

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE  
L'UNIVERS  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



## Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : Sciences Biologiques  
Spécialité/Option : Biologie moléculaire et cellulaire

---

**Thème : Evaluation du pouvoir antiradicalaire des extraits de  
quelques épices**

*(Cuminum cyminum, Curcuma longa et Syzygium aromaticum)*

---

**Présenté par :**

- M<sup>r</sup> AIDAOUI Ramzi
- M<sup>r</sup> KAMOUCHE Abderrahim
- M<sup>lle</sup> MENANI Ines

**Devant le jury composé de :**

M <sup>me</sup> AYAD.H	Présidente	(M.C.B)	Université 8 mai 1945 Guelma
M <sup>me</sup> HAMDIKEN.M	Encadreur	(M.C.B)	Université 8 mai 1945 Guelma
M <sup>me</sup> ABDAOUI.W	Examineur	(M.C.B)	Université 8 mai 1945 Guelma

**Juillet 2021**

## Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Abréviation	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Résumé	
Introduction	01
<b>Partie bibliographique</b>	
<b>Chapitre 1 : Généralités sur les épices</b>	
I. Généralités sur les épices	03
I.1. Définition	03
I.2. Classification	04
I.3. Activité biologique	06
I.3.1. Activité antimicrobienne	06
I.3.2. Activité antioxydante	06
I.4. Domaine d'utilisation	07
I.4.1. Domaine médical	08
I.4.2. Domaine culinaire	08
I.4.3. Domaine cosmétique	09
I.5. Les épices les plus utilisés en Algérie	10
I.6. Les épices sélectionnées	10
I.6.1. Le curcuma	10
I.6.1.1. Etymologie	10
I.6.1.2. Classification	11

I.6.1.3. Description de la plante	11
I.6.1.4. Composition chimique	12
I.6.2. Le cumin	13
I.6.2.1. Description	13
I.6.2.2. Classification	13
I.6.2.3. Composition chimique	13
I.6.3. Le clou de girofle	14
I.6.3.1. Définition	14
I.6.3.2. Classification	14
I.6.3.3. Composition chimique	15
I.6.3.4. Propriétés	15
<b>Chapitre 2 : stress oxydatif et activité antioxydante</b>	
I. Le stress oxydatif	16
I.1. Définition du stress oxydant	16
I.2. Les radicaux libres	16
I.2.1. Définition	16
I.2.2. Formation des radicaux libres	17
I.2.2.1. Réaction d'oxydoréduction	17
I.2.2.1. Rupture homolytique	17
I.2.3. Types des radicaux libres	17
I.2.4. Sources de production des radicaux libres	18
I.2.5. Rôles des radicaux libres	19
I.2.5.1. Les radicaux libres chez l'homme	19
I.2.5.2. Les radicaux libres chez les plantes	19
II. Antioxydant et activité antioxydante	20
II.1. Définition des antioxydants	20

II.2. Classification des antioxydants	20
II.2.1. Antioxydants naturels	20
II.2.1.1. Antioxydants enzymatiques	20
II.2.1.2 Antioxydants non-enzymatiques	21
I.2.2. Antioxydants synthétiques	23
I.3. Mécanisme d'action des antioxydants	23
III. Evaluation de l'activité antioxydante	24
III.1. Piégeage du radical superoxyde	24
III.2. Piégeage du radical peroxyde d'hydrogène	24
III.3. Piégeage du radical hydroxyle	24
III.4. Piégeage du radical peroxyde (ROO) par la méthode TRAP et ORAC	25
III.5. Piégeage du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH)	25
III.6. Réduction du Fer: FRAP (Ferric reducing ability of plasma	25
III.7. Blanchissement de la $\beta$ -carotène	26
<b>Partie expérimentale</b>	
<b>Matériel et méthodes</b>	
I. Matériel	27
I.1. Matériel végétal	27
II. Méthodes	27
II.1 Etude phytochimique	27
II.1.1. Préparation des extraits méthanoliques	27
II.1.2. Rendement des extraits	29
II.1.3. Tests préliminaires de la composition chimique	29
II.1.3.1. Test des alcaloïdes	29
II.1.3.2. Test des tanins	29

II.1.3.3. Test des flavonoïdes	30
II.1.3.4. Test des saponosides	30
II.1.3.5. Test des stérols et triterpene	30
II.1.3.6. Test des composés réducteurs	30
II.1.3.7. Test des coumarines	30
II.1.3.8. Test des mucilages	31
II.1.3.9. Test des terpenoides	31
II.1.4. Analyse de l'extrait méthanoïque du <i>Cuminum cyminum</i> , <i>Curcuma longa</i> et <i>Syzygium aromaticum</i>	31
II.1.4.1. Dosage des polyphénols	31
II.1.4.2. Dosage des flavonoides	31
II.1.4.3. L'évaluation de l'activité anti-oxydante : Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)	32
II.1.4.4. Analyse qualitative par la chromatographie sur couche mince (CCM)	33
<b>Résultats et discussion</b>	
I. Résultats	35
I.1. Rendement des extraits	35
I.2. Test de la composition chimique	36
I.3. Analyse de l'extrait méthanoïque du <i>Cuminum cyminum</i> , <i>Curcuma longa</i> et <i>Syzygium aromaticum</i>	39
I.3.1. Dosage de polyphénols	39
I.3.2. Dosage des flavonoïdes	40
I.3.3. L'évaluation de l'activité antioxydante : Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)	42
I.3.4. Analyse qualitative par la chromatographie sur couche mince (CCM)	44

II. Discussion	46
Conclusion et perspectives	52
Références bibliographiques	54

## **REMERCIEMENTS**

*Ce mémoire n'aurait pas pu être ce qu'il est, sans l'aide d'ALLAH qui nous a donné la force afin de l'accomplir.*

*Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements et nos vives reconnaissances à notre promotrice Madame **HAMDIKEN Malika** d'avoir proposé et dirigé ce travail, nous la remercions infiniment pour ses conseils judicieux et son attention qu'elle a apporté et pour l'ambiance sympathique qu'elle a crée pour la réalisation de ce mémoire.*

*Nos vifs remerciements vont également à **M<sup>me</sup> AYAD** et **M<sup>me</sup> ABDAOUI** qui nous ont fait L'honneur de juger notre travail.*

*Nos profondes gratitudes aussi à tout le personnel du laboratoire **Ratiba, Ghania, Hayet** et **Asma** pour nous avoir soutenus durant notre période de travail à l'université de Guelma.*

*Enfin à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.*

## Dédicaces

*Au nom d'ALLAH le tout miséricordieux*

*Tout d'abord je remercie le tout puissant de m'avoir donné  
le courage et la force pour arriver a ce stade.*

*A la mémoire de mes chers parents*

*Ce travail est dédié à mes parents, décédés trop tôt, qui  
m'ont toujours poussé et motivé dans mes études.*

*J'espère qu'ils apprécient cet humble geste comme preuve  
de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié  
pour le salut de leur âme et qu'ils soient fières. Puisse dieu  
le tout puissant les avoir en sa sainte miséricorde.*

*A mes chères sœurs **WARDA, MOUNIA** et **SIHEM**.*

*A mon frère **BAHIDJ** et sa femme **AICHA**.*

*A mes neveux et mes nièces.*

*A toutes ma famille de près ou de loin.*

*A tous mes amis et une spéciale dédicace à **MOUNA**.*

*AIDAOUI Ramzi*

## *Dédicaces*

*Tout d'abord je m'incline devant Dieu tout puissant qui  
m'a ouvert la porte du savoir.*

### *A la mémoire de ma mère*

*Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours  
tout au long de ma vie. Aucune dédicace ne pourrait  
exprimer ma gratitude envers tes sacrifices pour moi et la  
profondeur des sentiments que j'éprouve pour toi.*

### *A la mémoire de ma chère grand-mère*

*Qui nous a quitté y a pas longtemps, tu as été ma  
deuxième maman, ma source de soutien et de tendresse.*

*A mon PÈRE qui m'a appris les principes de la vie que  
dieu le protège.*

*A ma chère sœur, qui m'a toujours soutenu Merci de me  
suivre et de m'encourager Merci d'être là quand ça ne va  
pas*

*Une grande dédicace à mon oncle **CHERRAIRIA** Mohamed.*

*A toute ma famille et mes amis.*

*KAMOUCHE Abderrahim*

## *Dédicaces*

*Avec un cœur plein d'amour et de fierté je dédie ce  
travail :*

*A l'étoile de mon cœur, mes chers PARENTS.*

*A mes deux adorables frères BILEL et AMIR que dieu les  
protège.*

*A mes chères copines RANIA, YESMINE et RAYEN qui  
m'ont toujours soutenue.*

*A mes collègues et mes partenaires RAMZI et RAHIM.*

*Une spéciale dédicace a RAYEN et AMIRA.*

*A ma chère MAISSA.*

*MENANI INES*

## Liste des abréviations

<b>Abréviation</b>	<b>Signification</b>
<b><math>^1\text{O}_2</math></b>	Oxygène singulet
<b>ADN</b>	Acide désoxyribonucléique
<b><math>\text{AlCl}_3</math></b>	Trichlorure d'aluminium
<b>BAE</b>	Butanol : Acetic acid : Eau
<b>BHA</b>	Butyl-hydroxy-anisole
<b>BHT</b>	Butyl-hydroxy-toluène
<b>C.C</b>	Cuminum cyminum
<b>C.L</b>	Curcuma longa
<b>Ca</b>	Calcium
<b>CCM</b>	Chromatographie sur couche mince
<b>Cu</b>	Cuivre
<b>DHA</b>	Acide déhydro-L-ascorbique
<b>DPPH</b>	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl
<b><math>\text{E}^-</math></b>	Electron
<b>EAG</b>	Equivalent d'acide gallique
<b>EC50</b>	Efficient concentration 50
<b>EM</b>	Extrait méthanolique
<b>EQ</b>	Equivalent de quercétine
<b>ERA</b>	Espèces réactifs d'azote
<b>Ero</b>	Espèces réactifs d'oxygène
<b>Fe</b>	Fer
<b><math>\text{Fe}^{2+}</math></b>	Ion ferreux
<b><math>\text{Fe}^{3+}</math></b>	Ion ferrique
<b><math>\text{FeCl}_3</math></b>	Chlorure de fer
<b>FeIII</b>	Ferrique
<b>FeV</b>	Pentacarbonyle de fer

<b>FRAP</b>	Ferric reduction ability of plasma
<b>GPx</b>	Glutathion peroxydases
<b>GR</b>	Glutathion réductase
<b>GS</b>	Glutathion
<b>GSH</b>	Glutathion réduit
<b>GSSG</b>	Glutathion oxydé
<b>H<sup>+</sup></b>	Proton
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	Peroxyde d'hydrogène
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	Acide sulfurique
<b>HCl</b>	Acide chlorhydrique
<b>HgCl<sub>2</sub></b>	Chlorure de mercure
<b>HOO</b>	Radical hydroperoxyde
<b>I<sub>2</sub></b>	Diode
<b>IC50</b>	Concentration inhibitrice de 50%
<b>KI</b>	Iodure de potassium
<b>Mg</b>	Magnésium
<b>NADP<sup>+</sup></b>	Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate oxydée
<b>NADPH<sup>+</sup></b>	Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate réduite
<b>NBT<sup>2+</sup></b>	Nitro-blue tétrazolium
<b>NH<sub>4</sub>OH</b>	Ammoniaque
<b>NO</b>	Radical oxyde nitrique
<b>O<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	Anion super oxyde
<b>OH</b>	Radical hydroxyle
<b>ONOO<sup>-</sup></b>	Peroxynitrite
<b>ORAC</b>	Acronyme for oxygen radical absorbance capacity
<b>P</b>	Phosphore
<b>PG</b>	Gallate propylée
<b>R</b>	Coefficient de corrélation
<b>R<sup>0</sup></b>	Peroxyde

<b>Rf</b>	Rapport frontal
<b>RH</b>	Peroxyde réduit
<b>RL</b>	Radical libre
<b>RO</b>	Radical alkoxye
<b>ROO</b>	Radical peroxye
<b>ROOH</b>	Hydroperoxyde lipidique
<b>S.A</b>	Syzygium aromaticum
<b>Se</b>	Sélénium
<b>SOD</b>	Superoxydes dismutase
<b>TPTZ</b>	2,4,6-tris(2-pyridyl)-1,3,5-s-triazine
<b>TRAP</b>	Total radical-trapping antioxidant parameter
<b>TRx</b>	Thioridoxine peroxydases
<b>UV</b>	Ultraviolet
<b>VIH</b>	Virus d'immunodéficience
<b>WO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	Ion de phosphotungstic
<b>Zn</b>	Zinc
<b>β-PE</b>	Porphyridium cruentum β Phycoerythrin

## Liste des figures

N° de figure	Titre	N° de page
Figure 01	Aspect de quelques épices	04
Figure 02	Aspect du curcuma	10
Figure 03	La plante du curcuma	11
Figure 04	La plante du cumin	13
Figure 05	Aspect des clous de girofle	14
Figure 06	Aspect des fleurs du giroflier	14
Figure 07	Balance radicaux libres/antioxydants	16
Figure 08	Sources de productions des radicaux libres	19
Figure 09	Réaction du test de DPPH	25
Figure 10	Diagramme de déroulement de la préparation des extraits méthanoliques	28
Figure 11	Réaction du test de DPPH	33
Figure 12	Aspect des trois épices	35
Figure 13	Rendement de l'extraction des trois épices	36
Figure 14	Résultats du test des alcaloïdes	37
Figure 15	Résultats du test des tanins	37
Figure 16	Résultats du test des flavonoïdes	38
Figure 17	Résultats du test des saponosides	38
Figure 18	Résultats du test des stérols et triterpènes	38
Figure 19	Résultats du test des composés réducteurs	38
Figure 20	Résultats du test des mucilages	39
Figure 21	Résultats du test des terpenoïdes	39
Figure 22	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique	39
Figure 23	Teneur des trois extraits en polyphénols	40
Figure 24	Courbe d'étalonnage de la quercétine	41
Figure 25	Teneur des trois extraits en flavonoïdes	42
Figure 26	Effets antiradicalaire des trois extraits sur le radical DPPH	43

Figure 27	Valeurs des IC50 des trois extraits et l'acide ascorbique	43
Figure 28	Chromatogramme obtenu après pulvérisation de la plaque de CCM	44

## Liste des tableaux

<b>Tableau N°</b>	<b>Titre des tableaux</b>	<b>N° de page</b>
Tableau 01	Classification des épices	05
Tableau 02	Activités biologiques des épices	07
Tableau 03	Rôle culinaire de quelques épices	08
Tableau 04	Composition chimique du curcuma	12
Tableau 05	Les types des radicaux libres	18
Tableau 06	Sources nutritionnelles des différents antioxydants non-enzymatiques	22
Tableau 07	Mode d'action des antioxydants	23
Tableau 08	Rendement de l'extraction	35
Tableau 09	Résultats des tests phytochimiques	37
Tableau 10	Teneur en polyphénols des trois extraits	40
Tableau 11	Teneurs en flavonoïdes des trois extraits	41
Tableau 12	Les rapports frontaux des spots	44

### Résumé

Notre étude a pour but d'évaluer l'activité antiradicalaire des trois épices *Cuminum cyminum*, *Curcuma longa* et *Syzygium aromaticum*.

Les tests phytochimiques ont révélé la richesse des trois extraits en plusieurs métabolites secondaires en faveur des tanins, les flavonoïdes, les saponosides et les coumarines avec une absence des alcaloïdes dans les trois extraits.

L'évaluation de la teneur en composés phénoliques a montré que la concentration des polyphénols chez le cumin est de 7,073 mg EAG/g extrait, 4,363 mg EAG/g extrait pour le curcuma et 15,174 mg EAG/g extrait pour le clou de girofle.

Le dosage des flavonoïdes a révélé 0,503 mg EQ/g extrait pour le clou de girofle, 1,639 mg EQ/g extrait pour le cumin et 1,003 mg EQ/g extrait pour le curcuma.

Les trois extraits ont montré un pouvoir antiradicalaire très important piégeant le radical DPPH avec  $IC_{50}$  de 0,1 mg/ml pour le *Syzygium aromaticum*, 0,72 mg/ml pour le *Cuminum cyminum* et de 0,789 mg/ml pour le *Curcuma longa*.

L'analyse qualitative par la chromatographie sur couche mince a montré l'existence de plusieurs principes actifs dont la quercétine et l'acide gallique dans les trois extraits.

**Mots clés :** épice, activité antiradicalaire, activité antioxydante, DPPH, CCM.

***Abstract***

The aim of our study is to evaluate the antiradical activity of the three spices : *Cuminum cyminum*, *Curcuma longa* and *Syzygium aromaticum*.

The phytochemical tests revealed the richness of the three extracts in several secondary metabolites in favour of tannins, flavonoids, saponosids and coumarins with an absence of alkaloids in the three extracts.

The evaluation of the content of phenolic compounds showed that the concentration of polyphenols in cumin is 7,073 mg GAE/g extract, 4,363 mg GAE/g extract for turmeric and mg 15,174 GAE/g extract for clove.

The flavonoid assay revealed 1.003 mg QE/g extract for clove, 1.639 mg QE/g extract for cumin and 1.003 mg QE/g extract for turmeric.

The three extracts showed DPPH scavenging antiradical power with IC<sub>50</sub> of 0.1 mg/ml for *Syzygium aromaticum*, 0.72 mg/ml for *Cuminum cimum* and 0.789 mg/ml for *Curcuma longa*.

Qualitative analysis by thin-layer chromatography showed the existence of several active ingredients including quercetin and gallic acid in the three extracts.

**Key words:** spice, antiradical activity, antioxidant activity, DPPH, TLC.

## ملخص

تهدف دراستنا إلى تقييم النشاط المضاد للجذور الحرة لثلاث توابل: *Cuminum cyminum*, *Curcuma longa* و *Syzygium aromaticum*.

