

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE



DOMAINE : SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE
FILIERE : BIOTECHNOLOGIE

N° :..... , Série : BV/2019

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique
Spécialité : Biotechnologie végétale

Par:

AISSANI Nesrine

Intitulé

Etude de l'activité antioxydante et antibactérienne
des extraits méthanoliques de *Curcuma longa* L. et
Zingiber officinale (Rosc.) commercialisés dans la
région de M'sila.

Soutenu devant le jury composé de:

Mr. BENDERRADJI Laid	MCA	UMB de M'Sila	Président.
Mme. FRIHA Samira	MAA	UM.B de M'Sila	Encadrant.
Mr. NOUIDJEM Yassine	MCA	UM.B de M'Sila	Examineur.

Année universitaire : 2018 /2019

Remerciement

Avant toute chose nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir accordé la force et les moyens afin de pouvoir réaliser ce travail.

*J'adresse tout d'abord mes remerciements les plus sincères, mes respects et ma profonde gratitude à mon encadrent Dr. **Friha Samira**, notre directrice de recherche, qui a mis toutes ses connaissances et son expérience à notre disposition, en nous faisant part de ses suggestions les plus judicieuses et de ses critiques les plus constructives. Nous avons vraiment apprécié sa façon de travailler, son efficacité et son enthousiasme. Bref, une directrice de recherche digne de ce nom.*

*Je tiens à remercier, maître de Dr. conférence **Benderradji Laïd** pour m'avoir fait' honneur d'accepter la présidence du jury. Qu'il trouve ici mes sincères impressions de gratitude et de respect.*

*Nos remerciements s'adressent aussi à Dr. **Nouïdjem Yassine** d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Un merci spécial à Dr. **Bendif Hamdi** ,*

Nous adressons nos remerciements aux personnes qui nous ont aidés dans la réalisation de ce mémoire

*J'offre mes sincères remerciements à Dr. **Belkassam Abdelwahab**, qui m'a donné des informations dans mon domaine de recherche*

*Je tiens également à remercier vivement les ingénieures de Laboratoire de biologie et d'Agronomie **Kamel Seghiri** chef des*

Laboratoire. Mounir, Asma et Samiha pour leur soutien et encouragement et de m'avoir permettre de bien mener ce travail au sein du laboratoire de biotechnologie végétale
Nous remercions également les personnes de la bibliothèque

Ibtissam, Nouralhouda et Aïssa

J'aimerais remercier toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation et à l'aboutissement de ce travail.



Nesrine

Dedecace

*À la bougie qui est la source de la lumière de ma vie, qui se fond toujours pour éclairer ma route, à mon cher père **Alamri** je dédie ce travail et je lui souhaite une longue belle vie;*

À la fleur qui rehausse et aromatise mes jours, qui gardent les nuits pour que je me rendorme,

*A ma très chère mère **Souad** je dédie ce travail et je lui souhaite une longue belle vie.*

*A mes chères grand-mères **Rabíaa** et **Khaíra***

*A mes chères sœurs : **Hamída**, **Souhír** et **Ranía***

*A mes chères frères : **Abdhamíde**, **Saíd**, **Oussama**, **Yassíne** et **Alí**.*

*A mes amies : **Sabrina**, **Aldjía**, **Khaoula**, **Zoulikha**, **Asmahane** et **Nassira** pour votre fidèle amitié et les bons moments passés ensemble tout au long de mes études et en dehors.*

A ma promotion de Master 2018-2019

*A tous les membres de ma famille **Aíssaní** et famille **Saíb***



Nesrine

Table des matières

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
INTRODUCTION	1

PARTIE 01 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Présentation de la plante étudiée

I.1.La famille des Zingibéracées	3
I.1.1.Caractéristiques spécifiques à la famille et études botaniques.....	3
a. Appareil végétatif	3
b. Appareil reproducteur.....	3
I.1.2.Habitat.....	5
I.2.Présentation de la plante: «<i>Zingiber officinale</i>»	5
I.2.1.Historique.....	5
I.2.2.Origine	5
I.2.3.Étymologie.....	6
I.2.4. Description botanique	6
I.2.5.Classification botanique du gingembre.....	9
I.2.6. La composition chimique du gingembre.....	9
I.2.7.Valeur nutritionnelle et énergétique du <i>Zingiber officinale Roscoe</i>	10
I.2.8.Domaines d'utilisation	11
I.2.8.1.Utilisation alimentaire.....	11
I.2.8.2.Utilisation médicinale	11
I.2.8.3.Utilisation cosmétique.....	12
I.3.Présentation de la plante «<i>Curcuma longa L.</i> »	13
I.3.1.Historique.....	13
I.3.2.Origine	13
I.3.3.Etymologie.....	13
I.3.4.Description botanique	14
I.3.5.Classification botanique du curcuma	16
I.3.6.La composition chimique du curcuma	16

