L'alpha glucosidase et l'alpha amylase sont des enzymes qui catalysent la dégradation des sucres complexes en sucre simple absorbable.

III.1.1 Activité inhibitrice de l'alpha glucosidase

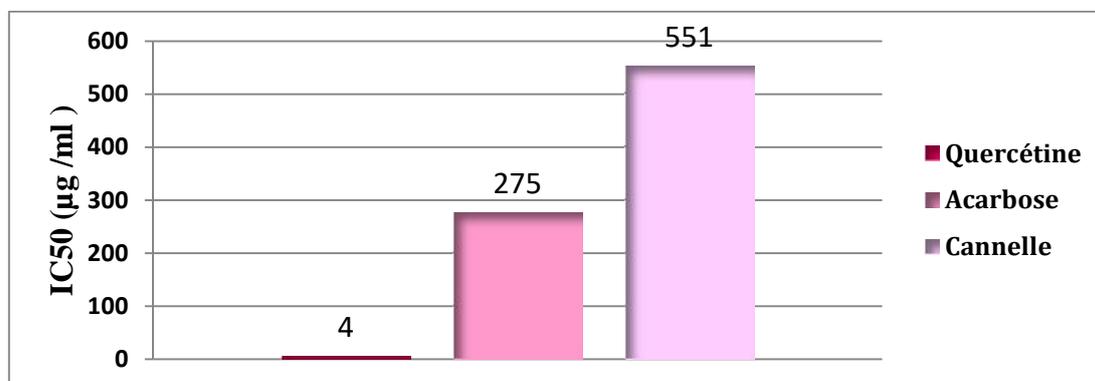


Figure N° 47 : Valeurs des IC₅₀ pour l'activité inhibitrice de l'alpha glucosidase des extraits bruts des épices.

Dans cette étude, nous avons testé les sept extraits des épices mais seulement l'extrait de la cannelle a présenté une IC₅₀ égale à 551.34712±19.195157 µg /ml proche de celle de la quercétine qui a montré un IC₅₀ 275 µg /ml, et loin de celle affichée par l'acarbose 4 µg /ml. Les autres extraits n'ont montré aucune activité inhibitrice.

III.1.2. Activité inhibitrice de l'alpha amylase

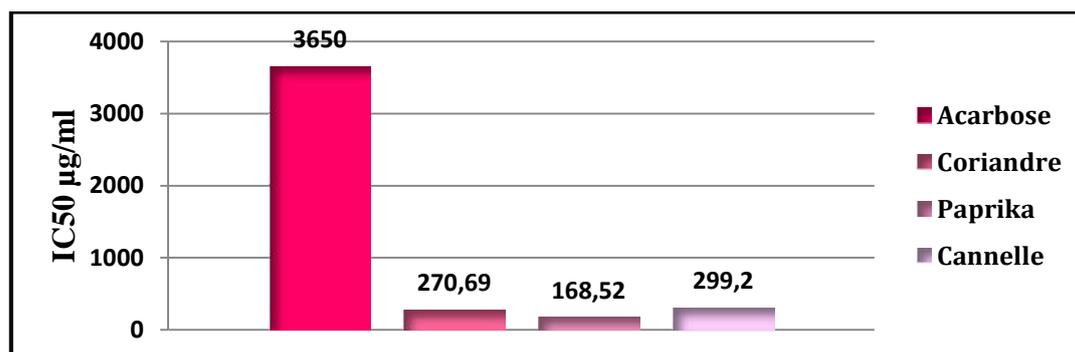


Figure N° 48 : Valeurs des IC₅₀ pour l'activité inhibitrice de l'alpha amylase des extraits bruts des épices.

Parmi les extraits testés, l'extrait méthanolique du paprika représente l'extrait le plus actif avec une IC₅₀ de l'ordre de 168.52 µg/ml. Cependant, les autres extraits : la coriandre, la cannelle ont présenté des IC₅₀ plus faible de l'ordre de 270.69 et 299.2 µg/ml respectivement.

En comparaison avec le standard tous les extraits testés s'avèrent plus actifs que l'acarbose, qui présente une IC_{50} égale à 3650 $\mu\text{g/ml}$. Cette étude a examiné l'activité antidiabétique potentielle des extraits bruts des épices, en se concentrant sur les effets inhibiteurs sur l' α -glucosidase et l' α -amylase. La capacité de ces épices extraits pour inhiber l' α -amylase et l' α -glucosidase soutient l'utilisation de ces plantes dans la gestion du diabète de type II via une modification de l'alimentation, lorsque ces plantes sont incorporées dans le régime alimentaire du patient sous forme de suppléments ou d'épices. Les résultats obtenus confirment une fois de plus l'efficacité des extraits des épices et leur pouvoir antidiabétique pouvant rivaliser ou remplacer celui des antidiabétiques. **Boaduo et al., (2014)** ont évalué l'activité inhibitrice de l' α amylase et l' α glucosidase de l'extrait méthanolique de *Cinnamomum cassia* et ils ont trouvé que la cannelle possède une activité inhibitrice de l' α amylase avec un IC_{50} égale à 310 $\mu\text{g/ml}$. Par contre ils ont trouvé que la cannelle ne possède pas une activité inhibitrice de l' α glucosidase ce qui est en contradiction avec nos résultats. **Ganiyu et al., 2011** et **laribi et al., 2015** ont signalé un puissant effet inhibiteur du paprika contre l' α glucosidase et l' α amylase. L'étude de **Priya et al., 2012** sur le *Zingiber officinale* et **Shobha et al., 2013** sur *Pimpinella anisum* soulignent la présence de l'activité antidiabétique et la richesse des épices décrites en composés phénoliques.

III.2. Activité anticholinestérasique

En biochimie, une cholinestérase est une enzyme qui catalyse la réaction d'hydrolyse d'un ester de la choline (acétylcholine, butyrylcholine) en choline et en acide acétique. En physiologie, cette réaction est nécessaire pour permettre aux récepteurs cholinergiques de revenir à leur état de repos après activation. Les résultats de cette étude sont illustrés dans les histogrammes au-dessous et exprimés en des valeurs d' IC_{50} .