كشفت الاختبارات الكيميائية النباتية عن ثراء المستخلصات الثلاث بعدة مواد أيضية ثانوية من خاصة التانينات, الفلافونيدات, العفص والكومارينات في المستخلصات الثلاثة مع عدم وجود القلويدات في المستخلصات الثلاثة.

أظهر التقييم الكمي للمركبات الفينولية أن تركيز البوليفينول في الكمون هو 7.073 مغ معادل حمض الغاليك /غ مستخلص, الكركم 4.363 مغ معادل حمض الغاليك /غ مستخلص و 15.174 مغ معادل حمض الغاليك /غ مستخلص بالنسبة للقرنفل.

أظهر اختبار الفلافونيدات 0.503 مغ معادل الكرسيتين /غ مستخلص لخلاصة القرنفل و 1.639 مغ معادل الكرسيتين /غ مستخلص للكمون و 1.003 مغ معادل الكرسيتين /غ مستخلص خلاصة الكركم.

أظهرت المستخلصات الثلاثة وجود قدرة مضادة جذرية لتنشيط الجذر الحر DPPH مع  $IC_{50} = 0.1$  مغ / مل ل *Syzygium aromaticum* و 0.72 مغ / مل من أجل *Cuminum ciminum* و 0.789 مجم / مل ل *Curcuma longa*.

كما أظهر التحليل النوعي الكروماتوغرافي وجود الكيرسيتين وحمض الغاليك في المستخلصات الثلاثة.

**الكلمات المفتاحية:** التوابل، النشاط المضاد للجذور الحرة، النشاط المضاد للأوكسدة، DPPH، CCM.

### *Introduction*

Depuis des milliers d'années, l'humanité a utilisé diverses ressources trouvées dans son environnement pour traiter et soigner toutes sortes de maladies (**Lee, 2004**). Actuellement, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime qu'environ 80% des habitants de la planète ont recours à la médecine traditionnelle à base de plantes en tant que soins de santé primaire (**OMS, 2002; Elujoba et al., 2005**).

De nos jours, nous comprenons de plus en plus, que les principes actifs des plantes médicinales sont souvent liés aux produits des métabolites secondaires, qui sont largement utilisés en thérapeutique, comme des agents préventifs anti inflammatoires, antimicrobien, antiseptiques, diurétiques, Mais essentiellement antioxydant qui défendent contre le stress oxydatif (**Bourgaud et al., 2001 ; Kar, 2007**).

Le stress oxydatif se définit comme étant un déséquilibre profond de la balance entre les prooxydants et les antioxydants en faveur des premiers, ce qui conduit à des dégâts cellulaires irréversibles. La réduction univalente de l'oxygène résulte dans la formation d'espèces oxygénées activées (EOA) dont font partie les radicaux libres (anion superoxyde, radical hydroxyle), le peroxyde d'hydrogène et l'oxygène singulier...etc. Toutes ces espèces sont potentiellement toxiques pour l'organisme car elles peuvent inactiver des protéines, induire des cassures au sein de l'acide désoxyribonucléique (ADN) avec, comme conséquence, une altération du message génétique, dégrader les sucres, oxyder les lipoprotéines et initier des processus de peroxydation lipidique au sein de la membrane cellulaire en s'attaquant aux acides gras polyinsaturés (**Pincemail, 1998**).

Récemment, l'attention s'est portée sur les herbes et les épices comme source d'antioxydants, qui peuvent être employés pour se protéger contre les effets du stress oxydant (**Mata et al., 2007**).

Les épices sont classées parmi les plantes médicinales lorsqu'au moins une partie possède des propriétés curatives ou préventives d'une ou plusieurs maladies. Ce sont des parties de plantes aromatiques à la saveur forte ou des préparations, utilisées en petites quantités en cuisine comme conservateur, assaisonnement ou colorant.

Ces épices renferment de nombreux principes actifs ou métabolites secondaires, qui sont largement utilisés en thérapeutique, comme des agents préventifs, Parmi ces métabolites, on trouve les composés phénoliques (polyphénols totaux) qui constituent

une richesse largement exploitée par les industries agro-alimentaire, cosmétique et pharmaceutique (**Manandhar, 1995 ; Boukri, 2014**).

Dans ce contexte s'inscrit le présent travail de recherche dont l'objectif essentiel consiste à vérifier l'activité antioxydante de trois épices : *Cuminum cyminum*, *Curcuma longa* et *Syzygium aromaticum*.

Ce travail est subdivisé en trois parties :

❖ La première partie aborde une étude bibliographique préalable réalisée sur les épices, le stress oxydant et l'activité antioxydante.

❖ La deuxième partie décrit le matériel et les méthodes utilisés dans notre travail.

❖ La troisième est consacrée aux résultats expérimentaux trouvés et qui portent sur:

- Un screening phytochimique des métabolites secondaires des épices sélectionnées.
- Un dosage des polyphénols et des flavonoïdes.
- Une étude de l'activité antioxydante des épices par la technique du piégeage du radical libre DPPH.

## I. Généralités sur les épices

### I.1. Définition

Epices ou « species » en latin veut dire denrée d'origine végétale. Ce sont un bien des plantes embaumées avec une sapidité et une odeur plus ferme. Elles contiennent des composés odorants parfois nommés « arômes », mais aussi des composés sapides et, surtout, des composés à action trigéminal, ce qui les distingue des aromates. Elles sont donc responsables des odeurs, des saveurs, et des stimulations du nerf trijumeau (piquants, frais...), chaque épice a sa composition chimique spécifique mais généralement elles sont composées de fibres, hydrates de carbone, protéines, gomme, cendres (**Bernard, 2012 ; Annou, 2018**).

Les épices découlent de diverse partie des plantes :

- Les feuilles : comme la mélisse
- L'écorce : comme la cannelle
- Le fruit : comme la moutarde
- La fleur : comme le safran (**Farrell, 1990 ; Droninou, 2012**).

Elles doivent être traitées après la cueillette afin de garder le maximum de leur goût naturel. Et cela se fait par le dépouillement de la partie végétale requise et en la séchant en bonnes formes (**Redhead, 1990**).

Aujourd'hui les épices sont utilisées pour le plaisir dégustatif qu'elles contiennent et aussi pour leur profit médicinal (**Droniou, 2012**).



Figure 01. Aspect de quelques épices (1).

### I.2. Classification

La classification des épices est un peu abstrus, car celle-ci se donnent à diverses familles végétales. Selon **Richard, (1987)** la classification des épices se fonde sur leurs caractéristiques organoleptiques c'est-à-dire en ce basant sur la couleur, l'odeur et la saveur des plantes. Dans d'autres cas leurs classifications sont basées sur la partie de la plante dont elles sont tirées comme il est mentionné dans le tableau 01.

**Tableau 1 :** Classification des épices selon la partie utilisée de la plante (Redhead, 1990).

Nom commun	Nom botanique	Partie de la plante
<b>Premier groupe : Epices fortes</b>		
Poivre noire et blanc	<i>Piper nigrum</i>	Fruit
Poivre de Cayenne et Tabasco	<i>Capsicum frutescens</i>	Fruit
Piment et paprika	<i>Capsicum annuum</i>	Fruit
Clous de girofle	<i>Eugenia caryophyllus</i>	Fleur
Gingembre	<i>Zingiber officinale</i>	Rhizome
<b>Deuxième groupe : Fruits et graine aromatique</b>		
Muscade et macis	<i>Myristicafragrans</i>	Graine (amande + arille)
Piment toute-épice	<i>Pimentodioica</i>	Fruit
Anis	<i>Pimpinelleanisum</i>	Fruit
Fenugrec	<i>Trigonellafoenumgraecum</i>	Graine
Coriandre	<i>Coriandrum sativum</i>	Fruit
Cumin	<i>Cuminum cyminum</i>	Fruit
<b>Troisième groupe : Ecorces aromatiques</b>		
Cannelle	<i>Capsicum annuum</i>	Fruit
Casse	<i>Cinnamome cassia</i>	Rhizome
<b>Quatrième groupe : Epices colorées</b>		
Paprika	<i>Capsicum annuum</i>	Fruit
Curcuma	<i>Curcuma domestica, Curcuma longa</i>	Rhizome

### I.3. Activités biologiques

#### I.3.1. Activité antimicrobienne

Depuis toujours plusieurs plantes « bien précisément épices » ont été utilisés contre plusieurs maladies (**Rejeb, 2008**).

En l'an 1880 a affleuré la première intervention antimicrobienne des épices, ou l'action du clou de girofle, la cannelle et la moutarde et leurs huiles ont été analysées. (**Prasard et Seenayya, 2000**) Suivi par l'efficacité antimicrobienne de l'huile de cumin en l'an 1994 par Shetty.

Puis en l'an 2003 c'était la divulgation du pouvoir des infusions du cumin sur plusieurs espèces bactériennes et qui ont été actifs à 20% (**Sagdic et Ozcan, 2003**).

Dans une autre partie, d'autres chercheurs ont mis en évidence la capacité fongistatique des épices :

- ❖ Contre les champignons et les levures par Teixeira
- ❖ Contre les moisissures par Billerbeck (**Atti, 2014**).

#### I.3.2. Activité antioxydante

L'activité antioxydante signifie l'aptitude d'un élément à faire face au stress oxydatif (**Annou, 2018**).

Les épices sont fortunées en éléments antioxydants (**Halvorsen et al., 2006**). Celle-ci peut être employée pour la préservation des lipides dans le système biologique (**Su et al., 2008**).

Par ordre décroissant des valeurs les plus élevées du pouvoir antioxydant des épices ; on aura le clou de girofle en premier lieu, puis la cannelle, le poivre et le gingembre. Même après ébullition à 100C° pendant 30 min le pouvoir antioxydant reste intact (**Lalmi et Karini, 2020**). Le tableau suivant (tableau 2) résume quelques activités biologiques des épices.

Tableau 2 : Activités biologique de quelques épices (Chikh et Rached, 2017).

Activité biologique	Epices ou herbes
<b>Antioxydante</b>	Plus particulièrement cannelle, clou de girofle, ail, gingembre, citronnelle, mélisse, origan, menthe poivrée, sauge, thym.
<b>Prévention contre le cancer</b>	Anis, basilic, poivre noir, carvi, agrumes, clou de girofle, fenouil, ail, gingembre, thé vert, moutarde, romarin, soja, curcuma.
<b>Contrôle de la quantité des lipides dans le sang</b>	Câpre, cannelle, agrumes, coriandre, fenugrec, ail, gingembre, origan, romarin, soja, anis étoilé, thym.
<b>Fluidifiant sanguin</b>	Câpre, cannelle, coriandre, fenugrec, ail, gingembre.
<b>Contrôle de la glycémie sanguine</b>	Cannelle, gingembre, oignon, origan, romarin, thym.
<b>Anti-inflammatoire</b>	Feuille de laurier, poivre noir, ail, gingembre, origan, romarin, curcuma.
<b>Antibactérien</b>	Plus particulièrement anis, basilic, feuille de laurier, poivre noir, piment doux cardamome, céleri, cannelle, clou de girofle, coriandre, cumin, aneth, fenouil, ail, gingembre, mélisse, marjolaine, menthe, moutarde, noix de muscade, oignon, origan, persil, romarin, sauge, estragon, thym.
<b>Immunomodulation</b>	Poivre noir, ail.
<b>Neutralisation de toxines</b>	Carvi, agrumes, coriandre, ail, thé vert, moutarde, romarin, curcuma.

#### I.4. Domaine d'utilisation

Les épices ont plusieurs modes de consommation, par leurs extraits ou sous leur forme naturelle (Lalmi et Kaini, 2020).

### I.4.1. Domaine médical

Les épices constituent le pilier des potions orthodoxes de la médecine populaire. Parmi leurs utilisations en médecine :

- ❖ Traitement des troubles gastro-intestinaux ; exemple : le cumin, le gingembre et la curcumine « le curcuma ».
- ❖ Elles sont dotées d'une activité anticancéreuse.
- ❖ Une barrière de défense contre les maladies de stress.
- ❖ Ce sont des anti-inflammatoires et des analgésiques.
- ❖ Dotées d'une activité antimicrobienne et une activité anti-protéase qui empêche l'action du VIH (Droniou et Cassaro, 2012 ; Omar et Atrooz, 2013 ; Atti, 2014).

### I.4.2. Domaine culinaire

Les épices sont utilisées comme arôme pour l'accommodement et l'appertisation des aliments et des breuvages (tableau 3). Par exemple le curcuma, un teintant non toxique autorisé, affermi à la chaleur et aussi il résiste aux changements du pH (Barlow, 1990).

**Tableau 3 : Rôle culinaire de quelques épices (Lahsissene *et al.*, 2009 ; Chikh et Rached, 2017).**

L'épice	Rôle culinaire
<p><b>Noix de muscade</b></p> 	Utilisé dans certains plats sucrés et salés, surtout s'ils sont à base lactière.
<p><b>Coriandre</b></p> 	Utilisée dans les mélanges d'épices, dans les plats de viande, sert à assaisonner les aliments de tout genre.

**Curcuma**



Utilisé dans les sauces, caris, riz, les Tadjine aux légumes et à la viande

**Cannelle**



Permet de diminuer les quantités de sucre.  
Délicieux dans les gâteaux, tartes aux pommes, muffins....

**Poire noir**



Utilisé dans les plats à base de viande, les grillades, les sauces, le poisson et le fromage.

Il est aussi excellent pour la conservation des aliments.

**Anis vert**



Crudités, salades, potages, pâtisserie, confiserie, boissons.

**Gingembre**



Un condiment recherché pour la préparation de certaines bières, de pain d'épice, de gâteaux, de liqueurs...

**I.4.3. Domaine cosmétique**

Dans ce domaine les épices sont utilisées dans la fabrication des parfums, des articles de beauté et de toilette (Bouhadjra, 2011).

Leurs essences servent à prémunir les produits cosmétiques grâce à leur pouvoir antiseptique (Reffas, 2019).

### I.5. Les épices les plus utilisées en Algérie

Vu les habitudes culinaires, le peuple algérien est un grand affectueux d'épices. Rares sont les plats qui n'en utilisent pas. Les épices les plus utilisés dans la cuisine algérienne selon Boualem (1990) sont :

« Cumin, cari, persil, aneth, moutarde, coriandre, menthe, curcuma, cerfeuil, sarriette, origan, sauge, romarin, fenugrec, galanga, safran, nigelle, laurier, poivre noir, gingembre, cannelle, noix de muscade, thym, clous de girofle... ».

Les Algériens apprécient également les piments qu'ils proposent à côté du plat, ce qui permet à chacun des convives de pimenter son assiette comme bon lui semble. Il existe deux mélanges d'épices typiques en Algérie : Ras El Hannout et le Zahtar. Ils sont tous disponibles dans tous les Souks et les marchés locaux (Boualem, 1990).

### I.6. Les épices sélectionnées

#### I.6.1. Le curcuma

##### I.6.1.1. Etymologie

Curcuma (figure 02) terme irano-indien du sanscrit *kartouma* : *kurkumen*, *kourkoumen* en arabe et *curcuma* en latin. A noter que des fois sa couleur jaune frénétique est à l'origine de son appellation (Hombourger, 2010).



Figure 2. Aspect du curcuma (2).

### I.6.1.2. Classification

- ❖ **Classe** : des monocotylédones
- ❖ **Ordre** : des scitaminales ou zingibérales
- ❖ **Famille** : des *Zingiberaceae* (**Chikh et Rachem, 2017**).

Ce genre regroupe près de 80 espèces. Le *Curcuma longa* est celle la plus consommée et la plus étudié.

### I.6.1.3. Description de la plante

*Curcuma longa* L, une plante robuste atteignant un mètre, perdurable par son rhizome (figure 3). Les rhizomes principaux de forme ovoïde donnent le curcuma rond et les secondaires le curcuma long. Ces rhizomes ont une couleur jaune orangé en section et gris brunâtre en surface (**Delaveau, 1987**).



**Figure 3.** La plante du curcuma  
(A : La plante entière. B : Aspect des rhizomes) (3)

### I.6.1.3. Composition Chimique

Le genre *Curcuma longa* est très riche en métabolites secondaires, par distillation à la vapeur d'eau, les rhizomes produisent 2 à 7% d'huile essentielle qui est constituée principalement de zingibérène (25%), tumérone (35%) de l'ar-tumérone (12%) aussi des petites quantités de monoterpènes oxygénés (**Hombourger, 2010**). La composition chimique du curcuma est résumée dans le tableau 4.

**Tableau 4** : La composition chimique du curcuma (Jansen *et al.*, 2005).

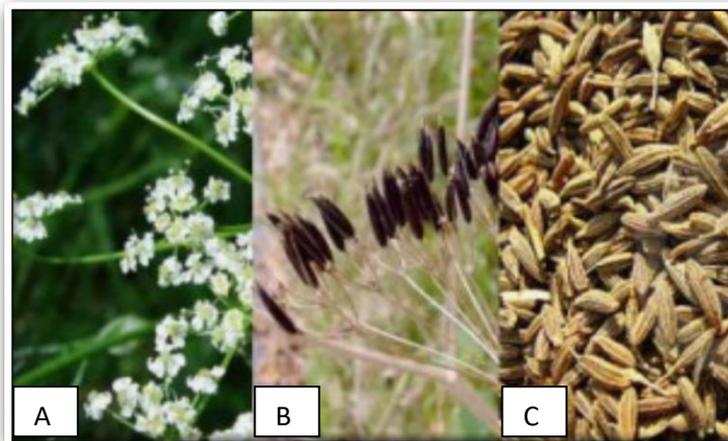
Pour 100 g de poudre de curcuma :

Composition	Quantité
Eau	11.4g
Energie	1481 Kj
Protéines	7.8g
Lipides	9.9g
Glucides	64.9g
Dont Amidon :	45 à 55% de la composition totale
Fibres alimentaires	21.1g
Ca	183mg
Mg	193mg
P	268mg
Fe	41.1mg
Zn	4.4mg
Vitamine A	Traces
Thiamine	0.15mg
Riboflavine	0.23mg
Niacine	5.1u4mg
Folate	39 µg
Acide ascorbique	25.9mg

## I.6.2. Le cumin

### I.6.2.1. Description

Le cumin (*Cuminum cyminum*) est une épice d'une couleur jaune clair, qui devient plus foncé au contact de l'air velu, strié variant du vert au gris-brun, avec une odeur aromatique et un goût épicé et amer d'une petite plante herbacée annuelle (figure 4) (Arvy et Gollouin, 2003).