I.2.7.Valeur nutritionnelle et énergétique du curcuma	18
I.2.8.Domaines d'utilisation	18
I.2.8.1.Utilisation alimentaire	18
I.2.8.2.Utilisation médicinale	19
I.2.8.3.Utilisation cosmétique.....	20

Chapitre II: Activités biologiques

II.1. Activité antioxydant et radicaux libre	21
II.1.1.Stress oxydatif	21
II.1.2.Radicaux libres	21
II.1.2.1.Origine des radicaux libres	21
II.1.2.2.Nature des radicaux libres.....	23
II.1.2.3.Rôle des radicaux libres	24
II.1.3.Antioxydants.....	25
II.1.3.1.Activités antioxydante	25
II.1.3.2.Classification des antioxydants.....	26
II.1.3.3.Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante et anti radicalaire	32
II.2.Activité antibactérienne	34
II.2.1.Généralités	34
II.2.2.Infections bactériennes	34
II.2.3. L'antibiotique	34
II.2.3.1.Classification des antibiotiques	34
II.2.3.2. Mode d'action des antibiotiques	35
II.2.3.3.La résistance bactérienne aux antibiotiques.....	35
II.2.4.Méthodes d'évaluation de l'activité antimicrobienne	36
II.2.4.1.Méthode de dilution en milieu liquide.....	36
II.2.4.2.Méthode de diffusion en milieu solide.....	36
II.2.4.3.Méthode de diffusion sur disque de cellulose.....	36
II.2.5.Description des bactéries étudiées	37

PARTIE02 : ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1. Matériel d'étude	38
III.1.1. Matériel végétal.....	38
III.1.2. Matériel biologique	38
III.1.3. Matériel et réactifs:.....	39
III.2. Méthodologie	39
III.3. Préparations de l'extrait méthanolique	41
III.4. Evaporation	43
III.5. Préparation des dilutions	46
III.5.1. Préparation de série de dilution de l'extrait méthanolique.....	46
III.5.2. Préparation des solutions de DMSO et de leurs séries de dilution à partir de l'extrait méthanolique brut:.....	46
III.6. Evaluation de l'activité antioxydant	48
III.6.1. Test de piégeage du radical libre DPPH.....	48
III.6.2. Calcul des concentrations efficaces " IC50".....	50
III.7. Evaluation de l'activité antibactérienne	51
III.7.1. Test de l'activité antibactérienne.....	51

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Résultats	54
IV.1.1. Rendements	54
IV.1.2. Etude de l'activité antioxydante	54
IV.1.2.1. Méthode de DPPH.....	54
IV.1.3. Etude de l'activité antimicrobienne.....	58
IV.2. Discussion	66
IV.2.1. Discussion de rendement.....	66
IV.2.2. Etude de l'activité antioxydante.....	66
IV.2.3. Etude l'activité antibactérienne.....	68
Conclusion et perspectives	73

Références bibliographiques

Résumé

Liste des tableaux

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Composition nutritionnelle de gingembre (Benoura, 2018):.....	11
Tableau 02: Valeur nutritionnelle et énergétique du Curcuma Longa L (Pour 100 g) (Shahid, 2016)	18
Tableau 03: Quelques composés phénoliques à activité antioxydante dans curcuma et gingembre.	31
Tableau 04: Méthodes les plus couramment utilisées pour estimer le pouvoir antioxydant (Portes,2008).....	33
Tableau 05: Liste des souches bactériennes utilisées pour l'évaluation des activités antimicrobiennes de l'extrait méthanoliques de gingembre et de curcuma.	51
Tableau 06: valeurs de DO et de I % des différentes solutions étudiées ainsi que leurs dilutions:	56
Tableau 07: Valeurs des concentrations efficaces IC50 de l'activité antiradicalaires.	58
Tableau 08: Activité antibactérienne des extraits méthanolique de <i>Curcuma longa</i> et <i>Z. officinale</i> diluées par méthanol (origine).	60
Tableau 09: Activité antibactérienne des extraits méthanolique de <i>Curcuma longa</i> et <i>Z. officinale</i> diluées par DMSO (origine).....	61