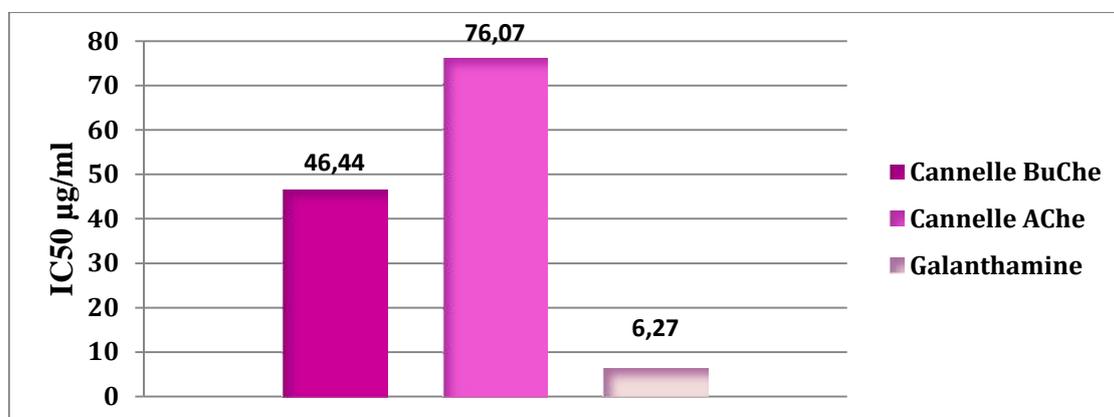


Figure N° 49 : Valeurs IC_{50} de l'activité anticholinestérasique.

Les résultats obtenus montrent que la cannelle présente une bonne capacité à inhiber l'acétylcholinestérase et la buthylcholinestérase avec des IC_{50} de 76.07 ± 1.18 et 46.44 ± 2.08 $\mu\text{g/ml}$ respectivement. Malgré cela, cette activité reste moins importante que celle présentée par la galanthamine avec une IC_{50} de 6.27 ± 1.15 $\mu\text{g/ml}$. Tandis que l'anis vert, la coriandre, le carvi, le fenouil, le Gingembre et le paprika n'ont montré aucune activité inhibitrice des cholinestérases. Ce test a permis de montrer que parmi les 7 plantes aromatiques testées la cannelle possède la plus forte activité anticholinestérasiques par les tests Ache et BChE comme a prouvé **Dalaïet et ses collaborateurs en 2014** avec Les IC_{50} suivants : 77.78 ± 0.03 et 88.62 ± 1.72 $\mu\text{g/ml}$ respectivement. Les résultats obtenus avec la coriandre, le carvi et le fenouil sont similaires à l'étude menée par **Murata et al., 2014 ; Adersen et al., 2006 ; Prashanth et al., 2006** qui ont montré l'absence de l'activité anticholinestérasiques chez les trois plantes aromatiques. L'anis vert, le gingembre et le paprika ont présenté des différentes activités anticholinestérasiques selon **Confort et al., 2009 ; Gholamhoseinian et al., 2009** et **Agbedahunsi et al., 2009** ce qui s'oppose à nos résultats.

IV. Evaluation du pouvoir Antifongique

Lors de cette étude nous avons évaluée l'action antifongique de nos sept extraits vis-à-vis le champignon *Fusarium oxysporum f. sp*, par la méthode de diffusion par disque. Cependant seulement deux extraits ont donné des résultats représentés dans la figure n° 51.

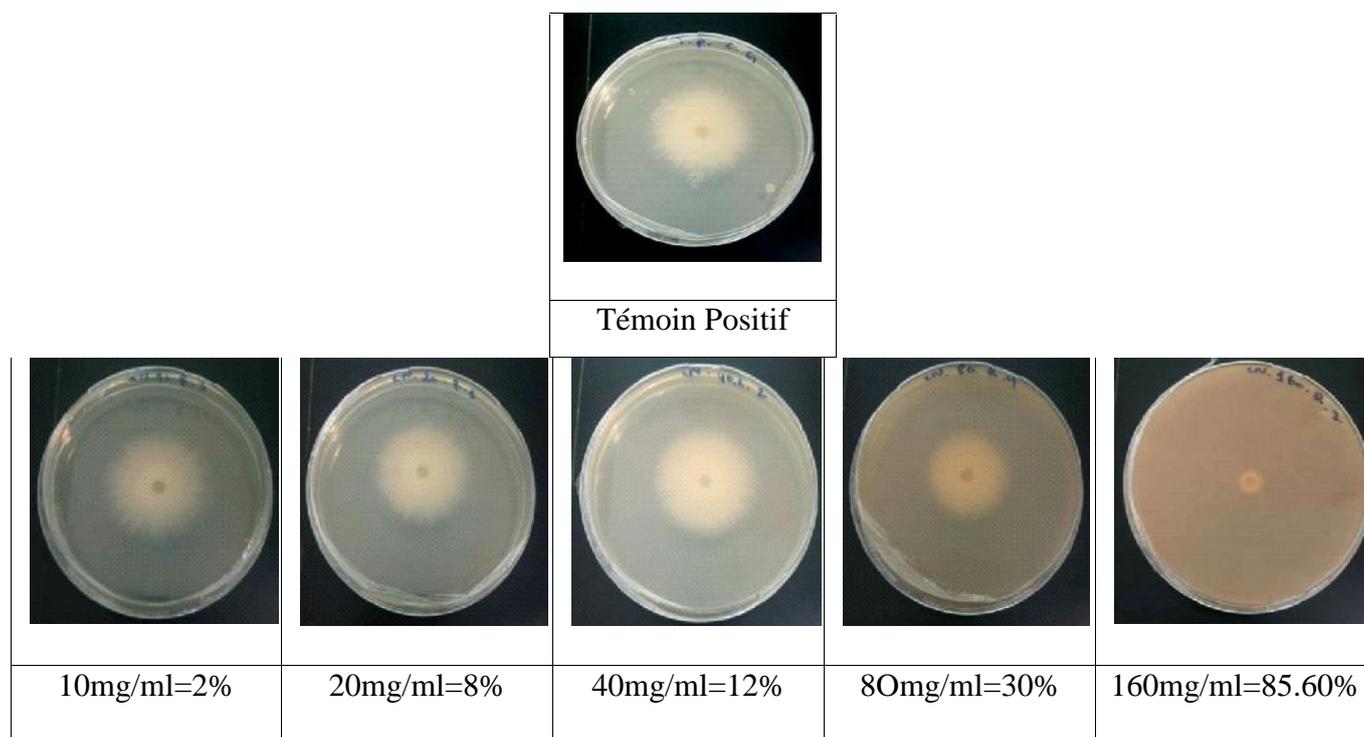


Figure N° 50 : Effet de différentes concentrations de la cannelle sur le *Fusarium oxysporum*.