**Figure 4.** La plante du cumin, (A : l'aspect de la fleur du cumin avant le séchage ; B : Les graines du cumin avant la récolte ; C : Aspect final des graine de cumin) (4).

#### I.6.2.2. Classification

- ❖ **Embranchement :** Spermaphytes
- ❖ **Classe :** Dicotylédones
- ❖ **Ordre :** Apiales
- ❖ **Famille :** Apiaceae
- ❖ **Genre :** *Cuminum*
- ❖ **Espèce :** *Cuminum cyminum* L (Vican, 2001).

#### I.6.2.3. Composition chimique

Les graines de cumin sont composées essentiellement des huiles essentielles (25%-35% des parar-isopropy-benzaldehydes et 21% des alpha et beta pinenes), des glucides comme la gomme et la pectine, des protides (18% acides aminés), des acides gras qui sont: l'acide linoléique, l'acide oléique, l'acide polmitique et l'acide petroselinique aussi des composés phénolique tels que les tanins et les flavonoïdes (Arvy et Gollouin, 2003).

### I.6.3. Le clou de girofle

#### I.6.3.1. Définition

Le girofle est un arbre inné. Les clous sont en fait des boutons de fleurs d'une couleur verdâtre puis elles deviennent rouges après la maturation (Figure 5 et 6). Après l'étape de séchage les clous prennent une couleur brune lors de cette phase qui

se déroule à l'air libre pendant un mois (**Bremness, 2002 ; Berbelet, 2015 ; Chagra, 2019**).



**Figure 5.** Aspect du clou de girofle (5).



**Figure 6.** Aspect des fleurs du giroflier (5).

### **I.6.3.2. Classification**

- ❖ **Classe :** Angiosperme.
- ❖ **Ordre:** Myrtales.
- ❖ **Famille:** Myrtaceae - Myrtacées
- ❖ **Sous-famille:** Myrtoideae.
- ❖ **Genre:** Syzygium Gaerth.

Ce genre comprend 6 espèces différentes (**Berbelet, 2015**).

### **I.6.3.3. Composition chimique**

Les clous de girofles sont constitués essentiellement des huiles essentielles 15 à 20%.

- ❖ Des tanins.
- ❖ Un peu d'amidon et des matières fibreuses cellulosiques.
- ❖ Ils contiennent aussi des composés terpéniques (10 % caryophyllène), aliphatiques, aromatiques et hétérocycliques (**Chagra, 2019**).

#### **I.6.3.4. Propriétés**

L'huile essentielle du clou de girofle est constituée principalement d'Eugéno (91.2%). Grace à ce composé le clou de girofle est considéré comme :

- ❖ **Un antalgique** : Par le blocage de la transmission de la douleur.
- ❖ **Un anti-infectieux majeure** : L'eugéno à une action bactéricide rapide, également actif sur la flore buccale.
- ❖ **Un antifongique à large spectre**: par la destruction des champignons qui sont à l'origine de certaines mycoses.
- ❖ **Un anti-inflammatoire et antioxydant** : Par l'inhibition des molécules accusées dans le processus inflammatoire.
- ❖ **Antispasmodique ; calmante et sédative** : Par le blocage de l'action de l'acétylcholine au niveau des synapses (bloque le passage de l'influx nerveux d'un neurone à l'autre) (**Chakib, 2011 ; Ranoarisoa, 2012 ; Chagra, 2019**).

## I. Stress oxydatif

### I.1. Définition du stress oxydant

Un déséquilibre entre la production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les capacités de défense antioxydante de l'organisme produit ce que l'on appelle le stress oxydatif (**Baudin, 2020**). Ce dernier peut causer plusieurs pathologies tels que : le cancer, les maladies cardio-vasculaires ainsi qu'un vieillissement anticipé (**Belaich et Boujraf, 2016**).

Dans les conditions normales la balance antioxydants/ERO est équilibrée (figure 7), mais elle peut être déséquilibrée suite à un manque des antioxydants ou une production excessive des radicaux libres (**Favier, 2003**).



**Figure 07.** Balance radicaux libres/antioxydants (**Hocine et Gorine, 2017**).

### I.2. Les radicaux libres

#### I.2.1. Définition

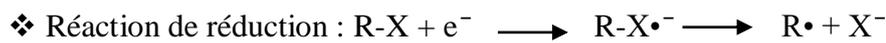
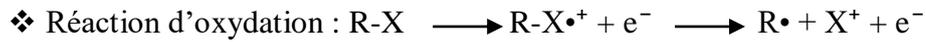
Un radical libre est une molécule avec un ou plusieurs électrons non appariés, cela veut dire qu'il est non couplé avec un autre électron, ce qui provoque une très grande combativité avec un autre élément (**Leverex, 2009**).

Il est possible que les RL soit dérivé de l'oxygène (espèce réactif de l'oxygène : ERO) ou de l'azote (espèces réactifs d'azote ERA) (**Hocine et Gorine, 2017**).

## I.2.2. Formation des radicaux libres (origines)

### I.2.2.1. Réaction d'oxydoréduction

Les RL se forment généralement à partir d'une espèce radicalaire suite à une réaction d'oxydoréduction (**Gardes-Albert *et al.*, 2003**).



L'électron célibataire est représenté par un « • ».



### I.2.2.2. Rupture homolytique

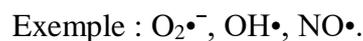
La rupture homolytique ou le clivage homolytique peut entraîner la formation de deux entités avec un électron célibataire (**Mehdid, 2018**).



## I.2.3. Types des radicaux libres

Les radicaux libres sont classés en:

❖ Radicaux primaires : qui proviennent de l'oxygène par des réductions à un électron (**Hocine et Gorine, 2017**).



❖ Radicaux secondaires : se sont le résultat de la réaction des radicaux primaires sur les constituants biochimiques de la cellule (**Hocine et Gorine, 2017**).

**Tableau 05:** Les différents types des radicaux libres (Hocine et Gorine, 2017).

<b>Oxygène</b>	$O_2$
<b>Oxygène singulet</b>	$^1O_2$
<b>Anion super oxyde</b>	$O_2^{\bullet -}$
<b>Radical hydroxyle</b>	$OH$
<b>Radical hydroperoxyde</b>	$HOO$
<b>Radical peroxyde</b>	$ROO$
<b>Hydroperoxyde</b>	$ROOH$
<b>Radical alkoxyde</b>	$RO\bullet$
<b>Peroxyde d'hydrogène</b>	$H_2O_2$
<b>Radical oxyde nitrique</b>	$NO\bullet$

#### I.2.4. Les sources de production des radicaux libres

Les provenances des radicaux libres sont variées (figure 8) :

- ❖ La pollution.
- ❖ Le tabac.
- ❖ Les rayons UV.
- ❖ Les radiations ionisantes, les radiations cosmiques.
- ❖ Le métabolisme cellulaire.
- ❖ Les inflammations et tous types d'immunodéficience (Hocine et Gorine, 2017).



**Figure 08.** Sources de production des radicaux libres (Hocine et Gorine, 2017).

### I.2.5. Rôle des radicaux libres

#### I.2.5.1. Les radicaux libres chez l'homme

Les principales actions des RL sont en fait de lancer (déclencher) le signal intracellulaire et aussi de garantir l'amplification de ce dernier soit:

- ❖ On modifiant l'équilibre red/ox de la cellule.
- ❖ Ou par modification oxydatif des protéines (Rezaire, 2012).

#### I.2.5.2. Les radicaux libres chez les plantes

Dans les circonstances normales les végétaux peuvent produire délibérément des RL dans le but de :

Contrôler beaucoup de phénomènes comme : la défense contre des pathogènes, l'apoptose et le comportement stomatique (structure anatomique permettant les sorties d'eau sous forme de vapeur) (Rezaire, 2012).

## II. Antioxydants et activité antioxydante

### II.1. Définition des antioxydants

Un antioxydant c'est une molécule capable de réduire ou bloquer l'oxydation des molécules chimiques, tout en gardant les mêmes propriétés nutritionnelles des denrées alimentaires aussi ils maintiennent la qualité et prolongent leur durée de consommation (Atti, 2014 ; Desmier, 2016 ; Hocine et Gorine, 2017).

Les épices sont fortunées en composés antioxydants, plusieurs revues ont classé la cannelle en quatrième classe parmi les 50 aliments enfermant les plus d'antioxydants (Halvorsen *et al.*, 2006).

### II.2. Classification des antioxydants

Les antioxydants sont classés en :

#### II.2.1. Antioxydants naturels

##### II.2.1.1. Antioxydants enzymatiques

Ce sont des antioxydants endogènes représentent la première barrière de défense contre les RL qui englobe les enzymes suivantes (Baba et Mc-Grath, 2008 ; Bensakhria, 2018) :

##### ❖ Superoxyde distumase (SOD)

Il s'agit d'une métallo-enzyme ubiquitaire qui écarte l'anion superoxyde par dismutation suivant la réaction suivante (Bensakhria, 2018) :



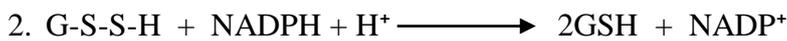
##### ❖ Catalase

C'est une enzyme héminique ubiquitaire qui écarte  $\text{H}_2\text{O}_2$  par dismutation suite à deux étapes excessives. Elle est située au cœur des globules rouges (Bensakhria, 2018) :

1. Catalase (Fe III) +  $\text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow$  Catalase (Fe V)  $\text{H}_2\text{O}_2$
2. Catalase (Fe V)  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow$  Catalase (Fe III) +  $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

### ❖ Système Glutathion peroxydase / Glutathion réductase (GPx/GR)

C'est une sélénoprotéine responsable de l'élimination de 70% des peroxydes organiques et de 94% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> par une réaction de réduction et suivants les deux réactions suivantes (**Bensakhria, 2018**) :



### ❖ Thioridoxine peroxydases (Trx)

Il s'agit une sélénoenzyme NADPH dépendante, responsable de l'élimination de l'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ROOH, ONOO<sup>-</sup> par une réaction de réduction et suivant la réaction suivante (**Bensakhria, 2018**) :



#### I.2.1.2. Antioxydants non-enzymatique

Des antioxydants exogènes qui regroupent :

#### ❖ Vitamine E

L'antioxydant primordial des lipides en forme d' $\alpha$ -tocophérol, elle a aussi une autre activité de neutralisation de l'oxygène singulier <sup>1</sup>O<sub>2</sub> (**Bensakhria, 2018**).

#### ❖ Vitamine C (acide ascorbique)

Elle réagit d'une façon directe sur les RL, elle participe à l'élimination de l'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Présent sous une forme d'un acide déhydro-L-ascorbique (DHA) (**Bensakhria, 2018**).

#### ❖ Provitamine A (caroténoïde : $\beta$ -carotène)

Elle coupe l'opération de la peroxydation des lipides (**Bensakhria, 2018**)

Il y a aussi d'autres vitamines comme vitamine P (flavonoïdes) et le coenzyme Q<sub>10</sub> (**Bensakhria, 2018**).

#### ❖ Les oligoéléments

Cu, Zn, Mg, Se et Fe des cofacteurs qui jouent le rôle d'un barrage contre le stress oxydant. Ils maintiennent l'activité catalytique des enzymes antioxydantes (**Garait, 2006**).

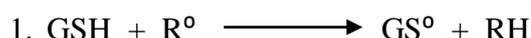
Aussi le zinc et le cuivre jouent un très grand rôle dans l'activité des la SOD (**Bouldjadj, 2009**).

❖ **Les protéines transporteuses**

C'est le cas de la transferrine et le fer qui séquestrent les métaux impliqués dans la formation des RL (**Bensakhria, 2018**).

❖ **Glutathion**

C'est un agent antiradicalaire, un cofacteur des antioxydants enzymatiques (la GPx principalement). Il joue un rôle de réducteur des protéines oxydées par alliance avec d'autres espèces électrophiles et suivant les réactions suivantes (**Atti, 2014 ; Bensakhria, 2018**) :



**Tableau 06:** Les sources nutritionnelles des différents antioxydants non-enzymatiques (**Atti, 2014**).

Les antioxydants	Sources nutritionnelles
Vitamine C	Agrume, melon, brocoli, fraise, kiwi, chou, poivron
Vitamines E	Huile de tournesol, de soja, de maïs, beurre et dans les œufs et les noix
β-carotène	Légumes et fruits orangés et vert foncés
Sélénium	Poisson, œufs, viandes, céréales et volaille
Zinc	Viande, pain complet, légumes verts, huîtres et produits laitiers
Flavonoïdes	Fruits, légumes et thé vert
Acide phénolique	Céréales complètes, baies et cerise
Tanins	Lentilles, thé, raisins et vin
Métabolisme de cystéine et glutathion	Caséine, lactalbumine (petit-lait), produits laitiers, brocoli, chou, œufs, poissons et viandes

### I.2.2. Antioxydants synthétiques

Il existe plusieurs types d'antioxydants synthétiques, parmi eux on trouve :

- ❖ La PG (gallate propylée)
- ❖ Le BHT (butylhydroxytoluène)
- ❖ Le BHA (butylhydroxyansiole) (**Lisu et al., 2003**).

Ce sont les plus utilisés à cause de leur efficacités et ils coutent mois cher comparés aux antioxydants naturels. D'une autre part il y a une possibilité qu'ils deviennent toxiques s'ils sont consommés d'une façon excessive (**Pieta, 2000**).

### I.3. Mécanisme d'action des antioxydants

Les antioxydants ont des modes d'action différents ; ils peuvent capter l' $^1O_2$ , ils désactivent les RL suite à une réaction d'addition ils sont aussi des chélateurs des métaux de transition, ils réduits les peroxydes et les RL (**Favier, 2006**).

**Tableau 07** : Les principaux modes d'action de quelques antioxydants (**Huang et al., 2005 ; Atti, 2014**).

	Nature	Mode d'action
<b>Défense non enzymatique</b>	Vitamine E	Participe aux réactions d'oxydoréduction
	Vitamine C	Neutralise les radicaux libres
	Bêta carotène	Fixation des métaux de transition
	Ubiquinone, acide urique	Inhiber la peroxydation lipidique
<b>Défense enzymatique</b>	Superoxyde dismutase	Catalyse la dismutation de l'anion superoxyde
	Catalase	Métabolise $H_2O_2$
	Glutathion peroxydase	Action réductrice sur $H_2O_2$ et les hydroperoxydes

En suivant leur mécanisme d'action, les antioxydants sont classés en deux grandes classes :

❖ Système de défense primaire : qui sert à prévenir la production des espèces réactives de l'oxygène.

❖ Système de défense secondaire : cette classe englobe les antioxydants qui permettent d'échapper l' $O_2^-$  à devenir  $OH^\circ$  (très réactif) (Huang *et al.*, 2005).

### III. Evaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante est détectée suite à plusieurs méthodes qui donnent des résultats différents. Jusqu'à maintenant aucune méthode ne peut donner des résultats bien précis (Georgieva *et al.*, 2010).

#### III.1. Piégeage du radical superoxyde ( $O_2^-$ )

Ce test estime l'aptitude d'un élément à capter un RL, le radical superoxyde va causer la réduction du  $NBT^{2+}$  d'une couleur jaune en bleu de formazan de couleur pourpre qui absorbe à 560nm. Lorsqu'un antioxydant capte l'anion superoxyde, la combinaison va empêcher la formation de la couleur bleu de formazan (Parejo *et al.*, 2002).

Le pourcentage de réduction du  $NBT^{2+}$  est calculer à partir des absorbances obtenues au regard d'un témoin dépourvu de composé antioxydant (Parejo *et al.*, 2002).

#### III.2. Piégeage du radical peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ )

L'absorbance de l' $H_2O_2$  dans le domaine UV est la méthode la plus utilisé pour estimer l'aptitude du piégeage de cette molécule.

Lorsque la concentration du peroxyde d'hydrogène diminue dans le milieu (à cause des éléments piègeurs) l'absorbance va diminuer également (Malgalhaes *et al.*, 2008).

#### III.3. Piégeage du radical hydroxyle (OH)

La formation du radical hydroxyle est à partir d'un anion superoxyde et un superoxyde d'hydrogène suivant la réaction de Haber Weis (Castro et Freeman, 2001).

L'aptitude des molécules à piéger l'OH est estimée par le pourcentage d'inhibition de la réaction de ce dernier avec une molécule dite : molécule détectrice, comme le désoxyribose, la thymine, la dopamine .... (Atti, 2014).

#### III.4. Piégeage du radical peroxyde (ROO) par la méthode TRAP et ORAC

Dans la méthode de ORAC, la  $\beta$ -PE (une protéine très sensible au stress) se dimérise en présence du peroxyde, ce qui conduit à la décroissance de sa fluorescence cette décroissance est liée à la concentration des RL dans le milieu réactionnel. Le même principe pour la méthode (TRAP) (Atti, 2014 ; Benhammedi, 2016).

#### III.5. Piégeage du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

Le principe de ce test est d'estimer la capacité des molécules antioxydantes à réduire le DPPH (d'une couleur violette), en contrôlant la diminution de l'absorbance de cette molécule à 515nm. La forme réduite du DPPH est de couleur jaunâtre (Figure 9) (Popovici et al., 2009).