Liste des figures

LISTE DES FIGURES

Figure 01: Diagramme florale des plantes de la famille des zingibéracées (Kress et <i>al.</i> , 2002).....	4
Figure 02: Rhizome de <i>Zingiber officinale</i> (iv).....	6
Figure 03: <i>Zingiber officinale</i> Roscoe (v).....	7
Figure 04: Inflorescences et fleurs de <i>Zingiber officinale</i> (vi).....	8
Figure 05: Fleur de <i>Zingiber officinale</i> (vii).....	8
Figure 06: Rhizome de <i>curcuma longa</i> (viii).....	14
Figure 07: Dessin représentant la plante entière et les différentes parties de <i>Curcuma longa</i> (ix).....	15
Figure 08: Inflorescence de <i>curcuma longa</i> (xi).....	16
Figure 09: déséquilibre de la balance entre antioxydants et espèces oxygénées actives (Bentafar et Chaib, 2016).....	21
Figure 10: Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène impliqué en biologie (Favier, 2003).....	23
Figure 11: Cascade de production des principales ERO : en orange ERO non radicalaires et en jaune ERO radicalaires (Favier, 1997).....	24
Figure 12: Schéma des défenses antioxydantes enzymatiques (Halliwell et <i>al.</i> , 2007).....	27
Figure 13: Schématisation des molécules intervenant dans les protections cellulaires (Rezaire, 2012).....	27
Figure 14: Structure chimique de la vitamine C.....	29
Figure 15: Oxydation de l'acide ascorbique.....	29
Figure 16: Structure de la vitamine E.....	29
Figure 17: Schéma des réactions d'élimination des radicaux lipidiques par les vitamines E et C (Packer et <i>al.</i> , 2001).	30
Figure 18 : Mécanisme d'action des antioxydants phénoliques (Nkhili, 2009).	31
Figure 19: Photographie des tranches du gingembre (origine).....	39

Figure 20: Etape photographique de préparation de la poudre du gingembre et de la poudre du curcuma (origine);.....	40
Figure 21: Etapes de préparations des extraits méthanoliques de « <i>Zingiber officinale</i> » et de « <i>Curcuma longa</i> » (origine).....	42
Figure 22: Evaporation du l'extrait dans un évaporateur rotatif et récupération de l'extrait méthanolique brut de gingembre et l'extrait méthanolique brut de curcuma (origine)	44
Figure 23: Préparation des séries de dilution de gingembre et de curcuma (origine).	46
Figure 24: Préparation des dilutions de DMSO pour l'activité antimicrobienne (origine).	47
Figure 25: Réaction de test DPPH (2,2-Diphényle-1-picrylhydrazyl) (Congo, 2012).	48
Figure 26: Préparation de la solution méthanolique d'extrait pour l'étude de l'activité antioxydante (origine).	50
Figure 27: Revivification des souches bactériennes et préparation de l'inoculum (origine)....	52
Figure 28: Rendements des extraits des rhizomes de <i>Z.officinale et curcuma longa</i>	54
Figure 29: Virage de couleur de DPPH montrant l'activité antioxydante des extraits des deux plantes " <i>Curcuma longa et Z. officinale</i> "	55
Figure 30: Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration de l'acide ascorbique et l'extrait méthanolique de curcuma.	57
Figure 31: Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration de l'acide ascorbique et l'extrait méthanolique de gingembre.....	57
Figure 32: Les zones d'inhibition obtenues avec l'extrait méthanolique du <i>Z.officinale</i> sur les différentes souches bactériennes testées par la méthode des disques de diffusion:	62
Figure 33: Les zones d'inhibition obtenues avec l'extrait méthanolique du <i>Curcuma longa</i> sur les différentes souches bactériennes testées par la méthode des disques de diffusion:	63
Figure 34: Les zones d'inhibition obtenues avec l'extrait brut du <i>Z. officinale</i> dilué dans le DMSO sur les différentes souches bactériennes testées par la méthode des disques de diffusion:.....	64
Figure 35: Les zones d'inhibition effectuées par l'extrait brut du <i>Curcuma longa</i> L dilué dans le DMSO sur les différentes souches bactériennes testées par la méthode des disques de diffusion:.....	65

Liste des abréviations

LISTE DES ABREVIATIONS

Abs : Absorbance.

C. longa : *Curcuma longa*

CAT : Catalase

CI50 : Concentration inhibant 50% de l'activité

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice

DMSO : Diméthylsulfoxyde

DPPH• : 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyle

E. coli : *Escherichia coli*

EAO : Espèces réactives de l'oxygène

ERO : Espèce Réactive de l'Oxygène

FRAP: Ferric ion Reducing Antioxidant Parameter

GPx : Glutathion peroxydases

GSH : Glutathion réduit

GSHPX : Glutathion peroxydase

H2O2 : Peroxyde d'hydrogène MB : Concentration Minimale Bactéricide

IC50 : Concentration Inhibitrice à 50%

MeOH : méthanol

NADPH : Nicotine Amide Adénine Di nucléotide Phosphate

O₂⁻ : Ion Superoxyde

O₂ : Oxygène

P. aeruginosa : *Pseudomonas aeruginosa*

RL : Radicaux Libres

RLO : Radicaux Libres Oxygénés

S. aureus subsp: *Staphylococcus aureus subsp*

S. aureus:*Staphylococcus aureus*

S. typhimurium : *Salmonella typhimurium*

S.D: Sans date

SM: Solution mère

Z. officinale : *Zingiber officinale*

INTRODUCTION

Les plantes médicinales représentent la première source de matière première essentielle pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires à la mise au point de futurs médicaments (**Maurice, 1997**). Reposant souvent sur une approche empirique, les propriétés biologiques des plantes et des substances naturelles qu'elles renferment, font actuellement l'objet de nombreux travaux (**Brudieux, 2007**).