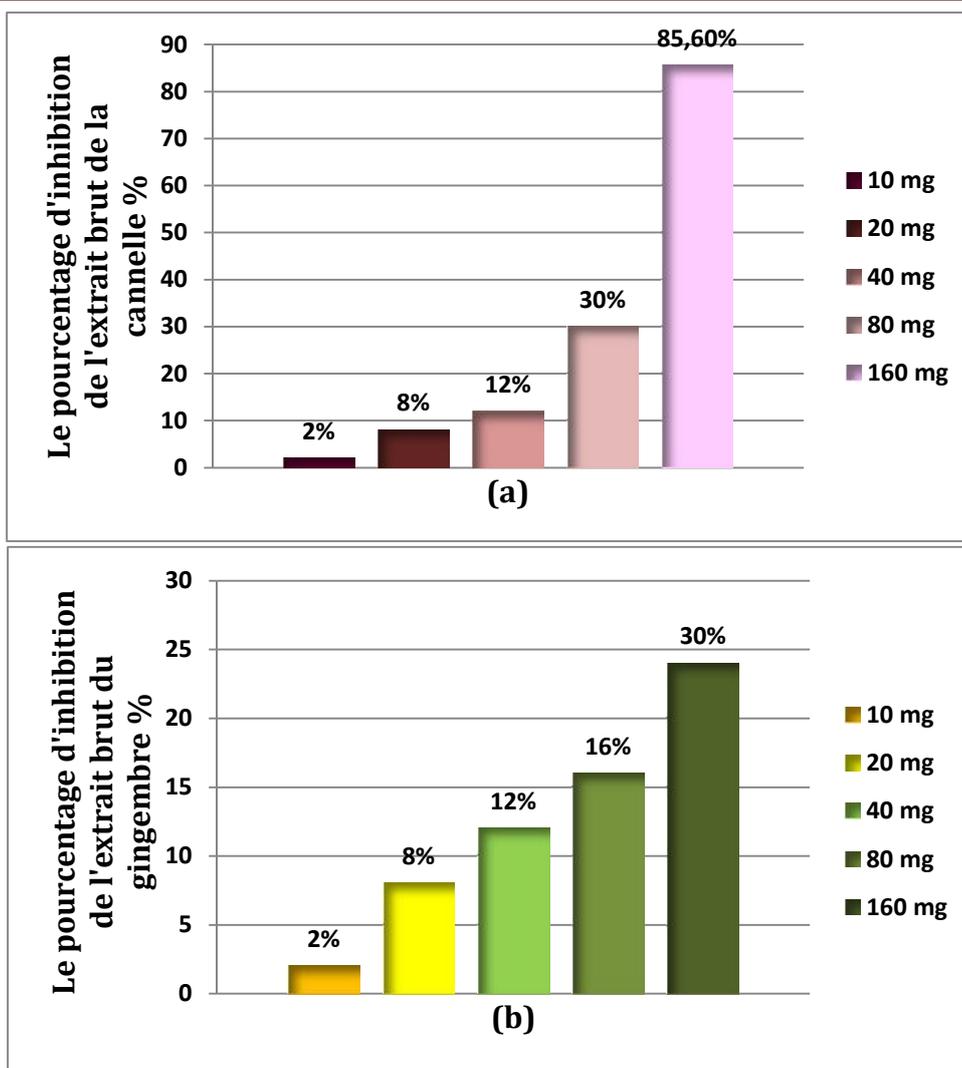


Figure N° 51 : Taux d'inhibition de la Cannelle (a) et le Gingembre (b) vis-à-vis *Fusarium oxysporum*.

Les figures n° 51 et 52 montrent que la cannelle a une efficacité antifongique élevée estimée par un taux d'inhibition 85.60% pour une concentration de l'ordre 160 mg/ml. Tandis que les autres concentrations (80 mg/ml, 40 mg/ml, 20 mg/ml, 10 mg/ml) ont donné des taux d'inhibition faible de l'ordre de 30%, 12%, 8%, 2% respectivement. Par contre le gingembre a donné des taux d'inhibition faible pour une concentration de l'ordre 10 mg/ml jusqu'à 160 mg/ml (08%, 12%, 16%, 24%) respectivement. Les résultats obtenus montrent l'absence d'inhibition de la reproduction de mycélium chez l'anis vers, la coriandre, le fenouil et le paprika. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus avec les auteurs **Yazdani et al., 2009** ; **Pundir et al., 2010** ; **Nejad et al., 2013** ; **Radwan et al., 2014**.

Par ailleurs, les résultats ont montré l'absence de l'activité antifongique chez le carvi et le gingembre. Contrairement aux résultats des études menées par **Johri, 2010** ; **Megeed et al.,**

2013 qui ont prouvé que le carvi et le gingembre ont un important pouvoir antifongique dans les huiles essentielles. Dans cette expérimentation, on a trouvé que la cannelle possède une forte activité antifongique. Ces résultats sont comparables à ceux présentés par **Nguyen et al., 2009**.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Abou El-Soud¹ N., El-Laithy N., El-Saeed G., Wahby M.S., Khalil M., Morsy F. et Shaffie N. (2011).** Antidiabetic Activities of *FoeniculumVulgare* Mill. Essential Oil in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *Macedonian Journal of Medical Sciences*. 4(2):139- 146.
2. **Ajaikumar B. Kunnumakkara, Bharat B. Aggarwal. (2009).** MOLECULAR TARGETS AND THERAPEUTIC USES OF SPICES Modern Uses for Ancient. World scientific publishing.
3. **Amara S., Ivy M.T., Myles E.L., Tiriveedhi V. (2016).** Sodium channel gamma ENaC mediates IL-17 synergized high salt induced inflammatory stress in breast cancer cells. *Cell Immunol*. 302: 1–10.
4. **Anne Marie R. (2016).** Les bénéfiques Santé des épices et des herbes, Professeur Emérite de Biochimie UFR de Pharmacie. Thèse de doctorat. Université Grenoble Alpes. p 7.
5. **Aouadhi S. (2010).** mémoire d'atlas des risques de la phytothérapie traditionnelle étude de 57 plantes recommandées par les herboristes. édition de "Tunisie", pp 13 -27.
6. **Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., & Karademir, S. E. (2004).** Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(26), 7970-7981.
7. **Assefa, A. D., Keum, Y. S., & Saini, R. K. (2018).** A comprehensive study of polyphenols contents and antioxidant potential of 39 widely used spices and food condiments. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(3), 1548-1555.
8. **Bahorun T., Gressier B., Trotin F., Brunete C., Dine T., Vasseur J., Gazin J.C., Pinkas M., Luycky M., Gazin M. (1996).** Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneim. Forsch*; 46:1086-1089.
9. **Bammi Jamal. (2008).** Épices et aromates dans l'art culinaire marocain : Les supposées vertus thérapeutiques des épices. *Manger au Maghreb - Partie II*. pp. 181-185.
10. **Bediaga M. (2011).** étude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea Latifolia* Smith une plante médicinale africaine récoltée au Mali. thèse de doctorat. Université de Bamako . p 10.
11. **Benaissa O. (2011).** Etude des métabolismes terpénique et flavonique d'espèces de la famille des composées, genres *Chrysanthemum* et *Rhantherium*. *Activité Biologique, Thèse Doctorat, université Mentouri Constantine*. 63p.
12. **Bi. X., Lim. J., Henry. C.J. (2017).** Spices in the management of diabetes mellitus. *Food Chem*. 217: 281–93.
13. **Birlouez. E. (2012).** La quête des épices, moteur de l'histoire, *Phytothérapie* 10:74–79 Springer-Verlag France.