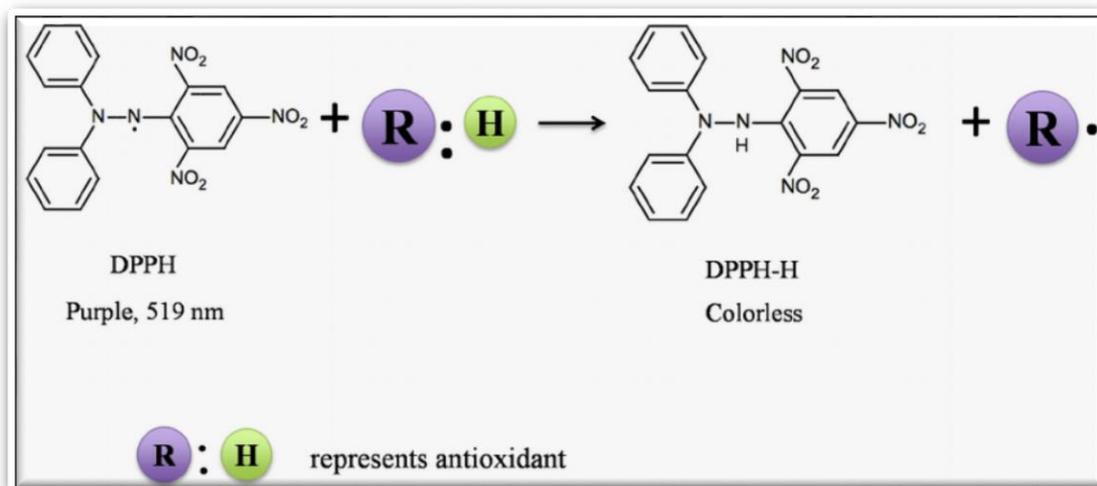


Figure 09. Réaction de test de DPPH (Bryan et al., 2021).

#### III.6. Réduction du Fer : FRAP (Ferric reducing ability of plasma)

Cette méthode est utilisée pour estimer la capacité du plasma à réduire le  $Fe^{3+}$  en  $Fe^{2+}$ . En effet le  $Fe^{2+}$  et la TPTZ forment un complexe qui absorbe à 594nm. Ce complexe indique la présence d'un composé antioxydant dans le milieu (Benzie et Strain, 1996).

### III.7. Blanchissement de la $\beta$ -carotène

L'oxydation de l'acide linoléique libère des radicaux libres qui provoquent la perte de couleur de la  $\beta$ -carotène, d'une autre part la présence d'un agent antioxydant aide à la neutralisation des RL provenant de l'acide linoléique et dans ce cas y aura pas d'oxydation de la  $\beta$ -carotène (**Kubola et Siriamornpun, 2008**).

### I. Matériel

#### I.1. Matériel végétal

Nous avons travaillé sur trois épices: le Cumin (*Cuminum cyminum*), le Curcuma (*Curcuma longa*), le Clou de girofle (*Syzygium aromaticum*). Ces épices sont disponibles dans le marché local algérien.

L'identification botanique des épices sélectionnées a été faite sur la base de la description des caractéristiques organoleptiques.

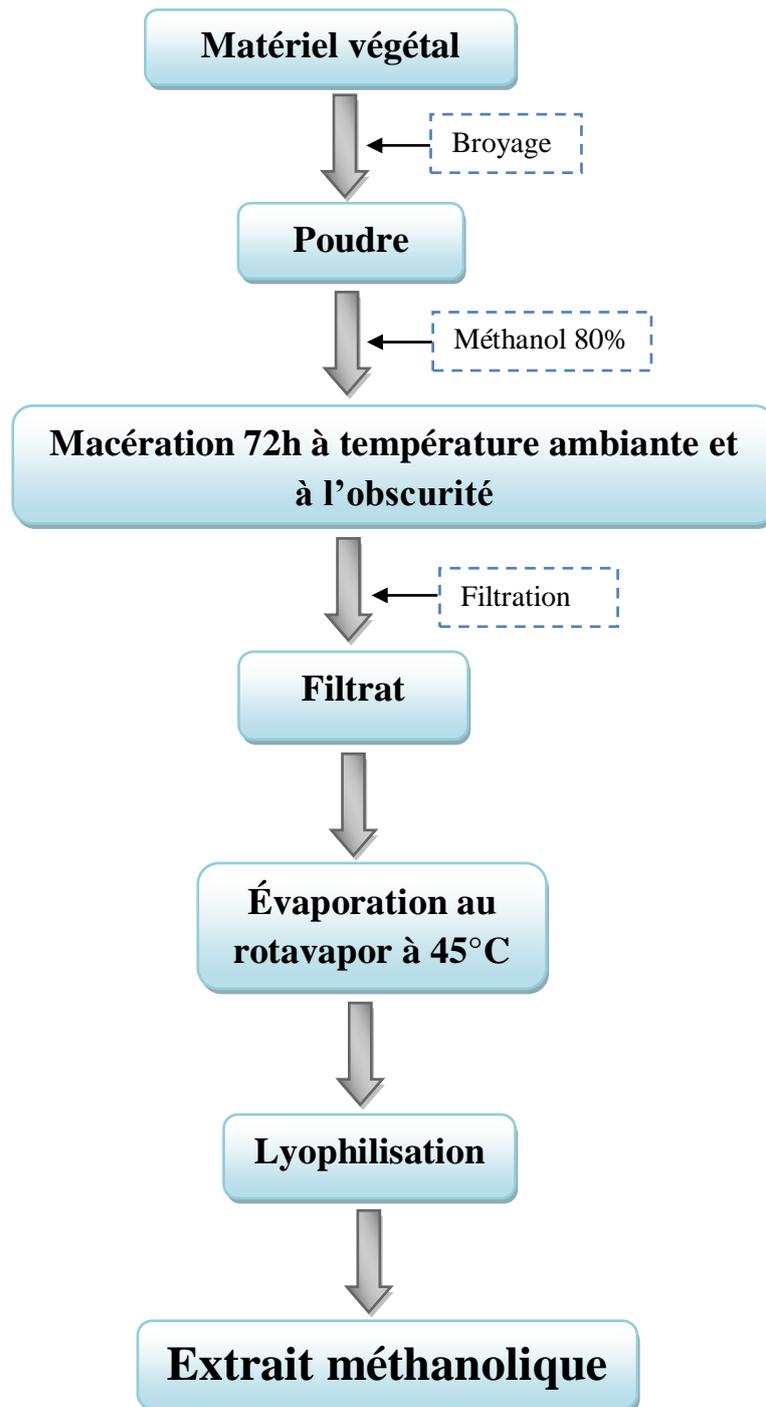
Les épices ont été broyées en poudre. Le broyat (250g de chaque épice) va constituer la matière sèche qui va servir à la préparation de l'extrait méthanolique.

### II. Méthodes

#### II.1. Etude phytochimique

##### II.1.1. Préparation des extraits méthanoliques

Les extraits méthanoliques sont préparés selon la méthode de **Markhan (1982)**. 250g de la poudre de chaque épice (*Cuminum cyminum*, *Curcuma longa*, *Syzygium aromaticum*) sont macérées dans le méthanol (80%) avec agitation de temps en temps. Après filtration, le filtrat est évaporé dans un rotavapor à 45°C puis lyophilisé (Figure 10), le lyophilisat est pesé pour calculer le rendement.



**Figure 10.** Protocol de la préparation des extraits méthanoliques.

### II.1.2. Rendement des extraits

Le rendement de l'extrait brut est le rapport entre la masse de l'extrait sec obtenue et la masse du matériel végétal traitée. Ce rendement est calculé suivant cette équation :

$$R(\%) = (Me/Mv) \times 100$$

**R(%)** : Rendement en %

**Me** : Masse de l'extrait.

**Mv** : Masse de la matière végétale sèche (Markhan, 1982).

### II.1.3. Test préliminaires de la composition chimique

Les tests phytochimiques sont réalisés sur des solutions préparées à partir des extraits méthanoliques dissous dans le méthanol. Selon les méthodes décrites par **Trease et Evans (1983)**.

#### II.1.3.1. Les alcaloïdes

Deux réactifs sont utilisés : réactif de Mayer et réactif de Wagner qui sont préparés selon le protocole suivant :

❖ **Réactif de Mayer** : 5g de KI + 1.358g de HgCl<sub>2</sub> solubilisés dans 100ml d'eau distillée.

❖ **Réactif de Wagner** : 2g de KI + 1.27g de I<sub>2</sub> solubilisés dans 100ml d'eau distillée.

Evaporer 20ml de l'extrait méthanolique de chaque plante à sec, ajouter 5ml d'HCl (2N) au résidu et chauffer dans un bain marie. Filtrer le mélange et réaliser les tests avec le réactif de Mayer ou de Wagner.

Introduire 1ml de filtrat dans un tube à essais puis ajouter 5gouttes de réactif. La présence d'alcaloïdes est indiquée par la formation d'un précipité blanc jaunâtre.

#### II.1.3.2. Tanin

Agiter 2ml de la solution à tester avec 2ml d'eau distillée, ajouter 2 à 3 gouttes de solution de FeCl<sub>3</sub> à 2%

La présence des tanins est révélée par l'apparition d'une coloration bleue-noire ou verdâtre.

### **II.1.3.3. Les flavonoïdes**

Traiter 5ml de l'extrait avec quelques gouttes d'HCl concentré. Ajouter une quantité de tournure de magnésium et laisser agir.

La présence des flavones aglycone est confirmée par l'apparition d'une couleur rouge ou rose.

### **II.1.3.4. Les saponosides**

Mélanger 5ml de la solution à tester avec 10ml d'eau distillée pendant 2min. La formation d'une mousse persistante après 15min confirme la présence des saponosides.

### **II.1.3.5. Stérols et triterpènes**

Dans un bécher, introduire 5ml de l'extrait à analyser, ajouter 5ml d'anhydride acétique, 5ml de chloroforme et 1ml d'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) concentré dans la paroi de bécher sans agiter. Laisser reposer 20min.

La formation d'un anneau rouge brunâtre à la zone de contact des deux liquides et une coloration violette de la couche surnageante révèlent la présence de stérols et triterpènes.

### **II.1.3.6. Les composés réducteurs**

Dans un tube à essai, ajouter 1ml de liqueur de Fehling (0.5ml de réactif A et 0.5ml de réactif B) à 1ml d'extrait à analyser et incuber l'ensemble 08min dans un bain marie bouillant.

L'apparition d'un précipité rouge brique indique la présence des composés réducteurs.

### **II.1.3.7. Les coumarines**

Introduire 1ml d'extrait dans un tube, ajouter 0.5ml de  $NH_4OH$  à 25%, mélanger et observer sous UV à 366nm. Une fluorescence intense indique la présence des coumarines.

### II.1.3.8. Les mucilages

Introduire 1ml d'extrait dans un tube à essai et ajouter 5ml d'éthanol absolu. Après une dizaine de minutes, l'obtention d'un précipité floconneux dans le mélange indique la présence de mucilages.

### II.1.3.9. Les terpenoïdes

Dans un tube à essai, ajouter à 2 ml d'extrait, 2 ml de chloroforme et 2 ml d'acide sulfurique concentré.

L'apparition d'un anneau marron-rouge à l'interphase indique la présence des terpénoïdes.

## II.1.4. Analyse de l'extrait méthanolique du *Cuminum cyminum*, *Curcuma longa* et *Syzygium aromaticum*

### II.1.4.1. Dosage de polyphénols

La teneur en composés phénoliques des trois extraits (*Cuminum cyminum*, *Curcuma longa* et *Syzygium aromaticum*) a été estimée par la méthode de Folin-ciocalteu selon **Li et al., (2007)** basée sur la réduction en milieu alcalin de la mixture phosphotungstic ( $WO_4^{2-}$ ) du réactif de Folin par les groupements oxydables des composés polyphénoliques, conduisant à la formation de produits de réduction de couleur bleue. Ces derniers présentent un maximum d'absorption dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon (**Georgé et al., 2005**). Brièvement, 1ml de réactif de Folin (dilué 10 fois) est ajouté à 200  $\mu$ l d'échantillon ou de standard (préparés dans le méthanol) avec des dilutions convenables, après 4 min, 800  $\mu$ l d'une solution de carbonate de sodium (0.75%) sont additionnés au milieu réactionnel. Après 2 heures d'incubation à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 765 nm.

La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de la droite d'étalonnage établie avec l'acide gallique (0-200  $\mu$ l/ml) et est exprimée en mg EAG/ g d'extrait (milligramme d'équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait).

### II.1.4.2. Dosage des flavonoïdes

L'évaluation quantitative des flavonoïdes dans les trois extraits a été réalisée selon la méthode de trichlorure d'aluminium (**Bahorunet et al., 1996**). Brièvement, les échantillons

sont préparés par la dissolution de 1mg extrait à 1ml méthanol. 1ml de chaque échantillon est ajouté à 1ml de la solution d'AlCl<sub>3</sub> (2%, dans le méthanol). Dix minutes après le début de la réaction, l'absorbance est lue à 430nm.

Une gamme étalon est établie séparément avec la quercétine (0-40 µg/ml) pour calculer la concentration des flavonoïdes dans chaque extrait. Les résultats du dosage des flavonoïdes sont exprimés en mg EQ/ g d'extrait.

#### II.1.4.3. L'évaluation de l'activité anti-oxydante : Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)

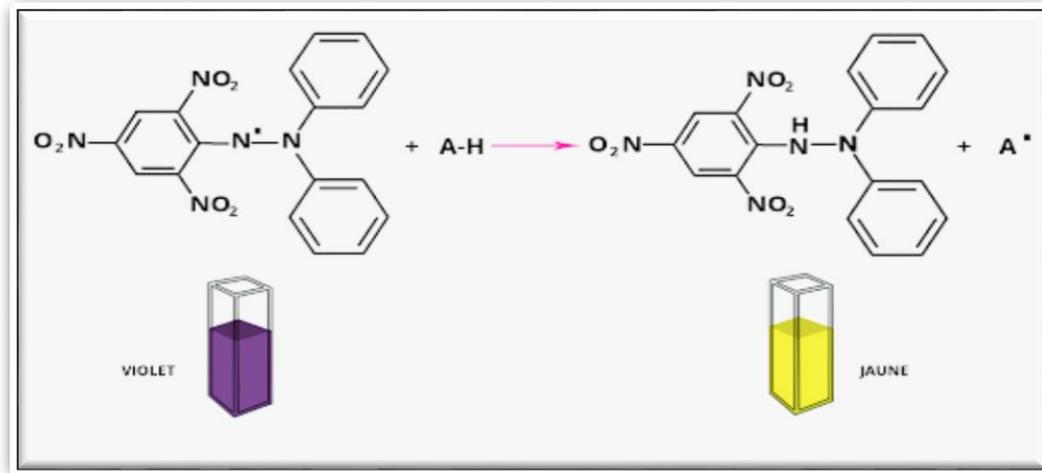
Pour étudier l'activité antiradicalaire des trois extraits, nous avons opté pour la méthode qui utilise le DPPH comme un radical libre relativement instable qui absorbe dans le visible à la longueur d'onde de 515 à 520nm. Le test consiste à mettre le radical DPPH (de couleur violette), en présence des molécules dite antioxydantes afin de mesurer leur capacité à le réduire. La forme réduite (diphénylpicryl-hydrazine : de couleur jaune) n'absorbe plus à 515nm, ce qui se traduit par une diminution de l'absorbance (**Sanchez-moreno, 2002**).

Selon le protocole décrit par **Mansouri et al (2005)**, la solution de DPPH est préparée par solubilisation de 2.4mg de DPPH dans 100ml de méthanol ( $6 \times 10^{-5}$  M).

25µl des solutions d'extraits ou standard (acide ascorbique) sont ajoutés à 975µl DPPH, le mélange est laissé à l'obscurité pendant 30min et la décoloration par rapport au contrôle négatif contenant la solution de DPPH et du méthanol est mesurée à 517nm. L'activité antiradicalaire est estimée selon l'équation suivante :

$$\% \text{ d'activité antiradicalaire} = \frac{(\text{Abs contrôle}) - (\text{Abs échantillon})}{(\text{Abs contrôle})} \times 100$$

L'activité antioxydante des extraits vis-à-vis le radical DPPH a été évaluée spectrophotométriquement en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette à la couleur jaune mesurable à 517nm (figure 11).



**Figure 11.** Réaction du test de DPPH (Popovici *et al.*, 2009).

Pour l'évaluation de cette activité, on a préparé une gamme de dilution allant de 0 à 2 mg/ml pour l'acide ascorbique et pour les trois extraits méthanoliques.

Les différentes densités optiques vont nous permettre de tracer pour chaque extrait, une courbe d'une allure exponentielle, ce qui signifie l'existence d'une relation proportionnelle entre le pourcentage de réduction du radical libre et la concentration de l'extrait.

#### ✓ Calcul des IC<sub>50</sub>

IC<sub>50</sub> (concentration inhibitrice de 50%), aussi appelée EC<sub>50</sub> (Efficient concentration 50), est la concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire 50% de radical DPPH.

Les IC<sub>50</sub> sont calculées graphiquement par des pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations des extraits testées (Torres *et al.*, 2006).

#### II.1.4.4. Analyse qualitative par la chromatographie sur couche mince

La chromatographie est une méthode physique de séparation des mélanges en leurs constituants, basée sur les différences d'affinité des substances à l'égard de deux phases, l'une stationnaire ou fixe, l'autre mobile. La chromatographie sur plaque (CCM), est effectuée surtout en vue d'une analyse d'un mélange (Mamadou *et al.*, 2018).

La phase stationnaire solide est fixée sur la plaque de CCM, et la phase mobile liquide, nommée éluant, est un solvant ou un mélange de solvants.

Pour la phase mobile, le meilleur système de séparation choisi est le BAE (n-Butanol : Acetic acid : Eau) (60 : 15 : 35 V/V) (**Mamadou et al., 2018**).