Les épices sont classées parmi les plantes médicinales. Ce sont des parties des plantes aromatiques à la saveur forte ou des préparations, notamment des mélanges faits à partir de ces plantes. Elles sont utilisées dans différents domaines, en cuisine, comme conservateur ou colorant. Elles peuvent provenir de différentes parties de la plante, de rhizome (exemple du curcuma et du gingembre), des fruits (fraise), des écorces (la cannelle), de graines (la coriandre et la cardamome), de feuilles (la mélisse) (**Manandhar, 1995**).

Les plantes aromatiques constituent une source naturelle potentielle de molécules bioactives, elles font l'objet d'études scientifiques rigoureuses pour leur éventuelle utilisation comme alternative aux médicaments. Les effets thérapeutiques de ces plantes dépendent de la présence d'agents bioactifs variés et appartenant à différentes classes chimiques (**Bouzouita et al., 2008**).

Le monde scientifique est envahi par un nouveau concept, celui du « stress oxydant », une situation où la cellule ne contrôle plus la quantité de radicaux libres qu'elle produit, entraînant ainsi la plupart des maladies telles que les maladies cardiovasculaires, neurodégénératives et le cancer (**Pincemail et al., 2002**).

Le curcuma, fameuse racine d'origine indienne. Le gingembre est issu de la même famille appelée les zingibéracées (i). Le choix de ces plantes s'est fondé sur les faits qu'elles sont parmi les plus populaires plantes aromatiques utilisées dans le monde entier, leur utilisation fréquente par nos populations dans le domaine alimentaire et celui de la médecine traditionnelle.

Le travail effectué et présenté dans ce mémoire se situe dans ce contexte. L'objectif visé est consacré à l'évaluation *in vitro* de l'activité antioxydante par la méthode de piégeage du radical libre DPPH et de l'activité antibactérienne par diffusion de disques des extraits méthanoliques des rhizomes de *Zingiber officinale* et *Curcuma longa*.

Notre travail a été divisé en deux grandes parties:

La première partie est une étude bibliographique qui se scinde en deux chapitres:

- Le premier chapitre commencé par des généralités sur les deux plantes curcuma et gingembre ainsi que leurs caractéristiques.
- Le deuxième chapitre, représente une étude bibliographique sur les activités biologiques ; antioxydante comporte un rappel sur le stress oxydatif, les radicaux libres, les antioxydants ...etc ; antibactérienne.

La deuxième partie comporte l'étude expérimentale, et subdivisée en deux chapitres :

- Le premier regroupe l'ensemble de matériels et méthodes : comporte le matériel biologique et la méthodologie de travail : l'extraction méthanolique de curcuma et gingembre, l'évaluation in vitro de l'activité antioxydante par la méthode de piégeage du radical libre DPPH et de l'activité antimicrobienne par diffusion de disques.
- Le deuxième présente les résultats obtenus et leurs discussions.

Conclusion et perspectives.

PARTIE 01:
ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I :
Présentation de la plante
étudiée

I.1. La famille des Zingibéracées

Les Zingiberaceae (Zingibéracées) sont une famille de plantes à fleurs (angiosperme) monocotylédones (**Maarten et al., 2016**). Ce sont des plantes épicées aromatiques, à cellules sécrétrices dispersées contenant des huiles essentielles, divers terpènes et composés phénylpropanoïdes (**Judd et al., 2002**), des régions tropicales ; certaines renferment aussi des matières colorantes (**Pelt, 1999**). Le terme Zingibéracées a pour origine le mot latin zingiber qui signifie gingembre.

Cette famille englobe 1500 espèces environ presque toutes intertropicales, répandues surtout dans les régions orientales, peu nombreuses en Amérique, et regroupées en 50 genres environ (**Grugeau, 1995**).

Ce sont des plantes herbacées par des rhizomes qui prennent souvent la forme de bulbes.

I.1.1. Caractéristiques spécifiques à la famille et études botaniques

a. Appareil végétatif

Ce sont des herbes caulinaires de grande taille, vivaces par un rhizome ramifié donnant chaque année plusieurs tiges aériennes.

Chaque tige porte de nombreuses feuilles distiques, les inférieures réduites à leur gaine, les supérieures étant complètes avec une gaine et un limbe, ainsi qu'une ligule à la jonction de la gaine et du limbe (**Bouzabata et Nihed, 2013**).