14. **Blois, M. S. (1958).** Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199.
15. **Boaduo, N. K. K., Katerere, D., Eloff, J. N., & Naidoo, V. (2014).** Evaluation of six plant species used traditionally in the treatment and control of diabetes mellitus in South Africa using in vitro methods. *Pharmaceutical biology*, 52(6), 756-761.
16. **Bonnefont-Rousselot D., Thérond P., Delattre J. (2003).** Radicaux libres et antioxydants. In : Biochimie pathologique : aspects moléculaires et cellulaires. Médecine-sciences. Flammarion (Ed). Paris, pp 59-81.
17. **Booth C. (1971).** The Genus fusarium, p. 237. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.
18. **Bouderdara N. (2013).** Séparation et détermination de structures des métabolites secondaires de *Cachryslibanotis* L. THESE de DOCTORAT en SCIENCES. Université MENTOURI de Constantine. p7.8.
19. **Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
20. **Bulduk S. (2004).** Food technology 2 nd edition detay publishing, Ankara, Turkey
21. **Cacig, S., Radu, F., Lupea, A. X., & Ifrim, I. (2006).** Analysis of flavonoids in *Hydrangea paniculata* and *Ziziphus jujuba* extracts using flash chromatography and HPLC. *Revista de Chimie*, 57(12), 1197-1201.
22. **Cahuzac-Picaud. (2012).** Épices, herbes et aromates : usages culinaires et recettes, Phytothérapie 10:109–116 Springer-Verlag France.
23. **Calvo A.M., Wilson R.A., Bok J.W., Keller P.N. (2002).** Relationship between secondary metabolism and fungal development. *MicrobiolMolBiol*, 66:447–59.
24. **Camille Migdal, Mireille(2011).** Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant Serres médecine/sciences 2011 ; 27 : 405-12.
25. **Ćavar, S., Kovač, F., & Maksimović, M. (2009).** Synthesis and antioxidant activity of selected 4-methylcoumarins. *Food chemistry*, 117(1), 135-142.
26. **Chang H.S., Tang J.Y., Yen C.Y., Huang H.W., Wu C.Y., Chung Y.A., Wang H.R., Chen I.S., Huang M.Y., Chang H.W. (2016).** Antiproliferation of *Cryptocaryaconcinna*-derived *cryptocaryone* against oral cancer cells involving apoptosis, oxidative stress, and DNA damage. *BMC Complement. Altern. Med.* 16: 94.
27. **Charaka S., Sutra, S. (1994).** 3rd edition, Chaukamba Surbharati Prakashan, Varanasi.
28. **Charles D.J. (2013).** Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources. Springer Science, 255p.
29. **Chiang, M., Kurmoo, Y., & Khoo, T. J. (2017).** Chemical-and Cell-based Antioxidant Capacity of Methanolic Extracts of Three Commonly Edible Plants from Zingiberaceae Family. *Free Radicals & Antioxidants*, 7(1).
30. **Christova-Bagdassarian, V. L., Bagdassarian, K. S., & Atanassova, M. S. (2013).** Phenolic profile, antioxidant and antimicrobial activities from the Apiaceae family (dry seeds). *Mintage Journal of Pharmaceutical and Medical Sciences*, 2(4), 26-31.
31. **Chung Pin Liang, Chia Hao Chang, Chien Cheng Liang, Kuei Yu Hung and Chang Wei Hsieh.(2014).** In Vitro Antioxidant Activities, Free Radical Scavenging

- Capacity, and Tyrosinase Inhibitory of Flavonoid Compounds and Ferulic Acid from *Spiranthes sinensis* (Pers.) Ames. *Molecules* 2014, 19, 4681-4694.
32. **Craig C., J. D., Gregory et Hausmann W. (1950).** Versatile laboratory concentration device, *Anal. Chem.*, vol. 22, , p 1462 .
 33. **Demain A.L., Fang A. (2000).** The natural functions of secondary metabolites. *AdvBiochemEngBiotechnol.* 69:1-39.
 34. **Dennis C and Webster J. (1971).** Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma* III. Hyphal interaction. *Trans. Br. mycol. Soc.* 57 (3): 363-369.
 35. **Diallo A.(2005).** Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Syzygium guineense* Willd. (MYRTACEAE). Thèse de Doctorat. Mali.
 36. **Dias M.I., Barros L., Sousa M.J., Ferreira I.C. (2011).** Comparative study of lipophilic and hydrophilic antioxidants from in vivo and in vitro grown *Coriandrum sativum*. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 66 (2) :181-186.
 37. **Dinis, P., Pineda, M., Aguilar, M. (1999).** Spectrophotometric quantity of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of Vitamin E. *Anal. Biochem.* 269, 337-341.
 38. **Dua A., Garg G. and Mahajan R. (2013).** Polyphenols, flavonoids and antimicrobial properties of methanolic extract of fennel (*Foeniculum vulgare* Miller). *European Journal of Experimental Biology*, 3(4):203-208.
 39. **Ebru Deveci, Gulsen Tel-Çayan, and Mehmet Emin Duru,** Phenolic profile, antioxidant, anticholinesterase, and anti-tyrosinase activities of the various extracts of *Ferula elaeochytris* and *Sideritis stricta* INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD PROPERTIES. (2018), VOL. 21, NO. 1, 771-783.
 40. **Eftimova, Z., Eftimová, J., & Balážová, L. (2018).** Antioxidant activity of tokaj essence. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 12(1), 323-329.
 41. **Elizabeth and M.N.A. Rao. (1990).** Oxygen radical scavenging activity of curcumin, *Int. J. Pharm.* 58, 237-240.
 42. **Ellman, K. D. Courtney, V. Andres, R. M. Featherston, (1961).** A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Pharmacol.*, 7, 88-95.
 43. **Espin. J. C, Morales. M, Ochoa. M, Tudela. J, Garcia. C. F, (1997c).** Monophenolase Activity of Strawberry Polyphenol Oxidase. *Phytochemistry*, Vol.45, No, 4, pp.667-670.
 44. **Favier A. (2003).** Le stress oxydant. Intéret conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *Actualité Chimique*, 2003 ; 108-115.
 45. **Favier A. (2006).** Stress oxydant et pathologies humaines. *Ann. Pharm. Fr.* Mémoire d'Activités antioxydante et antimicrobienne d'extraits de *Rhamnus alaternus* L. p 64: 390-396.
 46. **Filliat Paloma, (2012).** Les plantes de la famille des apiacées dans les troubles digestifs. thèse présentée pour l'obtention du titre de docteur en pharmacie diplôme d'état.