De chaque solution (quercétine, acide gallique et les trois EM), 5  $\mu$ l sont déposés sur la ligne de départ tracé au pied des plaques, ces dernières sont ensuite introduites dans des cuves de migration préalablement saturées par les vapeurs de la phase mobile (**Mamadou et al., 2018**).

Après développement (lorsque le fond du solvant atteint la ligne supérieur), les plaques sont séchées, puis visualisées séparément par deux systèmes de révélation :

❖ **Révélation physique** : par une observation sous lampe UV à une longueur d'onde de 254nm ou à 366nm.

❖ **Révélation chimique** : les plaques sont pulvérisées par un mélange vanilline sulfurique (acide sulfurique : éthanol : vanilline ; 20 :80 :1 V/V/P), les spots issus de la séparation sont révélés après un séchage à 105°C pendant 10 min. Les rapports frontaux sont ensuite calculés dont le rapport frontal est le rapport entre la distance parcourue par la tache et celle du solvant (**Mamadou et al., 2018**).

Les rapports frontaux sont calculés on suivant cette équation :

$$R_f = d/D$$

Considérons :

R<sub>f</sub> : rapport frontal ou rétention frontale.

d : distance parcourue par l'échantillon.

D : distance parcourue par la phase mobile (**Mamadou et al., 2018**).

## I. Résultats

### I.1. Rendement d'extraction

Les extraits méthanoliques obtenus après évaporation et lyophilisation sont généralement sous forme d'une poudre de couleur brunâtre pour le clou de girofle ou sous forme d'un mucilage de couleur jaunâtre pour le cumin et d'une couleur jaune intense pour le curcuma (figure 12). Le rendement de l'extraction de 250g de poudre est présenté dans le tableau 8.

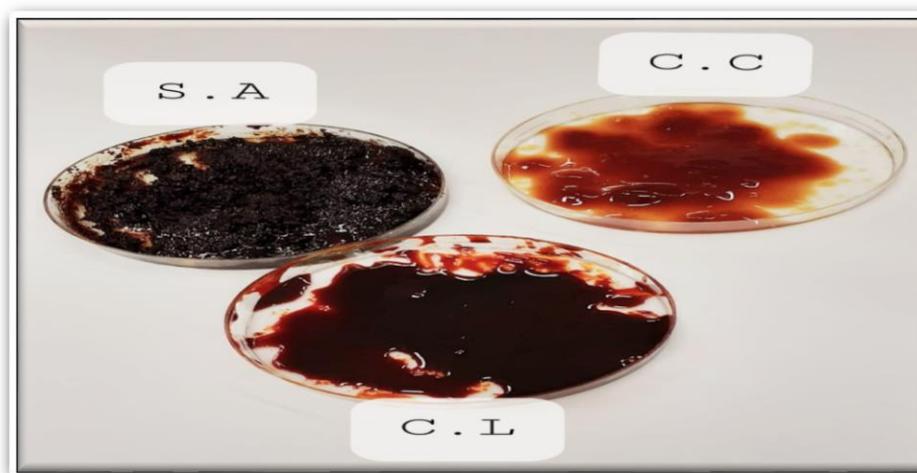
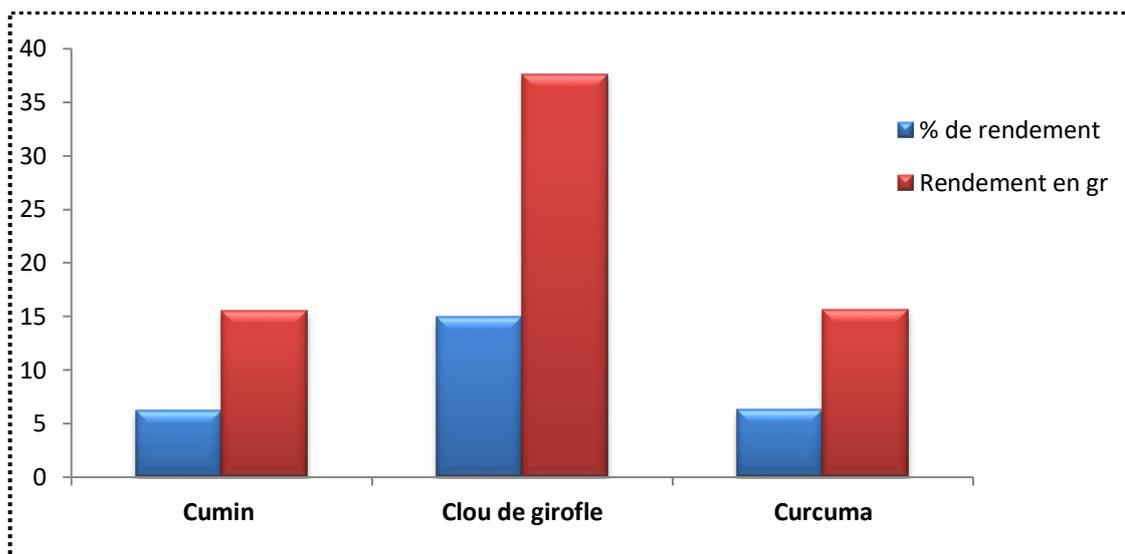


Figure 12. Aspect des trois extraits.

Tableau 08: Rendement de l'extraction

	Clou de girofle	Curcuma	Cumin
<b>Rendement en g</b>	37,480	15,67	15,54
<b>% de rendement</b>	14,99	6,26	6,21



**Figure 13.** Rendement de l'extraction.

L'étude de la figure (13) et du tableau (8) montre une variabilité du rendement entre le clou de girofle qui donne une masse égale à 37,480g correspond à 14,99%, un rendement très important comparé à celui du cumin avec 15,54g correspond à 6,21% et du curcuma 15,67g correspond à 6,26%.

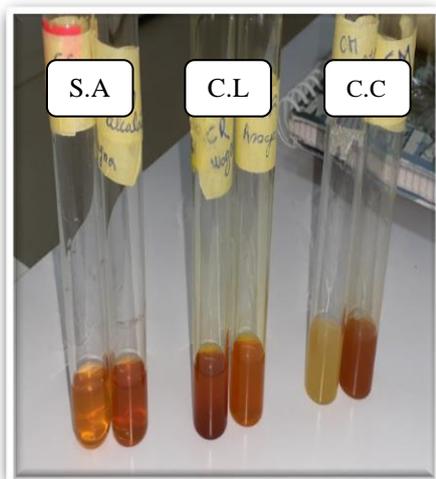
### I.2. Tests phytochimiques

Les tests préliminaires de la composition chimique des trois épices sont réalisés sur leur extrait méthanolique avec un réactif spécifique pour chaque test, basés sur des réactions de caractérisation et de coloration montrent leurs richesses en plusieurs métabolites. Le décellement est basé sur la formation d'une mousse, l'apparition d'un précipité, la modification de la couleur de la solution. Les résultats sont mentionnés dans le tableau 9.

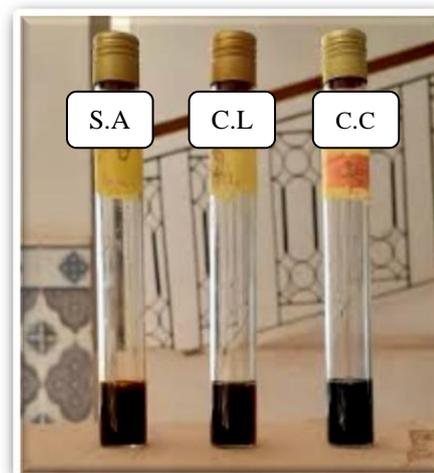
**Tableau 09:** Résultats des tests phytochimiques.

((-) : absence de la molécule, (+) : présence de la molécule)

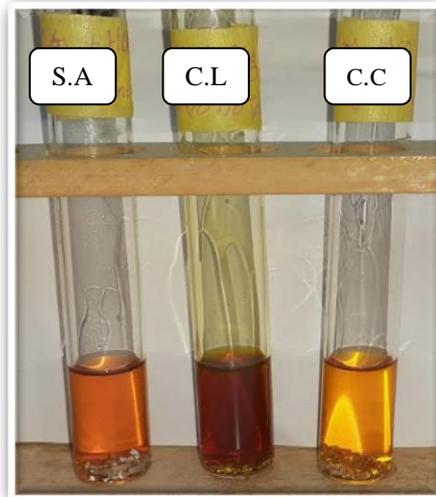
	<b>Cumin (C.C)</b>	<b>Curcuma (C.L)</b>	<b>Clou de girofle (S.A)</b>
<b>Alcaloïdes</b>	-	-	-
<b>Tanin</b>	+	+	+
<b>Flavonoïdes</b>	+	+	+
<b>Saponosides</b>	+	+	+
<b>Stérols et triterpènes</b>	-	+	+
<b>Composants réducteurs</b>	-	+	+
<b>Coumarines</b>	+	+	+
<b>Mucilages</b>	+	-	-
<b>Terpénoïdes</b>	-	+	+



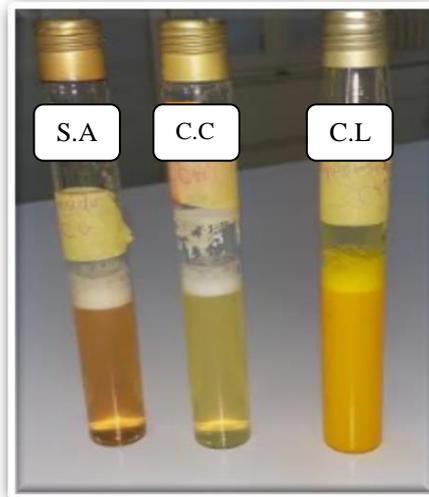
**Figure 14.** Test des alcaloïdes.



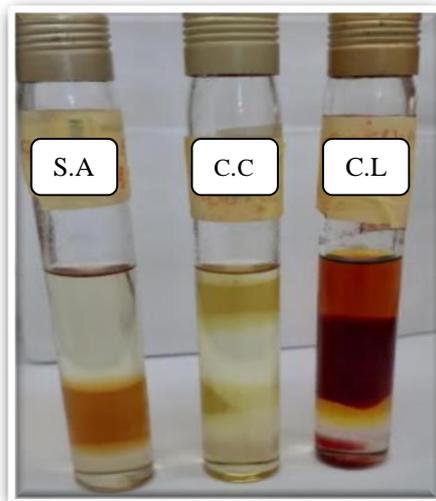
**Figure 15.** Test du tanin.



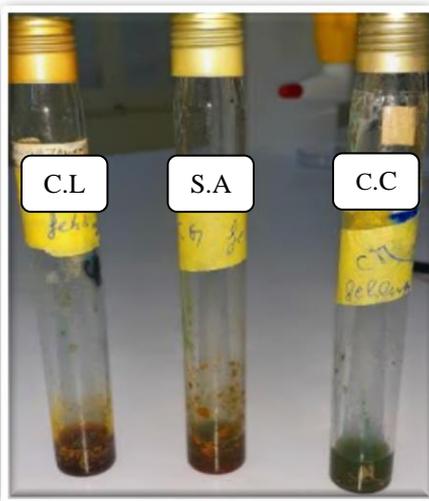
**Figure 16.** Test des flavonoïdes.



**Figure 17.** Test des saponosides.



**Figure 18.** Test des stérols et  
triterpènes.



**Figure 19.** Test des composés  
réducteurs.

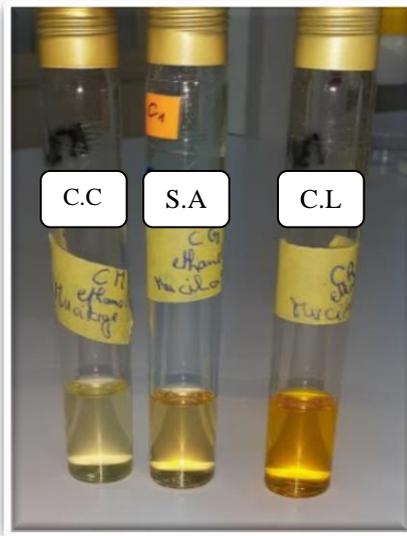


Figure 20. Test des mucilages.

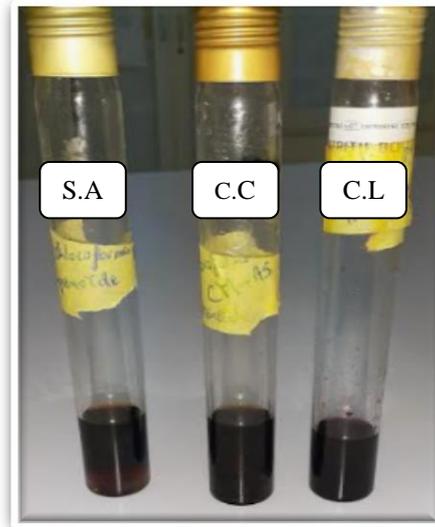


Figure 21. Test des terpénoïdes.

### I.3. Analyse des extraits méthanoliques

#### I.3.1. Dosage des polyphénols

La teneur en composés phénoliques des trois extraits a été estimée par la méthode de Folin-ciocalteu. On se référant sur l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique dont le coefficient de corrélation  $r = 0,9939$  (figure 22).

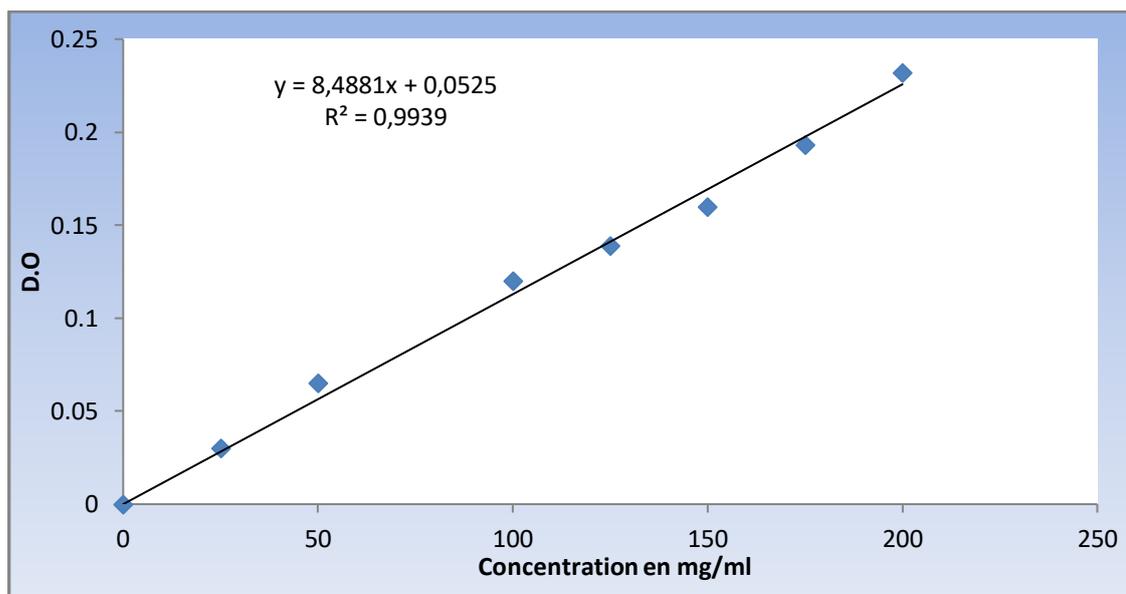
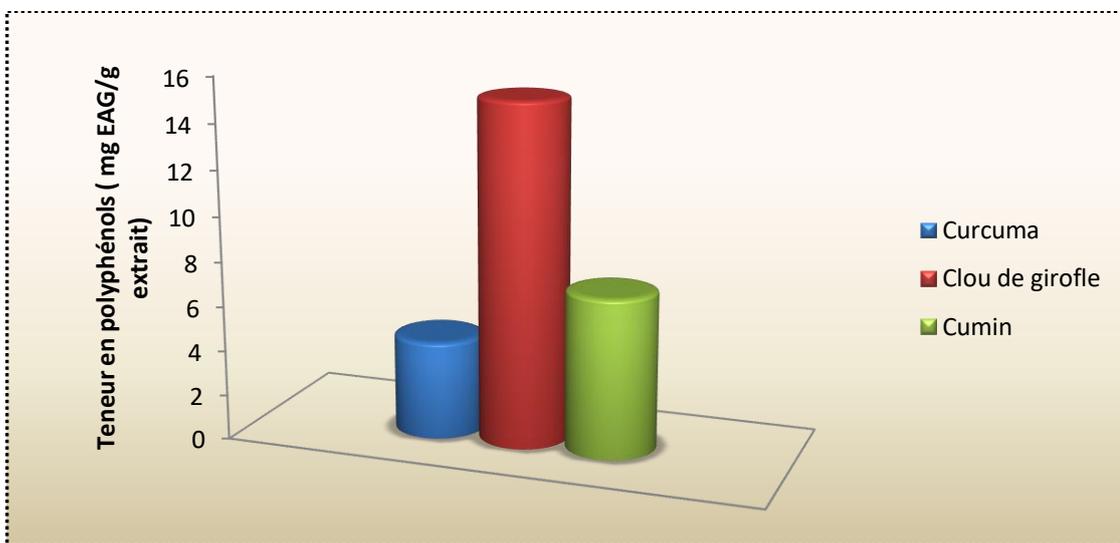


Figure 22. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Les résultats de dosage des polyphénols sont mentionnés dans le tableau (10) et la figure (23).