Le rhizome est une tige souterraine présentant des nodosités, des racines adventives. Il est épais, ramifié et aromatique car le parenchyme contient des huiles essentielles. Chaque année, de ce rhizome, partent les tiges aériennes feuillues ou fleuries. Il y a également d'autres racines cylindriques dont la structure interne est différente de celle du rhizome. C'est un réservoir d'énergie pour la plante (**Angèle, 2017**).

b. Appareil reproducteur

Les inflorescences sont terminales, disposées sur des pseudo-tiges ou sur des pédoncules aphyllés émergeant directement du rhizome. Ce sont des capitules, des cymes, des racèmes, ou sont plus rarement réduites à une fleur solitaire. Bractées et bractéoles sont habituellement présentes, et sont parfois très colorées.

Les fleurs trimères pédonculées sont de formes et de coloris variés, zygomorphes ou irrégulières. Elles sont recouvertes mais non complètement par une pré-feuille (ii).

La formule florale est : $3 S + 3 P + 1 E + 3 C$ (figure 1) (Spichiger *et al.*, 2002).

Le diagramme floral:

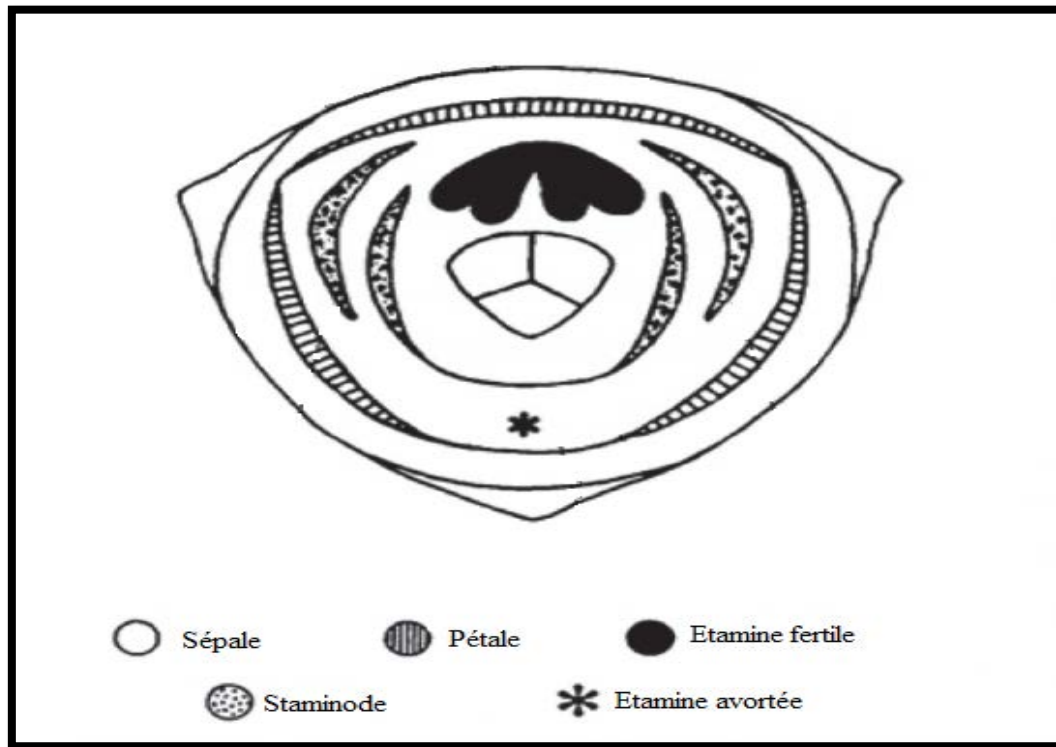


Figure 01 : Diagramme florale des plantes de la famille des zingibéracées (Kress *et al.*, 2002).

- ✓ Le périanthe possède deux verticilles avec trois sépales qui se réunissent de façon tubulaire, ce tube formé est fendu à l'arrière. Cela donnera ensuite le calice qui est brièvement trilobé. Il y a les trois pétales qui forment un plus long tube qui s'ouvre au sommet par trois lobes de couleur verte. Cela formera la corolle.

Pour ce qui est de l'androcée, il n'y a pas de verticille externe et il y a oligo-stémonie car il manque les étamines qui se transforment en pétales. Il n'y a qu'une étamine postérieure du verticille interne qui possède une anthère avec un large connectif qui porte deux loges fertiles et qui est de la longueur de l'anthère, se terminant par un bec grêle. Les loges sont longitudinalement déhiscentes.