47. **François C ; Françoise M. (2000).** Le jardin au naturel. Ed. BordasJardins. p 23.
48. **Gadow, K. D., Sprafkin, J., & Nolan, E. E. (2001).** DSM-IV symptoms in community and clinic preschool children. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 40(12), 1383-1392.
49. **Gams W & Nirenberg H.I. (1989).** A contribution to the genetic definition Fusarium. *Mycotaxon* 35:407-416.
50. **Ghedira.K. Goetz.P. (2015).** Coriandrumsativum L. (Apiaceae) : Coriandre, Lavoisier SAS Phytothérapie.
51. **Ghédira.K. Goetz.P. (2016).** Carum carvi L. (Apiaceae), Lavoisier SAS Phytothérapie 14:380-383.
52. **Gigon.F. (2012).** Le gingembre, une épice contre la nausée Springer-Verlag France Phytothérapie 10:87-91.
53. **Girre L, (2001)** .Les plantes et les médicaments : l'origine végétale de nos médicament. *Food Chemistry*, 111: 925-929.
54. **Gorinstein, S., Park, Y. S., Heo, B. G., Namiesnik, J., Leontowicz, H., Leontowicz, M., & Kang, S. G. (2009).** A comparative study of phenolic compounds and antioxidant and antiproliferative activities in frequently consumed raw vegetables. *European Food Research and Technology*, 228(6), 903-911.
55. **Guo Y.J., Deng G.F. Xu X.R.; Wu, S.; Li, S.; Xia, E.Q.; Li, F.; Chen, F.; Ling W.H.; Li H.B. (2012)** Antioxidant capacities, phenolic compounds and polysaccharide contents of 49 edible macro-fungi. *Food Funct.* 3: 1195-1205.
56. **Halliwell B.(2009).** Les errances d'un radical libre. *RadicBiol Med* gratuit 2009; 46: 531-542.
57. **Haleng J, Pincemail J, Defraigne J.O., Charlier C., Chapelle J.P.(2007).** le stress oxydatif *Rev Med Liege*, 2007; 62 : 10 : 628-638.
58. **Hegde P.S.,Karanikas V., Evers S.(2016).** The where, the when, and the how of immune monitoring for cancer immunotherapies in the era of checkpoint inhibition. *Clin. Cancer Res.* 22: 1865-1874.
59. **Henni J.E. (1998).** Morphologie, pouvoir pathogène et diversité génétique chez *Fusarium oxysporum* f. sp. *lucopersici*. Thèse de Doctorat d'état. Université d'Oran. 171p.
60. **Hong G., Huang Y- N., Gao B., Xu P.Y., Chika I., et Kawabata J. (2008).** Glucosidase inhibitory effect bu the flower buds of *Tussilogofarfaral*, *Journal of Food chemistry* : 1195 -1201.
61. **Iacobellis N.S., Lo Cantore P., Capasso F., Senatore F. (2005).** Antibacterial activity of *Cuminumcyminum* L. and *Carumcarvi* L. essential oils. *J. Agric. Food. Chem.*, 53(1): 57-6.
62. **Jolad SD; Lantz RC; Chen GJ; Bates RB; Timmermann BN. (2005).** Commercially processed dry ginger (*Zingiberofficinale*): composition and effects on LPS-stimulated PGE2 production. *Phytochemistry*. Jul;66(13):1614-35 PMID 15996695.
63. **Kabouche A. (2005).** Etude phytochimique de plantes médicinales appartenant à la famille des Lamiacées.
64. **Kansole M.R. (2009).** Etude ethnobotanique, phytocuimique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso: cas de *Leucasmartinicansis*

- (Jacquin.)R.Brown, *Hoslundia opposstava* let *Orthosiphon pallidus* royle ex benth. Mémoire pour obtenir un diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A) en Sciences Biologiques Appliquées, Burkina Faso.
65. **Kocaadam. B., Sanlier. N. (2017).** Curcumin, an active component of turmeric (*Curcuma longa*), and its effects on health. *Crit Rev Food Sci Nutr* 57(13) :2889–95.
 66. **Krief S.(2003).** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal, thèse doctorat, muséum national d'histoire naturelle. 32.
 67. **Kroyer, T. (2003).** *A Waveguide High Order Mode Reflectometer for the Large Hadron Collider Beam-pipe* (Doctoral dissertation, Vienna, Tech. U.).
 68. **Kubola, J., & Siriamornpun, S. (2008).** Phenolic contents and antioxidant activities of bitter melon (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fraction extracts in vitro. *Food chemistry*, 110(4), 881-890.
 69. **Kumaran and R. Joel Karunakaran, (2007).** In vitro antioxidant activities of methanol extracts of five *Phyllanthus* species from India, *LWT* 40: 344–352.
 70. **Lecerf J.M. ANTI-OXYDANTS : qu'en attendre ? Réalités en Nutrition. (2009).** No 17.
 71. **Li F., Li S., Li H. B., Deng G. F., Ling W. H., Wu. S., Xu X. R., Chen F. (2013).** Antiproliferative activity of peels, pulps and seeds of 61 fruits. *J. Funct. Foods*. 5: 1298–1309.
 72. **Louadi K. (1999).** Systématique, écologie des abeilles (Hymenoptera : Apoidea) et leur relation avec l'agrocénose dans la région de Constantine Thèse Doc . Sci .Univ .Con . , 220 pp.
 73. **Lumbu, S., Kahumba, B., Kahambwe, T., Mbayo, T., Kalonda, M., Mwamba, M., & Penge, O. (2005).** Contribution à l'étude de quelques plantes médicinales anti diarrhéiques en usage dans la ville de Lubumbashi et ses environs. *Annales de Pharmacie*, 3(1), 75-86.
 74. **Lugasi A., Hovari J., Sagi K.V., Biro L.(2003).** The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta Biologica Szegedensis*. 1-4: 125-119.
 75. **Maisonneuve P., Shivappa N., Hebert J. R., Bellomi M., Rampinelli C., Bertolotti R., Spaggiari L., Palli D., Veronesi G., Gnagnarella P. (2016).** Dietary inflammatory index and risk of lung cancer and other respiratory conditions among heavy smokers in the COSMOS screening study. *Eur. J. Nutr.* 55:1069–1079.
 76. **Maizura, M., Aminah, A., & Wan Aida, W. M. (2011).** Total phenolic content and antioxidant activity of kesum (*Polygonum minus*), ginger (*Zingiber officinale*) and turmeric (*Curcuma longa*) extract. *International Food Research Journal*, 18(2).
 77. **Malecky M. (2006).** Métabolisme des terpénoïdes chez les caprins. Thèse de doctorat de l'institut des sciences et des industries du vivant et de l'environnement (Agro Paris Tech), spécialité physiologie de la nutrition animale (biotechnologie), France.
 78. **Martinez-Cayuela M.(1995).** Oxygen free radicals and human disease. *Biochem.* 77: 147-161.
 79. **Marco, G. J. (1968).** A rapid method for evaluation of antioxidants. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 45(9), 594-598.