**Tableau 10 :** Teneur en polyphénols des trois extraits.

Teneur en polyphénols (mg EAG/g extrait)	
Clou de girofle	15,174
Curcuma	4,363
Cumin	7,073

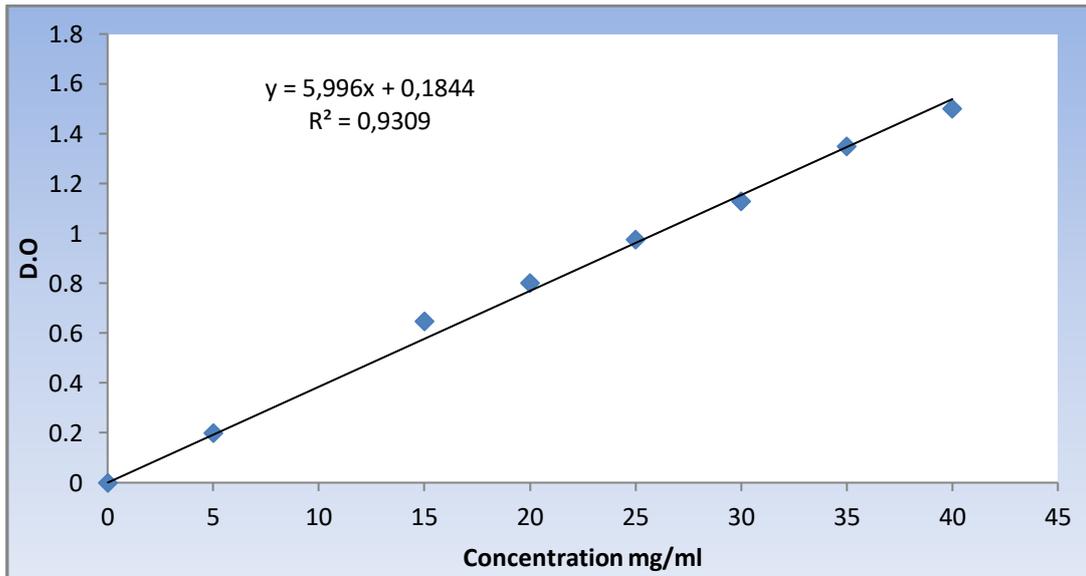


**Figure 23.** Teneur en polyphénols des trois extraits.

L'analyse des résultats montre que le cumin, le curcuma et le clou de girofle contiennent respectivement 7,073 mg EAG/g extrait ; 4,363 mg EAG/g extrait ; 15,174 mg EAG/g extrait notant que l'extrait de clou de girofle est le plus riche en polyphénols.

### I.3.2. Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé par la méthode de trichlorure d'aluminium (Bahorunet *et al.*, 1996). On se référant sur l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage de la quercétine dont le coefficient de corrélation  $r = 0,9309$  (figure 24).

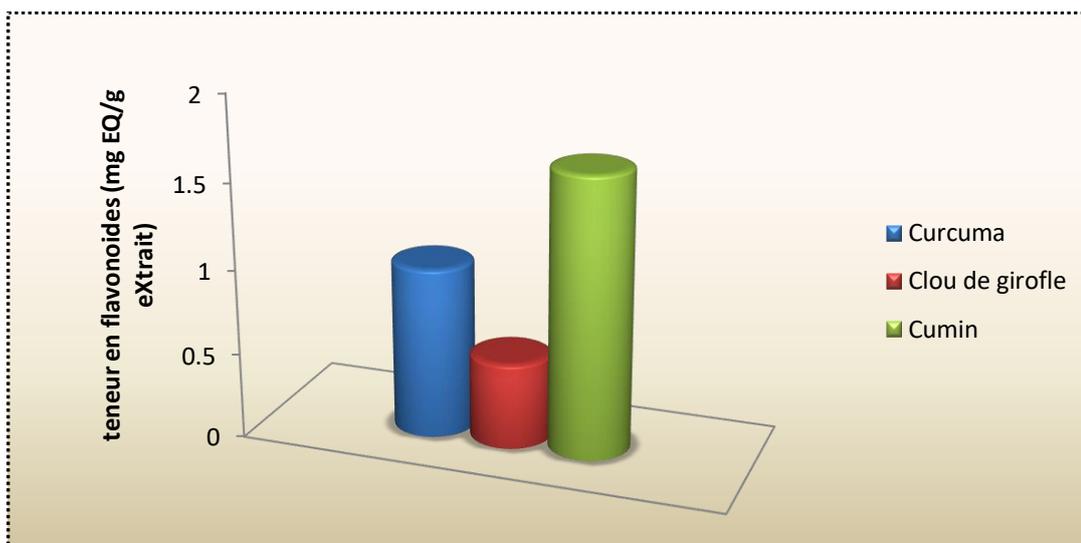


**Figure 24.** Courbe d'étalonnage de la quercétine.

Les résultats de dosage des flavonoïdes sont mentionnés dans le tableau 11 et la figure 25.

**Tableau 11 :** Teneur en flavonoïdes des trois extraits.

Teneur en flavonoïdes (mg EQ/g extrait)	
Clou de girofle	0,503
Curcuma	1,003
Cumin	1,639



**Figure 25.** Teneur en flavonoïdes des trois extraits.

L'étude des résultats montre que le cumin est le plus riche en flavonoïdes avec une teneur de 1,639 mg EQ/g extrait, contre 1,003 mg EQ/g extrait pour le curcuma et de 0,503 mg EQ/g extrait pour le clou de girofle.

### **I.3.3. L'évaluation de l'activité antioxydante : Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl)**

L'évaluation de l'activité antiradicalaire a été réalisée in vitro par la méthode du piégeage du radical DPPH. Les pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH nous ont permis de tracer une courbe exponentielle pour chaque extrait (figure 26). Le pouvoir antiradicalaire le plus élevé est de clou de girofle (90,48%) contre (82,87%) pour le cumin et (89,02%) pour le curcuma, mais c'est toujours un pouvoir antiradicalaire inférieur à celui de l'acide ascorbique (98,61%).

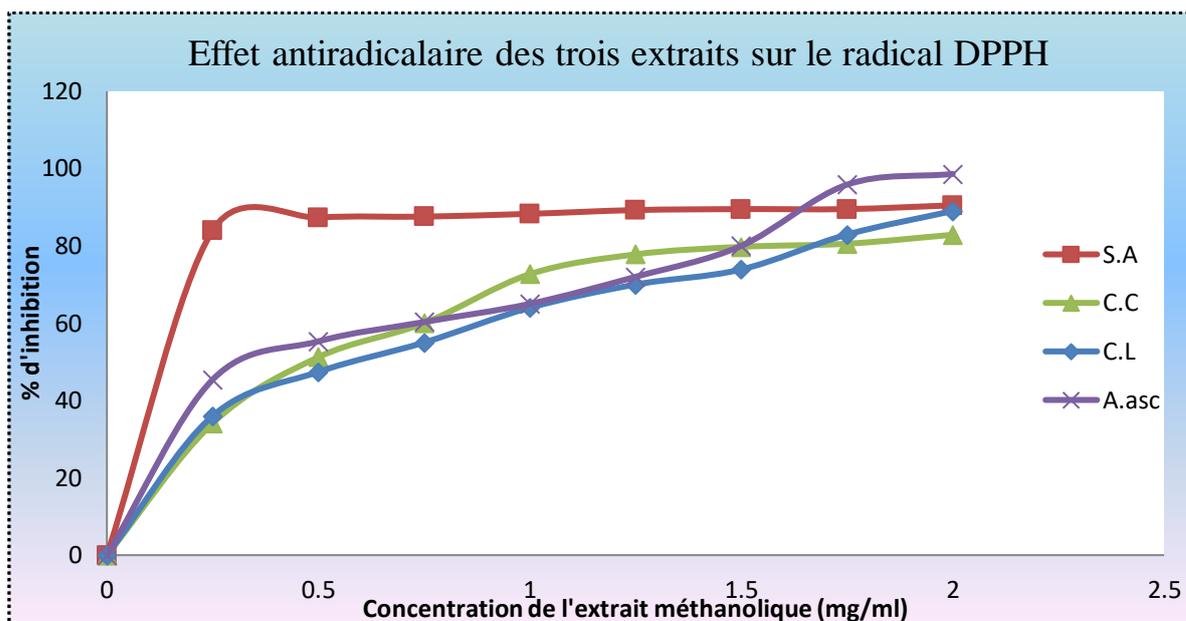


Figure 26. Effet antiradicalaire des trois extraits sur le radical DPPH.

A partir des ces courbes du pourcentage d'inhibition obtenus, nous avons pu déterminer la valeur d'IC<sub>50</sub> de chaque extrait. Les IC<sub>50</sub> ont été utilisées par plusieurs chercheurs afin d'aligner leurs résultats (Ranga *et al.*, 2009 ; Ahmad *et al.*, 2012).

La concentration inhibitrice piégeant 50% du radical DPPH pour l'acide ascorbique est égale 0,30 mg/ml, celle du cumin est de 0,49 mg/ml, le curcuma avec 0,52 mg/ml et la valeur la plus basse est des clous de girofle (0,1 mg/ml).

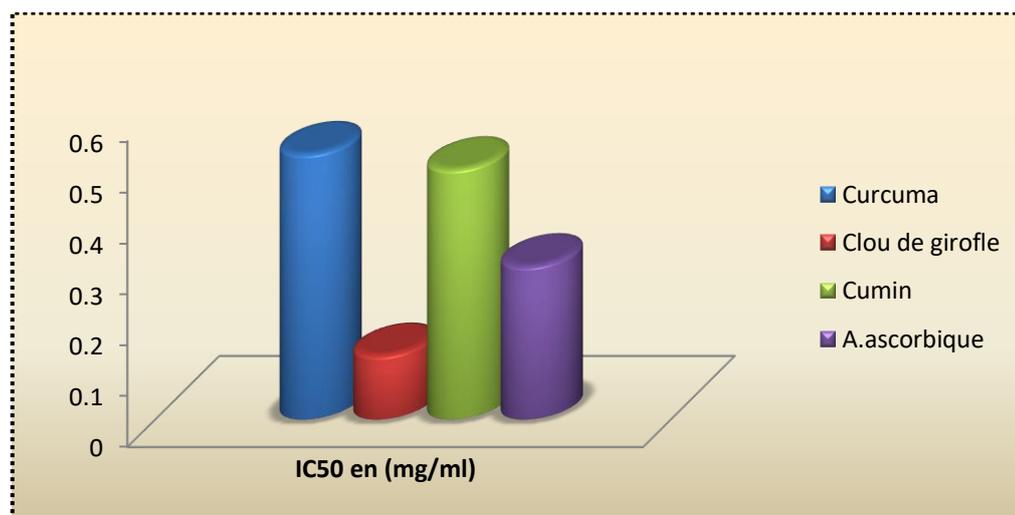
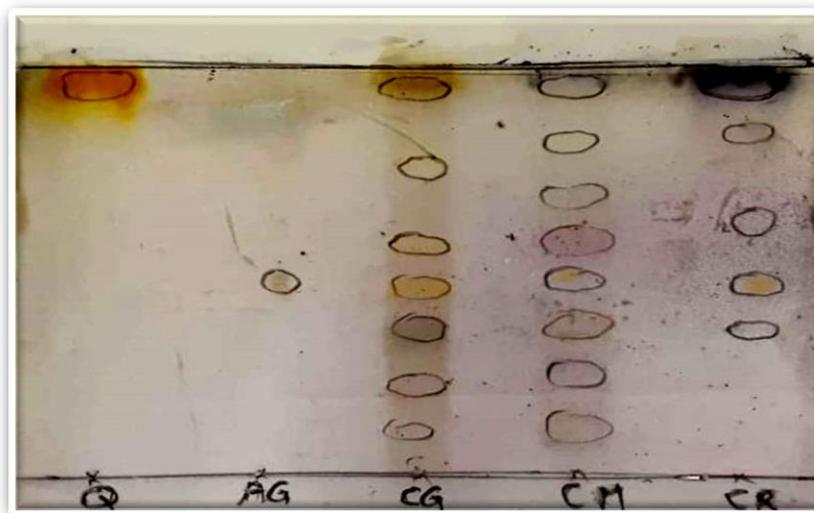


Figure 27. Valeurs d'IC<sub>50</sub> pour les trois extraits et de l'acide ascorbique.

### I.3.4. Chromatographie sur couche mince (CCM)

Après le développement du chromatogramme, un système de solvant vanilline sulfurique était utilisé comme un moyen de révélation, le chromatogramme résultant contient une série de spots (figure 28). Leur identification est basée sur la comparaison de leurs rapports frontaux. Le tableau 12 exprime les valeurs des rapports frontaux des différents spots.



**Figure 28.** Chromatogramme obtenu après pulvérisation de la plaque.

(Q : quercétine, AG : acide gallique, CG : clou de girofle, CM : cumin, CR : curcuma)

**Tableau 12 :** Les rapports frontaux des spots obtenus.

Echantillon	Quercétine	Acide gallique	Clou de girofle	Cumin	Curcuma
Les rapports frontaux	0,92	0,47	0,92	0,92	0,92
			0,79	0,80	0,81
			0,57	0,67	0,57
			0,47	0,57	0,47
			0,35	0,47	0,35
			0,21	0,35	
			0,22	0,21	
				0,22	

Le tableau des rapports frontaux montre que sept composés chez le clou de girofle avec des valeurs de  $R_f$  différentes (0,92, 0,80, 0,67, 0,57, 0,47, 0,35, 0,21, 0,22) notant que l'acide gallique (0,47) et la quercétine (0,92) sont présents. Bien que le cumin possède huit spots avec des valeurs  $R_f$  totalement différentes (0,92, 0,80, 0,67, 0,57, 0,47, 0,35,

0,21, 0,22) dont l'acide gallique et la quercétine sont présents. Tandis que le curcuma contient que trois autres spots avec celui de la quercétine et l'acide gallique (0,92, 0,81, 0,57, 0,47, 0,35).

On constate que la quercétine et l'acide gallique sont présents dans les trois extraits, le clou de girofle, le cumin et le curcuma ont cinq spots en commun (0,35 ; 0,47 ; 0,57 ; 0,80 ; 0,92). Par contre le cumin et le clou de girofle ont une grande similarité avec sept spots en commun.

## II. Discussion

Le stress oxydant est une circonstance anormale que traversent parfois nos cellules ou un de nos tissus lorsqu'ils sont soumis à une production, endogène ou exogène, de radicaux libres oxygénés qui dépasse leurs capacités antioxydantes. L'excès de radicaux libres non neutralisés par les défenses est très dommageable pour les macromolécules essentielles de nos cellules, entraînant anomalies d'expression des gènes et des récepteurs membranaires, prolifération ou mort cellulaire. On peut lutter contre le stress par l'homéopathie c'est-à-dire par un traitement bien adapté, par naturopathie ou par phytothérapie qui veut dire la consommation des denrées alimentaires riches en antioxydants (**Levasseur, 2012**).

Récemment, l'attention s'est portée sur les herbes et les épices comme source d'antioxydants, qui peuvent être employés pour se protéger contre les effets du stress oxydant (**Mata et al., 2007**).

Cette étude se base sur l'évaluation du pouvoir antiradicalaire et antioxydant des extraits du *Cuminum cyminum* « le cumin », *Curcuma longa* « le curcuma » et *Syzygium aromaticum* « le clou de girofle ». Des épices très connus dans la cuisine algérienne par leurs bienfaits qui sont d'ailleurs utilisées depuis des millénaires.

### II.1. La composition phytochimique

L'extraction par les solvants organiques est souvent la méthode la plus pratiquée pour la préparation des extraits de plantes. Cependant, **Sahreen et al., (2010)** ont montré que le méthanol et l'eau ainsi que leur mélange à différentes concentrations sont les solvants les plus utilisés pour une meilleure récupération de composés phénoliques.

Le procédé d'extraction utilisé dans la présente étude est basé sur la macération dans le méthanol (80%), vue la capacité de ce solvant d'augmenter la perméabilité des parois cellulaires et de faciliter l'extraction d'un grand nombre de composés polaires ainsi que des composés de moyenne et de faible polarité. De même, le déroulement de cette extraction à température ambiante ainsi que l'épuisement du solvant à pression réduite permettent de prévenir leur dénaturation ou modification probable due à la température élevée utilisée (**Seidel, 2005**).

Le rendement d'extraction des trois épices a montré une grande différence entre l'extrait du clou de girofle qui a donné une rente très élevée (15%) comparée aux deux autres espèces, cette valeur presque égale à celle de **Jacques et al., (2021)** qui ont déclaré que le clou de girofle a donné après extraction un rendement de 14,5%.

Pour le cumin, le rendement était 6,21%, une valeur égale à celle trouvée par **Atti, (2014)** et inférieur à celle de **Boukort, (2020)**.

Le curcuma a donné un rendement de 6,26%, un rendement inférieur à celui déclaré par **Atti (2014)** (9,6%) sur la même épice.

Généralement, le rendement d'extraction dépend de plusieurs facteurs à savoir le temps de macération, la température, le solvant d'extraction et la nature chimique de l'échantillon (**Lahsissene et al., 2009**).

Les tests phytochimiques ont été réalisés sur les extraits méthanoliques en utilisant des solvants différents et des réactifs spécifiques de révélation. La détection de ces composés chimiques est basée sur des essais de solubilité des constituants, des réactions de précipitation et de turbidité, un changement de couleur spécifique ou un examen sous la lumière ultraviolette.

Le screening phytochimique a permis de mettre en évidence la présence de plusieurs métabolites secondaires comprenant les quatre groupes chimiques : les tanins, les flavonoïdes, les saponosides et les coumarines dans les trois extraits et l'absence totale des alcaloïdes ce qui signifie l'absence des substances toxiques dans les espèces sélectionnées.

Les composants réducteurs, les terpénoïdes, les stérols et les triterpènes sont présents uniquement dans le curcuma et le clou de girofle. Par contre les mucilages sont présents uniquement dans le cumin.

Concernant le *Cuminum cyminum*, nos résultats ne sont pas en accord avec les résultats de l'étude de **Boukort (2020)** qui a indiqué la présence des composés réducteurs et des triterpènes. Pour les flavonoïdes, les saponosides, les coumarines et les tanins, nos résultats sont similaires avec ceux de **Boukort, (2020)**, d'**Abbas et Maouche (2019)**, et de **Trigui, (2019)**, qui ont prouvé la présence de ces molécules dans cette épice.