- ✓ Les sacs polliniques sont contigus, parallèles. La pollinisation se fait par ornithogamie, ce sont les oiseaux ou parfois les chauves-souris qui disséminent les spores. Les 2 autres étamines du verticille peuvent devenir des staminodes pétaloïdes qui seront latéraux ou adnés au labelle. Le labelle colore est grand, cunéiforme entier ou trilobé.
- ✓ Le gynécée possède trois carpelles avec, au dessus, un style filiforme qui se trouve dans la gouttière de l'étamine fertile, est également présent un stigmate infundibulaire souvent cilié à

l'apex. Il y a trois loges avec plusieurs ovules dont la placentation est axile. Le 'fruit' capsulaire loculicide est plus ou moins charnu et l'ovaire infère. Les ovaires possèdent deux téguments et sont anatropes. Cette capsule est charnue, les graines globuleuses albuminées ont un arille blanche et un péricarpe farineux riche en amidon qui entoure l'albumen (**Fournet, 1978; Devendeville, 2009**).

I.1.2.Habitat

Les Zingibéracées sont d'origine d'Asie tropicale, elles sont pantropicales et se retrouvent principalement en Indonésie et Malaisie. On peut en retrouver aussi dans les régions chaudes et tempérées (iii).

I.2.Présentation de la plante: «*Zingiber officinale*»

I.2.1.Historique

Le gingembre entrait déjà dans la composition des techniques de momification pratiquées dans l'Égypte antique. Cette plante condimentaire et médicinale depuis plus de 3000 ans est originaire de l'Inde. De là, le gingembre s'est ensuite rapidement répandu grâce à son commerce à partir de toute l'Asie du Sud-Est, jusqu'en Afrique de l'Ouest et aux Caraïbes. Cette épice orientale a probablement traversé la première fois la mer Méditerranée grâce aux Phéniciens pour gagner l'Europe durant l'Empire romain dès le 1er siècle. Le gingembre est une des plus anciennes plantes connues par le peuple, et il est aussi l'une des premières épices orientales. Plusieurs revues ont été publiées dans la littérature à propos de cette plante, ce qui peut refléter la popularité de son utilisation comme une épice et une plante médicinale (**Ali et al., 2008; Gigon, 2012**).

I.2.2.Origine

Le gingembre est connu en Asie depuis des milliers d'années. Il est mentionné dans l'ouvrage de Confucius au 5^{ème} siècle avant notre ère. Il était utilisé comme épice par les Grecs et les Romains. Les espagnols l'ont introduit en Jamaïque et d'autres îles des Antilles. Au 16^{ème} siècle, le gingembre était exporté en grande quantité des Antilles vers l'Espagne (**Stoll, 2002**).

Le gingembre est produit en Chine, en Malaisie, en Inde, en Thaïlande et au Vietnam (**Yudthavorasit, 2014**).

I.2.3.Étymologie

La plupart des noms donnés au Gingembre Officinal prennent leurs origines du Grec « ziggiberis » et par la suite du Latin « zingiber ». A côté de ces noms, nous trouvons « Singabera » qui est la traduction en Sanskrit, langue Indo-européenne, ce qui veut dire 'corps', 'racine' ou encore 'en forme de corne' du fait de la forme de la racine. Ce nom dérive aussi du persan « zungebil» et de l'arabe « zangabîl» (**Bruneton, 2002; Ravindran et Nirmal Babu, 2005**)

a-Nom vernaculaire ;

Arabe : Zinjabir

Anglais ; Ginger

Français ; gingembre

Latin ; *Zingiber officinale* (**Aouadh, 2010**).

I.2.4. Description botanique

Le gingembre est une plante tropicale herbacée vivace poussant dans les régions ensoleillées et humides, se dressant sur une tige de 1,50 m en moyenne, mais pouvant atteindre 3 m de haut (**figure 03**), La partie souterraine utilisée est le rhizome. Celui-ci se divise dans un seul plan et est constitué de tubercules globuleux ramifiés .La peau du rhizome est beige pâle et sa chair est jaune pâle juteuse et parfume (**Gigon, 2012**). Il devient de plus en plus fibreux avec l'âge couvert de feuilles écailleuses et pourvu à sa partie inférieure de racines cylindriques.



Figure 02: Rhizome de *Zingiber officinale* (iv).

-Ses feuilles sont persistantes bisériées, longues, étroites, lancéolées, pointues et longues de 20 cm. Elle possède deux sortes de tiges : tiges hautes stériles servant à l'assimilation chlorophyllienne et des tiges plus courtes (20 cm environ) portant des fleurs irrégulières en épi (Faivre et al., 2006).



Figure 03: *Zingiber officinale* Roscoe (v).

-Les inflorescences sont soit portées par la partie terminale des tiges les plus courtes, soit issues directement du rhizome, et sortent donc du sol (Botineau, 2010). Ce sont de courts épis, possédant de grosses bractées cireuses de couleur jaune vert formant un spadice dense, et dont la conformation superposée permet de protéger les fleurs avant leur éclosion (Faivre et al., 2006).



Figure 04: Inflorescences et fleurs de *Zingiber officinale* (vi).