80. **Mathew, S., & Abraham, T. E. (2006).** In vitro antioxidant activity and scavenging effects of *Cinnamomum verum* leaf extract assayed by different methodologies. *Food and Chemical Toxicology*, 44(2), 198-206.
81. **Megh Raj B, Nilubon J. A, GAO H, Jun K. (2008).** Glucosidase and α -amylase inhibitory activities of Nepalese medicinal herb Pakhanbhed (*Bergenia Ciliata*, Haw.), *Journal of Food chemistry*: 247 - 252.
82. **Mehdi R.A., Masoomch S.G., Mohammad B.R., et al. (2009).** Chemical composition and antiaflatoxicogenic activity of *Carum carvi* L., *Thymus vulgaris* and *Citrus aurantifolia* essential oils. *Food Contr.*, 20(11): 1018-1024.
83. **Miliauskas, G., Venskutonis, P. R., & Van Beek, T. A. (2004).** Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food chemistry*, 85(2), 231-237.
84. **Miguel, M. G. (2010).** Antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils: a short review. *Molecules*, 15(12), 9252-9287.
85. **Mireille Gayet, (2010).** Grand traité des épices Éditions Le Sureau ISBN 978-2-911328-64-0.
86. **Mohammedi Z. (2006).** Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Mémoire de magister .Tlemcen.
87. **Mountagud F. (2014).** Epices, cosmétiques et allergies. American College of Allergy, Asthma and Immunology. P02.
88. **Müller L., Gnoyke S., Popken A.M., V. Böhm V. (2010).** Antioxidant capacity and related parameters of different fruit formulations. *LWT - Food Science and Technology*, 43: 992-999.
89. **ObenJ ;Etoundi C.B., Kuate D., Ngondi J.L (2010).** *Journal of Natural Products*, Vol. 3(2010):165-171 Anti-amylase, anti-lipase and antioxidant effects of aqueous extracts of some Cameroonian spices.
90. **Oboh, G., Ademiluyi, A. O., & Faloye, Y. M. (2011).** Effect of combination on the antioxidant and inhibitory properties of tropical pepper varieties against α -amylase and α -glucosidase activities in vitro. *Journal of medicinal food*, 14(10), 1152-1158.
91. **Opara EI., Chohan M. (2014).** Culinary herbs and spices: their bioactive properties, the contribution of polyphenols and the challenges in deducing their true health benefits. *Int J Mol Sci.*; 15(10):19183-202.
92. **Oyaizu, M. (1986).** Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese Journal of Nutrition*, 44, 307-315.
93. **Özyürek M., Güçlü K., Tütem E., KevserSözgen B., Erol E., S.Esinçelik., Baki S., Leyla Y., Karaman S., Apak R. (2011).** A comprehensive review of CUPRAC methodology, *CRITICAL REVIEW*, 3 :2439.
94. **Patricia Bargas. (2015).** Épices, aromates, condiments et herbes aromatiques, Groupe Eyrolles, ISBN : 978-2-212-56158-6 pp 14.
95. **Parejo, I., Viladomat, F., Bastida, J., Rosas-Romero, A., Flerlage, N., Burillo, J., & Codina, C. (2002).** Comparison between the radical scavenging activity and

- antioxidant activity of six distilled and nondistilled Mediterranean herbs and aromatic plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(23), 6882-6890.
96. **Park J.M., Lee H. J., Yoo J. H., Ko W J., Cho J.Y., Hahm K.B. (2015).** Overview of gastrointestinal cancer prevention in Asia. *Best Pract. Res. Clin. Gastroenterol.* 29: 855-867.
 97. **Penchev P.I. (2010)** Étude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions, Institut National Polytechnique de Toulouse, doctocat.p51 -52.
 98. **Peter M; Pamela W; Könemann ED. (1987).** La bible des herbes, p 64
 99. **Pichersky E., and Gang D.R. (2000).** Genetics and biochemistry of secondary metabolites in plants: an evolutionary perspective. *Trends in plant science*, 5: 439-445.
 100. **Pincemail J., Lecomte J., Collart E, Castiaux J.P., Defraigne J.O. (2001).** Stress oxydant, antioxydants et exercice physique. *Vaisseaux, Coeur, Poumons.*6(5): 1-3.
 101. **Pincemail J., Bonjean K., Cayeux K., Defraigne J.O. (2002).** Mécanismes physiologiques de la défense anti-oxydante *Physiological action of antioxidant defences.* *Nutrition clinique et métabolisme.* 16: 233-239.
 102. **Pourrut, B. (2008).** *Implication du stress oxydatif dans la toxicité du plomb sur une plante modèle, Vicia faba* (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Toulouse).
 103. **Prasad K.N., Yang B., Dong X., Jiang G., Zhang H., Xie H., Jiang Y. (2009).** Flavonoid contents and antioxidant activities from *Cinnamomum* species. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*10, 627-632.
 104. **Radwan S. A. Khlood, T. I. Abdel-Gawad, A. A. El-Bana and A. A. Galal. (2016).** fusarium oxysporum f. sp. lycopersici (fol) race 1 and 3 as wilt-incident to tomato plants growing at elminia governorate, egypt, minia j. of agric. res. & develop. vol. (36), no. 2, pp. 229-244.
 105. **Raghavan S. (2007).** Handbook of spices, seasonings, and flavorings. 2nd Ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
 106. **Rani, M. P., Krishna, M. S., Padmakumari, K. P., Raghu, K. G., & Sundaresan, A. (2012).** Zingiber officinale extract exhibits antidiabetic potential via modulating glucose uptake, protein glycation and inhibiting adipocyte differentiation: an in vitro study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(9), 1948-1955.
 107. **Redhead J. (1990).** utilisation des aliments tropicaux: sucres, épices et stimulants, organization des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, p 19-20-21-22-23.
 108. **Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999).** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
 109. **Ribéreau-Gayon. (1968).** Les composés phénoliques des végétaux. Ed Dunod, Paris, p: 57, 10-13, 55-86.
 110. **Richard H. (1987).** épices et herbes aromatiques. E.N.S.I.A.-1. avenue des olympiades-91744 VMASSEY Cedex. pp 6-9.