Pour le *Curcuma longa*, **Neyrinck et al., (2013)** et **Augustin et al., (2021)**, ont annoncé la présence de tous les composés chimiques étudiés à l'exception la présence des alcaloïdes.

Les résultats de l'analyse phytochimique de *S.a* réalisée par **Jacques et Bradatan, (2021)** ont confirmé l'existence des alcaloïdes dans l'extrait de cette épice. Par contre **Sahraoui et al., (2016)** sont en accord avec nos résultats et ils ont indiqué l'absence des alcaloïdes.

D'une façon générale ; la différence au niveau de screening phytochimique des plantes est expliqué par plusieurs facteurs : l'origine botanique, le cycle végétatif, existence des chimiotypes, la période de la récolte, la partie de la plante utilisée .....(**Darabpour et al., 2011**).

### II.2. La teneur en polyphénols et en flavonoïdes

La méthode modifiée de Folin-ciocalteu s'est avérée efficace pour le dosage des polyphénols totaux dans les trois extraits méthanoliques. Cette méthode a été choisie car elle satisfait aux critères de reproductibilité et de faisabilité. L'évaluation quantitative de ces composés phénoliques a montré que la quantité de polyphénols dans l'extrait de clou de girofle (15,174 mg EAG /g) est plus importante que celle de cumin (7,073 mg EAG /g) et celle de curcuma (4,363 mg EAG /g). Par contre l'évaluation des flavonoïdes a montré que l'épice la plus riche en composés flavonoïques est le cumin (1,639 mg EQ/g extrait) puis le curcuma (1,003 mg EQ/g extrait) et enfin le clou de girofle avec (0,503 mg EQ/g extrait).

**Pouillard et Pouillard, (2011)**, dans une étude concernant la richesse des épices en composés phénoliques a déclaré que le cumin est classé comme l'épice la plus riche en polyphénols après la coriandre et le poivre noir ce qui est cohérent aux résultats de notre test de la teneur en composés phénoliques.

D'autre part, **François et François, (2013)** ont déclaré que les compléments alimentaires à base de clou de girofle, cannelle, coriandre, cumin peuvent être prescrits comme un traitement contre plusieurs maladies dues à des carences en flavonoïdes comme l'insuffisance veineuse chronique ainsi que les troubles anxieux vue leurs richesse en éléments flavonoïques, leurs résultats ont montré que le clou de girofle contient une teneur très élevée des flavonoïdes (20 mg EQ/g).

Ajoutant les études de **Lecerf (2021)**, et de **Garjes (2016)**, concernant les traitements alternatifs de la ménopause, ont affirmé l'efficacité des épices dans ce domaine grâce à leur richesse en polyphénols et en flavonoïdes. Leurs résultats ont montré que la teneur en polyphénols pour le curcuma est de 2,6 mg EQ/g extrait, pour le cumin 5,3 mg EQ/g extrait et pour le clou de girofle est 11,3 mg EQ/g extrait.

Par contre **Akter et al., (2019)**, dans leur étude sur le curcuma ont démontré que la concentration totale des polyphénols présents dans l'espèce du *Curcuma longa* est de 157,4 mg EAG/g extrait et 1089,5 mg EQ/g extrait pour les flavonoïdes des valeurs très élevée par rapport à celles trouvées dans notre étude et même les études précédemment mentionnées.

En effet, le contenu phénolique (y compris les flavonoïdes) d'une plante dépend d'un certain nombre de facteurs intrinsèques (génétique), extrinsèques (environnement et stockage) la période de la récolte et le stade de développement de la plante, ainsi la progression de temps d'extraction qui peuvent également influencer sur l'estimation de la teneur en polyphénols et en flavonoïdes (**Locatelli et al., 2010**).

### II.3. Analyse de l'activité antioxydante

Le modèle de balayage le radical DPPH instable est une méthode largement utilisée pour évaluer les activités antioxydantes dans relativement peu de temps par rapport à d'autres méthodes. DPPH est un radical libre instable et accepte un électron ou un radical hydrogène pour devenir une diamagnétique stable molécule.

Le pouvoir antioxydant d'un extrait d'une plante dépend de sa composition ainsi que les conditions de manipulation dans les quelles les tests ont été réalisés (**Wong et Koh, 2006**).

Selon **Talbi et al., (2015)**, l'activité antioxydante est évaluée soit par le dosage des produits formés (en particulier des hydroperoxydes), par des techniques photométriques plus ou moins directes, ou par la mesure du pouvoir d'un composé à piéger des radicaux libres.

L'évaluation de l'effet des épices sélectionnées dans la diminution du stress oxydant est un objectif principal dans notre étude, raison pour laquelle il était indispensable de l'étudier *in vitro* avant de passer à l'étude *in vivo*. Pour cela, on a réalisé le test de DPPH, une méthode largement utilisée vue son cout et sa simplicité par rapport à d'autre méthodes

onéreuse et compliquée. En effet le DPPH est un radical célibataire instable qui accepte un électron pour devenir plus stable.

Le test de DPPH nous a permis de découvrir une variabilité dans l'activité antioxydante des trois extraits. On se basant sur les  $IC_{50}$  calculées à partir des courbes du pourcentage d'inhibition, l'extrait du clou de girofle a présenté une valeur de 0,1 mg/ml, cette valeur est plus inférieure que celle trouvée dans l'étude de **Adli (2015)**. Le cumin a présenté une valeur de 0,49 mg/ml, une valeur égale à celle de **Atti (2014)**, et très supérieure à celle trouvée par **Thippswamy et Akhilender (2005)** et par **Tasarova et al., (2011)**.

Concernant le curcuma, il a présenté une  $IC_{50} = 0,52$  mg/ml, une valeur égale à celle déclarée par **Atti (2014)** et inférieure à celle de **Rackova et al., (2009)**.

**Wong et al., (2006)**, **Tawaha et al., (2007)** et **Perez et al., (2007)**, ont montré que la capacité antioxydante d'une épice est fortement liée à la contribution des composés phénolique. Par contre **Atti (2014)** et **Dorman et al., (2003)** ont montré que la capacité antioxydante des épices examinées n'est pas fortement liée à leurs concentrations en composés phénoliques mais à d'autres molécules à activité antioxydante, c'est ce qui à été constaté dans notre étude, ou on a remarqué que le pouvoir antioxydant des nos extraits est beaucoup plus lié à leurs teneurs en flavonoïdes que celles des polyphénols.

Selon **Nakatani (2000)** et **Brewer (2011)** les épices sont des sources des molécules antioxydantes naturelles, qui jouent un rôle dans la prévention des maladies liées au stress oxydatif. Ils sont huppées en composés antioxydants comme : l'acide gallique, l'acide caféique, le curcumine pour le curcuma, la limonène, la camphène pour la cannelle...(Touafek, 2010).

Par une comparaison entre les résultats de notre étude et les études précédentes on peut dire que les trois extraits méthanoliques ont une activité antiradicalaire très importante. Cette activité est due à la présence des polyphénols et des flavonoïdes.

En effet L'activité antiradicalaire est peut-être liée à la présence des polyphénols et des flavonoïdes dans ces extraits (**Ismail et al., 2010**). Le mécanisme de la réaction entre l'antioxydant et le radical DPPH dépend de la conformation structurale de l'antioxydant (**Kouri et al., 2007**). Ce dernier réagit avec le radical DPPH en réduisant un nombre égal aux groupements hydroxyles portés par la molécule de l'antioxydant (**Bondet et al., 1997**).

Selon **Barreca et al., (2011)** et **Penyaringan (2016)** l'action de ces antioxydants est reposée sur les propriétés red/ox de leurs groupes hydroxyles.

### II.4. Analyse qualitative par la chromatographie sur couche mince

Les résultats de l'analyse qualitative par chromatographie sur couche mince (CCM) des nos extraits ont révélé une diversité de composé chimique notamment l'acide gallique qui est un composé organique aromatique de la famille des polyphénols et la quercétine qui est un composé organique appartient de la famille des flavonoïdes. Ce qui confirme la richesse des trois espèces en composés phénoliques et en flavonoïdes. **Belaziza et Bettiche (2019)**, ont prouvé aussi la présence de l'acide gallique dans l'extrait aqueux et méthanoïque du *Curcuma longa*.

Sachant que les travaux de **Draïdi (2005)** sur l'analyse qualitative par CCM des huiles des graines de *Cuminum cyminum* et leurs extraits ont démontré la présence de l'acide gallique, la quercétine, et d'autres molécules ....

Concernant l'analyse par CCM de l'espèce de *Syzygium aromaticum*, plusieurs études ont été faites sur les huiles essentielles, les extraits méthanoïques, les extraits éthanoïques et même les extraits aqueux prouvant tous la richesse de clou de girofle en acide gallique (**Atmani et Baira, 2015 ; Laurent, 2017 ; Chagra, 2019**).

La connaissance et l'usage des épices constituent un vrai patrimoine de l'être humain. Leur importance dans le domaine de la santé publique est très accentuée dans ces dernières années grâce aux thérapeutiques qu'elles procurent. Cette diversité en propriétés biologiques est liée certainement aux vertus thérapeutiques attribuées à une gamme extraordinaire de molécules bioactives synthétisées par la plante non seulement comme des agents biologiques comme les bactéries, virus, herbivores et prédateurs mais aussi comme des agents chimiques tels que les oxydants.

Les molécules naturelles de nature phénolique sont très recherchées en phytothérapie vue les effets secondaires des médicaments et les séquelles néfastes des antioxydants de synthèse à savoir le *Syzygium aromaticum*, le *Cuminum cyminum* et le *Curcuma longa*.

Notre étude a été consacrée à étudier le pouvoir antiradicalaire de l'extrait méthanolique lyophilisé de trois épices : le *Syzygium aromaticum*, le *Cuminum cyminum* et le *Curcuma longa*, à la lumière des résultats obtenus, on peut conclure que :

- ✓ Le screening phytochimique a montré la richesse de le *Syzygium aromaticum*, le *Cuminum cyminum* et le *Curcuma longa*.en plusieurs principes actifs tel que flavonoïdes, les tanins, les saponosides, et les coumarines.
- ✓ L'investigation phytochimique quantitative a dévoilé que les trois épices étudiées sont riches en polyphénols totaux et en flavonoïdes.
- ✓ Les trois épices sont douées d'une activité antiradicalaire prouvée in vitro en utilisant l'effet scavenger du radical stable (DPPH).

Les résultats de ce travail constituent une étape préliminaire de l'étude de ces épices, la continuité de ce travail s'avère primordiale et des travaux de recherches complémentaires, précis et approfondis sont nécessaires:

- ✓ Étude phytochimique avancée.
- ✓ Confirmation de l'activité antioxydante et anti-inflammatoire par d'autres tests in vitro et in vivo.
- ✓ Identification des molécules responsables de différentes activités biologiques en utilisant des techniques d'identification plus performantes.

- ✓ Evaluation d'autres activités biologiques telles que l'activité anticancéreuse, antidiabétique, antimicrobienne.....
- ✓ Etude du mode d'action des substances isolées.

*Références bibliographiques*

**A**

1. **Abbas M et Maouche R.N. (2018).** Etude chimique des huiles essentielles de Cumium cyminum et Ciannamoum zeylanicum, test de synergisme antibatérien contre des microorganismes liés à l'alimentation. Thèse de master II. Université de Blida I. P 22-36.
2. **Adli D.E.H. (2015).** Effets prophylactique de l'administration d'un extrait de Syzygium aromaticum (clou de girofle) chez les rats wistar en croissance intoxiqués au plomb et au manganèse. Thèse de doctorat. Université d'Oran. P 44-67-91.
3. **Ahmad N., Fazal H., Abbasi B.H., Anwar S And Basir A. (2012).** DPPH free radical scavenging activity and phenotypic difference in hepatoprotective plant (Silybum marianum L.). *Toxicol. Ind. Health.* Vol 379 : 353-362.
4. **Aïra R. (2012).** Activité anti-oxydante, et caractérisation phénolique du fruit de palmier amazonien Oenocarpus bataua (patawa). Thèse de doctorat en Phytochimie. Université des Antilles et de la Guyane. P 46-58.
5. **Akter J., Houssain A.Md., Kensaku T., Zahouri Md.I and De-Xing H. (2018).** Antioxydant activity of différent species and varities of tumeric. *Comperative study*. DOI: 10.1016/j.cbpc.2018.09.002
6. **Annou G. (2018).** Activités biologiques des épices constitutives d'un mélange « Ras el hanout » utilisé par les habitants de Ouargla. Thèse de Doctorat en Sciences de la vie. Université Kasdi Merbah Ouargla. P 13-14
7. **Arvy, M.P et Galloum, F. (2003).** Epices, aromates, condiments. Edition belin, Paris, 2-162.
8. **Atmani H et Baira K. (2015).** Mise en évidence de l'activité antibactérienne et antifongique et l'étude des caractères Physico-chimique de l'huile essentielle du clou de girofle *Syzygium aromaticum* L. Thèse de master. Université Frère Mentouri Constantine. P 67-87.
9. **Atti I. (2014).** Evaluation des activités antioxydant et anti radicalaire d'un mélange d'épices « Ras el hanout ». Thèse de master. Université kasdi merbah Ouargla. P 9-10-14-31-57.
10. **Augustion L et Pascal R. (2021).** Les traitements en cours de developpement dans l'arthrose. *Revue du rhumatisme monographies.*

**B**

11. **B-Shiney R and Ganesh P. (2012).** Phytochemical analysis and comparative effect of *Cinnamomum zeylanicum*, *Piper nigrum* and *Pimpinella anisum* with selected antibiotics and its antibacterial activity against . *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*. P 914
12. **Baba L and McGrath IM. (2008).** Oxygen free radicals: effects in the newborn period. *Advances in Neonatal Care & Journal*. P 256-264.
13. **Bahorun T., Grinier B., Trotin F., Brunet G., Pin T., Luncky M., Vasseur, J., Cazin M ., Cazin C and Pinkas M. (1996).** Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel-Forschung*. Vol. 46(11): 1086-1089
14. **Barlow S M. (1990).** Toxicological aspects of antioxidants used as food additives. Ed. Hudson . *B.J.F. Food Antioxidants*. P 253-307.
15. **Barreca D., Bellocco E., Caristi C., Leuzzi U and Kumquat GG. (2011).** *Fortunella japonica* Swingle juice: Flavonoïd distribution and antioxidant properties. *Food Research International*. Vol. (44): 2190-2197.
16. **Baudin B. (2020).** Stress oxydant et protections antioxydantes : Oxydative stress and antioxydant protections. *Revue francophone des laboratoires*. ELSEVIER. P 22-30.
17. **Belaich R et Boujraf S. (2016).** Facteurs inflammatoires et stress oxydant chez les hémodialysés : effets et stratégies thérapeutiques. *Médecine des Maladies Métaboliques*, Vol. 10(1). P 38-42.
18. **Belazizia S et Bettiche H. (2019).** Caractérisation et extraction de la substance active de curcumine. Thèse de master. Université Larbi Ben M'hidi. Oum El Bouaghi. P 34-87.
19. **Benhammadi Z. (2016).** Contribution à l'étude phytochimique et de l'activité antioxydante des extraits des plantes :*Salvia afficinalis*, *Mentha pulgium*, *Satureja calamintha*. Thèse de master II. Université de Tlemcen. P 98.
20. **Bensakhria A. (2018).** Toxicologie générale-Stress oxydatif. Université atholique Saint Antonio de Murcia. P 78-79-80.
21. **Benzie I.F.F and Strain J.J. (1999).** Ferric reducing (antioxidant) power as a measure of antioxidant capacity: the FRAP assay, *Methods Enzymol.*, 299. P 15-36.

- 22. Berbelet S. (2015).** Le giroflier : Historique, description et utilisation de la plante et de son huile essentielle. These de doctorat. Université de Lorraine-France. P 13-18.
- 23. Bernard A. (2012).** Les épices c'est malin, cannelle clou de girofle, poivre, leurs biens faits et toutes leurs utilisations méconnues pour la santé. *La beauté et la maison*. P 16.
- 24. Birlouez E. (2012).** A la table des grands personnages de l'histoire. Ecole d'ingénieurs d'université. France. P 29.
- 25. Bondet V, Williams WB, and Berset C. (1997).** Kinetic and mechanism of antioxidant activity using the DPPH free radical method. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, Vol. 30:609-615.
- 26. Boualem M. (1998).** Situation actuelle des plantes condimentaires en Algérie.I.N.R.A. P 7-8.
- 27. Boukourtt A. (2020).** Etude de l'activité antibactérienne et insecticide des huiles essentielles de *Cumin Cuminum Cuminum*. Thèse de master. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. P 78.
- 28. Boukri N El H. (2014).** Contribution à l'étude phytochimique des extraitsbruts des épices contenus dans le mélange Ras-el-hanout. ». Thèse de doctorat, Université KASDI MERBAH Ouargla.
- 29. Bouhadjra K. (2011).** Etude de l'effet des antioxydants naturels et de synthèse sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge. thèse pour l'obtention du diplôme de magister. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou. P 7.
- 30. Bouldjadj J R. (2009).** Etude de l'effet antidiabétique et antioxydant de l'extrait aqueux lyophilisé d'*Artemisia herba alba* Asso. Université de Constantine. P 22-27.
- 31. Bourgaud F., Gravota., Milesi S and Gontier E. (2001).** Production of plant secondary metabolites: a historical perspective; *Plant Science* 161, P: 839-851.
- 32. Bremness L. (2002).** Plantes aromatiques et médicinales. Edition Bordas. Paris, 303.
- 33. Bruno B. (2020).**Stress oxydant et protections antioxydantes Oxidative stress and antioxidant protections *Revue Francophone des Laboratoires* Volume 2020, Issue 522, May 2020. P 22-30
- 34. Bryan B., Lucas M.F., RafaelDuarte M.A.V and Marcelo B.R. (2021).** A critical examination of the DPPH method: Mistakes and inconsistencies in stoichiometry and IC<sub>50</sub> determination by UV–Vis spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*. 22(4) : 195-210.