-Les fleurs sont zygomorphes (la symétrie est bilatérale), trimères, parfumées, de couleur blanc jaune, avec des traînées violettes sur le labelle, faisant vaguement penser à des fleurs d'orchidée (Faivre et al., 2006).



Figure 05: Fleur de *Zingiber officinale* (vii).

-Le périanthe, qui protège les organes reproducteurs, possède deux verticilles, l'externe portant trois sépales soudés, et l'interne trois pétales.

-L'androcée (appareil reproducteur mâle) se limite à une étamine possédant des anthères biloculaires, et à un grand labelle pétaaloïde coloré, dont la position centrale facilite la pollinisation.

-L'ovaire est infère est composé de trois loges, car le gynécée (appareil reproducteur femelle) est constitué de trois carpelles à placentation axile, c'est à dire soudés et fermés, dont le placenta est contre l'axe de l'ovaire. Un mince style et un stigmate cilié surmontent les carpelles (**Botineau, 2010**).

-La floraison a lieu entre les mois d'août et novembre (**Faivre et al., 2006**). Si les fruits arrivent à maturité, ils sont constitués d'une petite capsule trivalve (à trois loges) contenant plusieurs graines anguleuses noirâtre d'odeur agréable (**Ross, 2010**)

I.2.5. Classification botanique du gingembre (Faivre et al., 2006 ; Gigon, 2012)

Règne :	Plantae
Sous-règne :	Trachéobionta
Division :	Angiospermes ou Magnoliophyta
Classe :	Liliopsida (ou Monocotylédones)
Sous-classe :	Zingibéridées
Ordre :	Zingibérales (ou Scitaminales)
Famille :	Zingibéracées
Sous famille :	Zingibéroïdées
Genre :	<i>Zingiber</i>
Espèce :	<i>Zingiber officinale Roscoe</i>

I.2.6. La composition chimique du gingembre

Le rhizome de gingembre renferme des glucides (amidon), des lipides, des protéines, des fibres, des vitamines et des minéraux. Mais il contient aussi, et surtout, des polyphénols et des composés volatils. Ses nutriments et ses composés actifs en font un aliment extrêmement riche et bénéfique pour la santé (**Pinson, 2012**).

a. Les polyphénols

Les principaux composés polyphénoliques du gingembre sont les gingérols. On trouve également - produits de la dégradation des gingérols après séchage et stockage - les shogaols, les paradolet le zingérone (**Pinson, 2012**).

b. L'oléorésine

L'oléorésine de gingembre est un extrait particulier obtenu avec divers solvants organiques. Elle contient à la fois des polyphénols, ainsi que des composés de l'huile essentielle (**Pinson, 2012**).

c. L'huile essentielle

L'huile essentielle de gingembre est obtenue par distillation du gingembre à la vapeur d'eau. On l'utilise en cuisine, mais surtout en aromathérapie, pour sa saveur particulière et pour ses vertus thérapeutiques. Elle contient des monoterpènes, des sesquiterpènes et des cétones (ces composés peuvent varier selon les rhizomes utilisés, leur provenance et les lots) (Pinson, 2012) :

c.1. Les monoterpènes : composés présents dans plus de deux mille plantes, et que l'on retrouve dans les huiles essentielles de gingembre, mais aussi de camphrier, de palmarosa, de rose, de géranium, de menthe, de citron ou de citronnelle. Les principaux monoterpènes de l'huile essentielle de gingembre sont notamment le camphène, le gèranial et le néral (Pinson, 2012).

C.2. Les sesquiterpènes : composés divisés en sous-catégories. Ils sont présents dans certaines huiles essentielles telles que celles que nous évoquons dans cet ouvrage, notamment le curcuma et le gingembre, qui contiennent des composés appartenant à d'autres sous-catégories de sesquiterpènes. Les principaux sesquiterpènes de l'huile essentielle de gingembre sont l' α -farnésène, et le β -sesquiphellandrène ... (Pinson, 2012).

c.3. Les cétones (de type monoterpénique ou sesquiterpénique) sont des composés organiques, présents dans certaines huiles essentielles: hélichryse (*Helichrysum italicum*), ravintsara (*Cinnamomum camphora*), eucalyptus globuleux (*Eucalyptus globulus*), romarin à camphre (*Rosmarinus officinalis*) ... Il faut savoir que les cétones ont de nombreuses propriétés thérapeutiques: elles sont reconnues pour leurs propriétés cicatrisantes, antivirales, antifongiques, stimulantes du système nerveux central, et mucolytiques, entre autres (Pinson, 2012).

À noter: la feuille du gingembre contient aussi une huile essentielle, donc la composition varie légèrement (Pinson, 2012).

I.2.7. Valeur nutritionnelle et énergétique du *Zingiber officinale Roscoe*

Le tableau suivant résume la valeur nutritionnelle et énergétique calculée pour 100 g de poudre de rhizome de *Zingiber officinale Roscoe* et qui est de 332 kcal.