111. **Rubio L., Motilva M. J., Romero M. P.(2013).** Recent advances in biologically active compounds in herbs and spices: A review of the most effective antioxidant and anti-inflammatory active principles. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 53: 943–953.
112. **Safi, N. E., Ghidouche, S., & Ducrot, P. (2007).**Flavonoids: hemisynthesis, reactivity, characterization and free radical scavenging activity. *Molecules*, 12(9), 2228-2258
113. **Sahnoun Z., Jamoussi K., Zeghal K.M.(1997).** [Radicaux libres et antioxydants: physiologie humaine, pathologie et aspects thérapeutiques] .*Thérapie* . 1997 juil.-août; 52 (4): 251-70.
114. **Saiga, A. I., Tanabe, S., & Nishimura, T. (2003).** Antioxidant activity of peptides obtained from porcine myofibrillar proteins by protease treatment. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(12), 3661-3667.
115. **Sánchez-Vioque, R., Polissiou, M., Astraka, K., De Los Mozos-Pascual, M., Tarantilis, P., Herraiz-Peñalver, D., & Santana-Méridas, O. (2013).**Polyphenol composition and antioxidant and metal chelating activities of the solid residues from the essential oil industry. *Industrial Crops and Products*, 49, 150-159.
116. **Sharma, S. K., & Singh, A. P. (2012).** In vitro antioxidant and free radical scavenging activity of Nardostachysjatamansi DC. *Journal of acupuncture and meridian studies*, 5(3), 112-118.
117. **Shi H, Noguchi N, Niki E. Galvinoxyl method for standardizing electron and proton donation activity.** *Methods Enzymol.* (2001). 335:157-66
118. **Shobha, R. I., Rajeshwari, C. U., &Andallu, B. (2013).** Anti-peroxidative and anti-diabetic activities of aniseeds (*Pimpinella anisum* L.) and identification of bioactive compounds. *American Journal of Phytomedicine and clinical therapeutics*, 1(5), 516-527.
119. **SinéadLordan, Thomas J. Smyth, Anna Soler-Vila, Catherine Stanton, R. Paul Ross. (2013).** The alpha-amylase and alpha-glucosidase inhibitory effects of Irish seaweed extracts. *Food Chemistry* 141 (2013) 2170–2176.
120. **Snyder W.C. and H.N. Hansen. (1940).** The species concept in fusarium. *American Journal of Botany* 27: 64-67.
121. **Song, W., Zhou, L., Yang, C., Cao, X., Zhang, L., and Liu, X. (2004).**TomatoFusarium wilt and its chemical control strategies in a hydroponic system. *Crop. Protect.* 23, 243–247. doi: 10.1016/j.cropro.2003.08.007.
122. **Sophie J.(2006).** La culture des plantes aromatiques, p 91-92.
123. **Srinivasan.K. (2005).** Role of Spices Beyond Food Flavoring: Nutraceuticals with Multiple Health Effects *Food Reviews International*, 21:167–188.
124. **Srinivasan K.(2014).** Antioxidant potential of spices and their active constituents. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 54: 352–372.
125. **Su, J., Sun, Y. Q., Huo, F. J., Yang, Y. T., & Yin, C. X. (2010).**Naked-eye determination of oxalate anion in aqueous solution with copper ion and pyrocatechol violet. *Analyst*, 135(11), 2918-2923
126. **Sulistiyaní1, 2, Mega Safithri1 ,YoanaPuspita Sari. (2016).** Inhibition of α -glucosidase activity by ethanolic extract of *Melia azedarach* L. leavesIOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 31-012025.

127. **Surh Y. J., Lee R. C. J., Park K. K., Mayne S. T., Liem A., Miller J. A. (1995).** *Carcinogenesis*. 16: 2467.
128. **Szydłowska-Czerniaka A, Dianoczki C, Recseg K, Karlovits G, Szlyk E.** Determination of antioxidant capacities of vegetable oils by ferric-ion spectrophotometric methods. *Talanta*. (2008).76:899-905.
129. **Tacouri, D. D., Ramful-Baboolall, D., & Puchooa, D. (2013).** In vitro bioactivity and phytochemical screening of selected spices used in Mauritian foods. *Asian Pacific journal of tropical disease*, 3(4), 253-261
130. **Thoppil R. J., Bishayee A.(2011).** Terpenoids as potential chemopreventive and therapeutic agents in liver cancer. *World J Hepatol*. 3(9): 228-249.
131. **Vundać, V. B., Brantner, A. H., & Plazibat, M. (2007).** Content of polyphenolic constituents and antioxidant activity of some *Stachys* taxa. *Food chemistry*, 104(3), 1277-1281.
132. **Wichtl M., Anton R. (2003).** *Plantes thérapeutiques*. 2e édition, Tec & Doc. Paris.692.
133. **Wolleneber H.W. and Reinking O.A. (1935).** "Die Fusarium, ihre Beschreibung, Schadwirkung und Bekämpfung, Berlin: Paul Parey.
134. **Yesiloglu, Y., Aydin, H., & Kilic, I. (2013).** In vitro antioxidant activity of various extracts of ginger (*Zingiber officinale* L.) seed. *Asian Journal of Chemistry*, 25(7), 3573.
135. **Zahra Lorigooini ; Fatemeh Jamshidi-Kia ; Zahra Lorigooin ; Hossein Amini-Khoei. (2018).** Medicinal plants: Past history and future perspective J *HerbmedPharmacol*. 2018; 7(1): 1-7.
136. **Zengin et al. (2014).** A comprehensive study on phytochemical characterization of *Haplophyllum myrtifolium* Boiss. endemic to Turkey and its inhibitory potential against key enzymes involved in Alzheimer, skin diseases and type II diabetes. *Industrial Crops and Products* 53, 244–251.
137. **Zhou Y., Li Y., Zhou T., Zheng J., Li S., Li H.B.(2016).** Dietary natural products for prevention and treatment of liver cancer. *Nutrients*. 8, 156.
138. **Zick S. M., Turgeon D. K., Ren J., Ruffin M. T., Wright B. D., Sen A., Djuric Z., Brenner D.E.(2015).** Pilot clinical study of the effects of ginger root extract on eicosanoids in colonic mucosa of subjects at increased risk for colorectal cancer. *Mol. Carcinog*. 54: 908–915.

Annexes

Les Annexes

Préparation des solutions

1. Total phénolique

) Préparation du Folin-Ciocalteu

Un (1) ml de solution FCR concentré est dilué dans 9 ml d'eau distillée.

) Préparation de carbonate de sodium

Une quantité de 7.5 g de Na_2CO_3 est dissouts dans 100 ml d'eau distillée.

) Gamme d'étalonnage de l'acide gallique

Une quantité de 1 mg d'acide gallique est dissoute dans 5 ml de méthanol pour obtenir la solution mère (SM), les dilutions sont préparées dans des eppendorf comme suit :

25 $\mu\text{g/ml}$ 25 μl de SM +175 μl de méthanol.

50 $\mu\text{g/ml}$ 50 μl de SM +150 μl de méthanol. 75 $\mu\text{g/ml}$ 75 μl de SM +125 μl de méthanol.

100 $\mu\text{g/ml}$ 100 μl de SM + 100 μl de méthanol.

125 $\mu\text{g/ml}$ 125 μl de SM + 75 μl méthanol.

150 $\mu\text{g/ml}$ 150 μl de SM + 50 μl de méthanol.

175 $\mu\text{g/ml}$ 175 μl de SM + 25 μl de méthanol.

200 /ml 200 μl de la SM.