C

35. **Castro L and Freeman B.A. (2001).** Reactive oxygen species in human health and disease Nutrition, 170. P 161-165.
36. **Chagra K. (2019).** Etude des propriétés physico-chimiques et biologique de clou du girofle. Thèse de master II. Université Mohamed Khider-Biskra. P 4-7-10-62.
37. **Chakib G. (2011).** Places des médicaments co-antalgiques dans le traitement de la douleur cancéreuse. Thèse de doctorat. Université Mohammed V-Rabat- Maroc. P 112.
38. **Chikh I et Rachem L. (2017).** Analyse microbiologique de quelques épices. Thèse de master II. Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou. P 10-17-28.

D

39. **Dahraoui S., El abbassi., Kabbage S., Hajjaji C., Iken M et Lmimouni. (2016).** Evaluation in vitro de l'activité anticandidosique des huiles essentielles de cannelle, de girofle et d'arbre à thé. *Journal de mycologie générale*. P 23.
40. **Darabpour E., Poshtkoughian Bavi A., Motamedi H. and Seyyed Nejad S.M. (2011).** Antibacterial activity of different parts of Peganum harmala L. Growing in Iran against multi-drug resistant bacteria. *EXCLI Journal* 10, 252-263.
41. **Delaveau P. (1987).** Les épices. Histoire, description et usage des différents épices, aromates et condiments. Albin Michel- Paris. P 130-136.
42. **Diksa D.T., Deena R-B and Daneshwar P. (2013).** In vitro bioactivity and phytochemical screening of spices used in Mauritanian food. Department of Agriculture and Food Science, Faculty of Agriculture. University of Mauritius Redeut Mauritius. by *the Asian Pacific Journal of Tropical Disease*. P 254.
43. **Dorman H.J.D., Bachmayer O., Kosar M and Hiltunen R. (2004).** Antioxidant properties of aqueous extracts from selected Lamiaceae species grown in Turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 52, 762-770.
44. **Dridi F. (2005).** Extraction et analyse de l'huile essentielle de cumin, formulation d'une pommade décongestionnante. Université M'hamed Bouguerra Boumerdes. P 87.
45. **Droninou-Cassaro M. (2012).** Les épices. Les symposiarques. P 2.

**E**

**46. Elujoba A.A, Odeleye O.M, Ogunyemi CM. (2005).** Traditional medicine development for medical and dental primary health care delivery system in Africa. African journal traditional complementary and Alternate Medecine. Vol. 2:46-61.

**F**

**47. Farrell K. (1990).** Spices, Condiments, and Seasonings. Edition Springer United States 88.

**48. Favier A. (2003).** Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité Chimique*. Vol(12) 108-111.

**49. François P et François-André A. (2013).** Traitement des troubles anxieux par compléments alimentaires. *Actualités pharmaceutiques*.

**G**

**50. Gardes-Albert M, Bonnefont-Rousselot D, Abedinzadeh Z et Jore D. (2003).** Espèces réactives de l'oxygène : Comment l'oxygène peut-il devenir toxique ?. *L'actualité chimique*. N°277-278, p 57- 64.

**51. Garges S. (2016).** Les principaux traitements alternatifs de la ménopause. Thèse de doctorat. Université de Lille 2. P 53.

**52. Georgé S., Brat P., Alter P and Amiot J.M. (2005).** Rapid determination of polyphénols and Vitamin C in plant-derived products. *J. Agr. Food Chem*. Vol 53. P 1370-1373.

**53. Georgieva S., Boyadzhiev L et Angelov G. (2010).** Caractérisation des vins bulgares par leur capacité antioxydant. *Revue de génie industriel*, 5. P 124-132.

**54. Grait B. (2006).** Le stress oxydant induit par voie métabolique (régimes alimentaires) ou par voie gazeuse (hyperoxie) et effet de la GliSODin. Thèse de doctorat. Université Joseph Forrier-Grenoble 1. P 123-125.

**H**

**55. Halvorsen B L., Carlsen M H., Philip K M., Bohen S K ., Holte K ., Jacobs D R., JR and Blomhoff R., (2006).** Content of redox-active compounds (antioxidants) in foods consumed in the United States Am J Clin Nutr. P 84,95-135.

**56. Hocine F.M et Gorine M.A. (2017).** Evaluation de l'exposition au plomb et cadmium et impact sur quelques paramètres du statut oxydation/antioxydant chez les

ouvriers exposés aux femmes de soudages. Thèse de master II. Université Abou Bakr Belkhir- Tlemcem. P 45-65.

**57. Hombourger C. (2010).** Le curcuma, De l'épice au médicament. Thèse de doctorat. Université Henri Poincare. Nancy- France. P 123.

**58. Huang D., Ou B and Prior R L. (2005).** The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol 53 (6): 1841-1856.

## I

**59. Ismail HI, Chan KW, Mariod AA and Ismail M (2010).** Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (cucumis melo) methanolic extracts. *Food Chemistry*. Vol 119: 643-647.

## J

**60. Jacques I et Bradatan E. (2021).** Allergie aux principales épices et graines comestibles. *Revue française d'Allergologie*. P 92-107.

**61. Jansen P., Grubben G et Cardon D. (2005).** Ressources végétales de l'Afrique tropicale 3. Colorants et tanins. P 238.

## K

**62. Kar A. (2007).** Pharmacognosy and Pharmabiotechnologie. Ed 2: NEW AGE INTERNATIONAL PUBLISHERS; P: 1-30.

**63. Kouri G, Tsimogiannis D, Haido Bardouki H, and Oreopoulou V. (2007).** Extraction and analysis of antioxidant components from *Origanum dictamnus*. *Innovative of Food Science and Emerging Technology*, Vol 8: 155-168.

**64. Kubola J et Siriamornpun S. (2008).** Phenolic contents and antioxidant activities of bitter melon (*Momordica charantia* L.) leaf stem and fruit fraction extracts in vitro. *Food Chemistry*. Vol 110 : 881-890.

## L

**65. Lahsissene H., Kahouadji A., Tijane M et Hseini S. (2009).** Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaïr (Maroc occidental). *Lejeunia*. Institut de Botanique, B22, Sart Tilman, B-4000 Liège (Belgique) BE ISSN 0457-4184. N° 186. P 128.

**66. Lalmi I et Karini N. (2019).** Etude de l'activité biologique de quelques épices dans la région d'El Oued. Thèse de master II. Université Echahid Hamma Lakhder- El Oued. P 12-76-88.

**67. Laurent J. (2017).** Conseil et utilisation des huiles essentielles les plus utilisées en Officine. Thèse de doctorat. Université Paul Sabatier III. Faculté de pharmacie. Toulouse.

**68. Lecerf J.M. (2021).** Conseil nutritionnels pour la femme ménopausée, RPC les femmes ménauposées du CNGOF et du GEMVi. *Gynécologie obstétrique fertilité & sénologie*. P 349-357.

**69. Lee KH. (2004).** Current Developments in the Discovery and Design of New Drug Candidates from Plant Natural Product Leads. *Journal of Natural products*. Vol 67: 273-83.

**70. Lee K.W., KIM Y.J., Lee H.J and Lee C.Y. (2003).** Cocoe Has More phenolic phytochemicals and a Higher Antioxidant Capacity than Teas and Red wine. *J. Agric Food Chem*. Vol 51 : 7292-7295.

**71. Levasseur C. (2012).** Gestion du stress. La boîte à outils, trucs et astuce de votre succès. Université de Montréal. P 112.

**72. Leverage X. (2009).** Stress oxydant et antioxydants. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 44(5). P 219-224.

**73. Li H.B., Cheng K.W., Wong C.C., Fan K.W., Chen F and Jiang Y. (2007).** Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. *Foodchem*. 102. P 771-776.

**74. Lisu W., Jui-Hung Y., Hsiao-Ling L and Wul M. J. (2003).** Antioxidant effect of methanol extracts from Lotus Plumule and Blossom (*Nelumbo nucifera* Gertn). *Journal of Food and Drug Analysis*. Vol 11(1): 60-66.

**75. Locatelli M, Travaglia F, Coisson JD, Martelli A, Stevigny C et Arlorio M. (2010).** Total antioxydant activity of hazelnut skin (*Nocciola Piemonte* PGI) : impact of different roasting conditions. *Food Chemistry*. Vol 119 : 1647-1655.

### M

**76. M.S. Brewer. (2011).** Natural Antioxidants: Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and Potential Applications. *Comprehensives reviews*. P 412

**77. Malgalhae L M., Segundo M A., Reis S and Lima J. (2008).** Methodological Aspects About Vitro Evaluation Of Antioxidant Properties. *Analytica Chemical Acta*, Vol 613 : 1-19

**78. Mamadou A.J., Mahamane H et Sonogo R. (2018).** Chromatographie sur couche mince et activité antiradicalaire d'extraits de *Pupalia Lappacea* (L.) Juss. Amaranthaceae. *European Scientific journal*. Vol 14, N° 3, ISSN : 1857-7881.

**79. Manandhar NP (1995).** «Substitute spice in Nepal. *Journal of Herbs. Spices and Medicinal Plants* » P 7-77.

**80. Mansouri A., Embarek G., Kokkalou E and Kefalas P. (2005).** Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*); *Food Chemistry* 89. P 411-420.

**81. Markham K.R. (1982).** Techniques of flavonoids identification. Ed. Academic Press. London, Vol 15:234-243.

**82. Mata A.T., Proenc C., Ferreira A R., Serralheiro M.L.M., Nogueira J.M.F and Araujo M.E.M. (2007).** Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of five plants used as Portuguese food spices. *Food Chem*. Vol 103: 778-786 .

**83. Mehdid M.A. (2018).** Chimie organique : polycopie pour les étudiants de chimie. Université des sciences technologiques Mohammed Boudiaf-Oran. P 54.

## N

**84. Nakatani N. (2000).** Phenolic antioxidants from herbs and spices. *Biofactors mini-Review*. P 141

**85. Neyrinck A-M., Maud Alligier., Névraumont P-D., Cani N-M et Delzenne. (2013).** Impact d'un extrait de curcuma longa associé au poivre blanc sur l'état inflammatoire chronique rencontré dans l'obésité : quelle relation avec le microbiote intestinal ?. *Diabetes & métabolism*.

## O

**86. Omar M et Atrooz L., (2013).** Les effets de la *Cuminum cyminum* L. et *Carum carvi* L. Semence Extraits des droits de l'hémolyse des érythrocytes. Département des sciences biologiques. Université Mutah, Jordanie. P 13

**87. OMS. (2002).** "Médicaments essentiels et politiques pharmaceutiques : Donner un soutien aux pays pour réduire le manque d'accès aux médicaments". Rapport annuel, publication régionale. SEARO.39

## P

**88. Parejo I, Viladomat F., Bastid J., Rosas-Romero, A., Flerlage N., Burillo J and Codina C. (2002).** Comparison between the radical scavenging activity and

antioxydant activity of six distilled and non-distilled Mediterranean herbs and aromatic plants. *J Agric. Food Chem.* Vol 50, 6882-6884.

**89. Penyaringan F and Jumlah A.K (2016).** Phytochemical screening, total flavonoid and phenolic content assays of various solvent extracts of tepal of *Musa paradisiaca*. *Malaysian Anal Sci.* Vol 20:1181–90.

**90. Perez M.B., Calderon N and Croci. (2007).** Radiation-induced enhancement of antioxidant activity in extracts of rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*). *Food chemistry.* Vol 104(2) : 585-592.

**91. Pincemail J et al., (1998).** Espèces oxygénées en médecine humaine: une approche didactique. *Vaisseaux, Coeur, Poumon* Vol 3: 133–8

**92. Pietta P G. (2000).** Flavonoids as antioxidants. *Journal of natural products.* Vol 63 : 1035-1042.

**93. Popovici C., Saykova I and Tylkowski B. (2009).** Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de Génie Industriel* 4. P 25-39.

**94. Pouillart M et Pouillart P. (2011).** L'expertise du médecin au moyen âge au centre des pratiques éducatives alimentaires en France. *Cahier de nutrition et de diététique.* P 247-258.

**95. Prasar M.M and Seenaya G. (2000).** Effect of spices on the growth of red halophilic cocci isolated from salt cured fish and solar salt. *Food Research International.* Vol 33: 793-798.

## R

**96. Rackova L., Kostalova D., Bezakova L., Fialova S., Bauerova K., Toth J., Stefek M., Vanko M., Holkova I and Oblozinsky M. (2009).** Comparative study of two natural antioxidants, curcumin and curcuma longa extract. *Journal of food and nutrition research.* (417) : 29-37.

**97. Ranga R.R., Tiwari A.K., Prabhakar R.P., Suresh B.K., Ali A.Z., Madhusudana K. and Madhusudana R.J. (2009).** New furanoflavanoids, intestinal alpha-glucosidase inhibitory and free-radical (DPPH) scavenging, activity from antihyperglycemic root extract of *Derris indica* (Lam.). *Bioorg. Med. Chem.* Vol 17: 5170-5175

**98. Ranoarisoa K.M. (2012).** Evolution historique et état des lieux de la filière girofle à Madagascar [Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme

d'Ingénieur Agronome].Antananarivo : Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. P 89

**99. Redhead J. (1990).** Utilisation des aliments tropicaux: sucres, épices et stimulants.Organisations des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. P 19-23.

**100.Reffas I et Slimani L, (2019).** Contribution à l'étude phytochimique et à l'évaluation de quelques activités biologiques d'un mélange d'épices "Ras El Hanout" de larégion de Biskra. Mémoire master académique en Biochimie appliquée, Université Mohamed Khider de Biskra. P 12-16-35-67.

**101.Rejeb I. (2008).** Etude de l'effet de l'irradiation sur les polyphénols du curcumin, Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme national d'ingénieur, en biologie industrielle, Université du 7 novembre à Carthage. P 8

**102.Richard H. (1987).** Epices et herbes aromatiques. E.N.S.I.A.-1. avenue des olympiades-91744VMASSY Cedex. P 6-9.

## S

**103.Sahreen S., Khan MR., Khan R.A. (2010).** Evaluation of antioxidant activities of various solvent extracts of *Carissa opaca* fruits. *Food Chem*, 122, 1205-1211.

**104.Sagdic O and Ozcan M. (2003).** Antibacterial activity of Turkish spice hydrosols. *Food Control*. Vol (14) 141-143.

**105. Seidel V. (2005).** Initial and Bulk Extraction. In: Sarker S D, Latif Z and Gray A I. *Natural products isolation*. Humana Press (Totowa), P 27-37.

**106.Su M S, Shyu Y T and Chien P J. (2008).** Antioxydant activities of vtrus herbal product extracts . *Food Chemistry*. Vol (1111) 892-896.

## T

**107.Talbi H., Boumaza A., Elm mostafa K., Talbi J et Hilali A. (2015).** Evaluation de l'activité antioxydante de ka composition physico-chimique des extraits méthanolique et aqueux de la *Nigella sativa* L. Université Hassan le 1<sup>er</sup>- Casablanca Maroc. P 78.

**108.Tasarova h., Svobodova B., Kokoska L., Petr M., Marie P., Premysl L and Valdlejch J. (2011).** Determination of oxygen radical absorbance capacity of black cumin (*Nigella sativa*) seed quinone compound.

**109. Tawaha K., Alali F.Q., Gharaibah M., Mohammad M and El Elimat T., (2007).** Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. *Journal of Food Chemistry* Vol 104 : 1372-1378.

**110. Thippeswamy N.B and Akhilender N. (2005).** Antioxidant potency of cumin varieties-cumin, black cumin and bitter cumin- on antioxidant systems. *European food research and technology.* 38(1) : 1-81.

**111. Thomas D. (2016).** Les antioxydants de nos jours : définitions et applications. Thèse de doctorat. Université de Limoge- France. P 12-45.

**112. Torres R. (2006).** Antioxidant activity of coumarins and flavonols from the resinous exudates of *Haplopappus multifolius*; *Phytochemistry* 67; Ed: ELSEVIER. Vol (232): 984-987.

**113. Touafak O. (2010).** Etude phytochimique de plantes médicinales du nord et du sud algérien. Thèse de doctorat. Université de Constantine. P 9-12-76.

**114. Trease G.E and Evans I.C. (1983).** Text book of pharmacognosy. 12th edn. London: Bailliere Tindall. P 21-2.

**115. Trigui I., Zarai Z., Chevance S., Cheikh-Rouhou S., Attia H and Ayadi M-A. (2019).** Physicochemical properties, antioxidant activity and in vitro gastrointestinal digestion of purified proteins from black cumin seeds. *International journal of biological macromolecules.* P 454-456.

## V

**116. Vican P. (2001).** Encyclopédie des plantes médicinales. Edition LAROUSSE. Paris. P 355.

## W

**117. Wong C-C., Hua-Bin L., Ka-Wing C and Feng Chen. (2006).** A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay. *Food chemistry* Vol 97 (4) : 705-711.

### Sites web

1. <https://fr.depositphotos.com/30231837/stock-photo-many-different-spices-with-their.html>

Consulté le 08/06/2021.

2. <https://www.naturaforce.com/bienfaits-complements/curcuma>

Consulté le 02/04/2021.

3. <http://www.lasantedanslassiette.com/au-menu/articles/faire-pousser-curcuma.html>

Consulté le 02/04/2021.

4. <https://www.mr-plantes.com/2014/12/carminatif-digestif-galactogene>

Consulté le 18/04/2021.

5. <https://phytotheque.wordpress.com/2016/05/14/girofle-syzygium-aromaticum>

Consulté le 05/04/2021.