2. Total flavonoïde

) Préparation des solutions

La solution 01 : 9.8 g de potassium acétate (CH_3COOK) sont dissouts dans 100 ml l'eau distillée.

La solution 02 : 10 g de nitrate d'aluminium sont dissous dans 100 ml d'eau distillée.

) Préparation de l'extrait de plante

Une masse de 1 mg d'extrait est dissoute dans un volume de 1 ml de méthanol.

) La préparation de la gamme d'étalon de la Quercétine

Une quantité de 1 mg de la Quercétine est dissous dans 5 ml de méthanol pour obtenir la solution mère (1). Les dilutions sont préparées dans des eppendorfs comme suit :

25 $\mu\text{g/ml}$ 25 μl de SM +175 μl de méthanol.

50 $\mu\text{g/ml}$ 50 μl de SM +150 μl de méthanol.

75 $\mu\text{g/ml}$ 75 μl de SM +125 μl de méthanol.

100 $\mu\text{g/ml}$ 100 μl de SM + 100 μl de méthanol.

125 $\mu\text{g/ml}$ 125 μl de SM + 75 μl de méthanol.

150 $\mu\text{g/ml}$ 150 μl de SM + 50 μl de méthanol.

175 $\mu\text{g/ml}$ 175 μl de SM + 25 μl de méthanol.

200 $\mu\text{g/ml}$ 200 μl de SM.

3. Mesure du pouvoir piégeage du radical DPPH \cdot

) Préparation du DPPH

Une quantité de 6 mg de DPPH \cdot a été dissoute dans un volume de 100 ml de méthanol. L'absorbance du mélange est mesurée à 517 nm et doit être comprise entre à 0,5 et 1 ceci est dans le but d'assuré une quantité du radical (DPPH \cdot) suffisante dans le milieu réactionnel pour le bon déroulement de la réaction.

4. Mesure du pouvoir du piégeage du radical ABTS^{•+}

) Préparation de l'ABTS^{•+}

L'ABTS est mélangé avec le persulfate de potassium dans de l'eau distillée, ce mélange est mis à l'abri de la lumière pendant 12-16 heures. Après ajustement de la DO à 0.70-0.72, la solution est ensuite utilisée pour le test.

5. Test de la capacité antioxydante par réduction de cuivre (CUPRAC)

Trois solutions sont préparées pour effectuer cette activité

La solution 01 : 1.927g d'acétate d'ammonium ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) sont dissoutes dans 25 ml (H_2O).

La solution 02 : 0.042625g ($\text{CuCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) sont dissoutes dans 25 ml (H_2O).

La solution 03 : 0.039g (Néocuproïne) sont dissoutes dans 25 ml (Ethanol).

6. Test de blanchissement du β -carotène

) Préparation du β -carotène

Un volume de 1 ml de chloroforme est ajouté à un mélange de 0.5mg β -carotène, 200 μl Tween 40 et 25 μl acide linoléique, le mélange réactionnel préparé est placé dans un rotavapeur pour sécher le chloroforme. 50 ml d' H_2O_2 sont par la suite rajouté. L'absorbance du β -carotène doit être comprise entre 0,8 et 0,9.

7. Test Copper

) Préparation Tampon sodium acétate

La solution 01: 1.148 ml (Acide acétique) + 200 ml H_2O .

La solution 02: 1.64 g (sodium acetate) + 200 ml H_2O .

Tampon pH 6 : (5.22 ml (Solution 1) +94.78 ml (Solution 2)).

8. Test phenanthroline

) Phenanthroline (0.5%)

0.05g de 1,10-Phenanthroline dans 10ml de MeOH

) Ferricchloride FeCl_3 (0.2%)

0.02g de FeCl_3 dans 10ml de H_2O

9. Evaluation de l'activité anti-uréase

) **Tampon Phosphate pH 8,2** préparé comme précédemment cité.

Le réactif de Phénol a été préparé comme suite :

) **La solution aqueuse** : 2 g de phénol dissous dans 25 ml H_2O est ajouté à 25 mg ($\text{Na}_2 [\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dissous dans 25 ml H_2O .

) **Réactif Basique** : 0,7125 g NaOH sont dissoutes dans 25 ml H_2O puis, 1,175 ml NaOCl dissoute dans 25 ml H_2O est ajouté.

**ÉTUDE PHYTOCHIMIQUE ET L'ÉVALUATION DES ACTIVITÉS
BIOLOGIQUES DE SEPT ÉPICES CONSOMMÉES EN ALGÉRIE**

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Biochimie Appliquée

Les épices sont classées parmi les plantes médicinales, qui sont utilisées en petite quantité en cuisine comme conservateur, assaisonnement ou colorant. L'objectif de cette étude est l'évaluation *in vitro* des propriétés antioxydantes, antidiabétique, anticholinestérase et antifongique des extraits bruts obtenus à partir des épices constitutives de mélange Ras El-hanout. Les épices étudiées sont le *Coriandrum sativum* (Coriandre), *Pimpinella anisum* (Anis vert), *Carum carvi* (Carvi), *Zingiber officinale* (Gingembre), *Foeniculum vulgare* (Fenouil), *Cinnamomum cassia* (Cannelle) et *Capsicum annuum* (Paprika). L'analyse quantitative des extraits a révélé la richesse de ces épices en polyphénols surtout chez la cannelle et en flavonoïdes chez l'anis vert qui ont enregistré 451.64 µg/ml et 75.06 µg/ml en polyphénols et en flavonoïdes respectivement. Les différents extraits des épices ont montré de bonnes propriétés antioxydantes où l'extrait brut de la cannelle avait les meilleurs valeurs d'IC50 pour l'activité de piégeage du DPPH, ABTS, pouvoir réducteur de fer, CUPRAC, Galvinoxyl radical scavenging, la phenanthroline et l'activité inhibitrice de la Butyrylcholinestérase, de l'acétylcholinestérase, de l'alpha glucosidase et le pouvoir antifongique alors que les extrait brut de l'anis vert, gingembre et le paprika ont montré une bonne activité dans le test du DMSO-alcalin et la chélation de cuivre. Les résultats de la présente étude montrent que la consommation d'épices riches en antioxydants telles que la cannelle, le gingembre et l'anis vert peut prévenir de manière significative le stress oxydatif.

Mots clés : Épices, Ras El-hanout, polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydante, activité antidiabétique, activité anticholinestérasique, activité antifongique.

Laboratoire de recherche : Laboratoire N°02 de Biochimie et N° 9 de mycologie au niveau de centre de recherche de la biotechnologie (CRBT) Constantine.

Jury d'évaluation :

Président du jury :	<i>Dr MAAMERI. Z (MCA - UFM Constantine)</i>
Rapporteur :	<i>Dr MEBREK. S (MRB - CRBt Constantine)</i>
Examineur :	<i>Dr BENSOUICI. C (MRB - CRBt Constantine)</i>

Date de soutenance : 21/07/2019