Tableau 01 : Composition nutritionnelle de gingembre (Benoura, 2018):

Nutriment		Minéraux et oligo-éléments		Vitamine	
Énergie	332kcal	Calcium	114 mg	Vit A	18µg
Eau	9.94g	Cuivre	0.48mg	VitB1	0.046mg
Protéines	8.98g	Fer	19.8mg	Vit B2	0.17mg
Fibre	14.1 g	Magnésium	214mg	Vit B3	9.62mg
Sucre	3.34 g	Manganèse	33.3mg	Vit B5	0.477mg
Lipides	4.24g	Phosphore	168mg	Vit B6	0.626mg
Oil		Potassium	1320mg	Vit B9	34µg
Acide Gras saturés	2.6g	Sélénium	0.70mg	VitC	5mg
Omega 3	0.223g	Sodium	27mg	Vitamine E	0.26mg
Omega 9	0.357g	Zinc	3.64mg		
Glucides	57.5g				

I.2.8. Domaines d'utilisation

I.2.8.1. Utilisation alimentaire

Il est très utilisé en tant qu'épice, surtout en Asie, sous forme râpée ou hachée pour donner de la saveur aux plats comme les viandes, poissons et fruits de mer. On peut aussi le plonger dans de l'eau pendant plusieurs heures et se servir de cette eau en l'ajoutant dans le plat juste avant de le déguster. Il entre dans la composition des curry. Les thaïlandais le rajoutent sous forme râpée dans leur lait de noix de coco au curry.

Il est aussi utilisé dans les entremets, pudding, soupes et sauces. En Indonésie on l'utilise en pâte pour l'étaler sur les viandes à griller. Dans la cuisine créole, le gingembre est associé avec l'ail. Au Maghreb, il est surtout utilisé sous forme de poudre dans les plats. On peut aussi le retrouver sous forme de confiture ou de bonbons. Il est surtout utilisé sec pour donner de l'arôme au pain d'épices (Angèle, 2017).

I.2.8.2. Utilisation médicinale

a. Médecine traditionnelle

Le gingembre est également employé comme agent stomachique, tonique et dans le traitement des gastrites, des dyspepsies et l'inappétence. Il augmente le flux salivaire et le tonus de la musculature intestinale (Wichtl et Anton, 2003).

En médecine Asiatiques, des textes indiens datant de l'an 1000 avant notre ère prescrivait cette plante est utilisé contre des maux allant de l'asthme aux hémorroïdes (v).

Le gingembre est utilisé comme un antimigraineux n'ayant pas d'effet négatif (**Mustafa, 1990**). En médecine chinoise, les marins chinois en mâchaient pour également le soulagement de la cinétose ou « maladie des transports » (**Chrubasik et al., 2005**). Les femmes chinoises consomment traditionnellement de la racine de gingembre pendant la grossesse pour combattre la nausée du matin (**Boone et Shields, 2005**).

b. Médecine moderne

Au cours des dernières années le gingembre est utilisé pour traiter certaines anomalies (**Malhotra et Singh, 2003**) en raison de ses activités biologiques.

b.1. Effet antioxydant

la consommation de gingembre aide à lutter contre l'action des radicaux libres et de prévenir les maladies neuro-dégénératives et certains cancers comme le cancer de la prostate (**Aggarwal et Shishodia, 2006 ; karna et al., 2012**). Aussi bien il améliore l'efficacité d'un traitement du cancer cervical (**Sharma et al., 2009**).

b.2. Effet anti-inflammatoire

Le gingembre permet d'abaisser certaines douleurs grâce à ces composées shagoal, 6-gingérol et paradol :

- Les douleurs musculaires et articulaires (l'arthrite, l'arthrose et les rhumatismes).
- Les blessures et les fractures.
- Les œdèmes et les douleurs intestinales (**Grzanna et al., 2005**).

Aussi bien, le gingembre modulerait certaines voies biochimiques activées lors d'une inflammation (**Grzanna et al., 2005**) où le 6- gingérol est un puissant inhibiteur de la synthèse du monoxyde d'azote, des prostaglandines E2 par inhibition de COX-1, COX-2 (**Efthimiou et Kukar, 2010**).

b.3. Effet anti- bactérienne et antivirale

Les études récentes réalisées sur l'huile, l'oléorésine, les extraits et les molécules actives du gingembre dévoilent diverses propriétés, soit activité antivirale respiratoire, anti-VIH1 (**Lee et al., 2008; Chang et al., 2013; Schnitzler et al., 2007**); soit activité antibactérienne. Il réduit les symptômes de la fièvre, les états grippaux, la toux, les angines, l'asthme et les allergies (**Platel et Srinivazan, 2004**).

I.2.8.3. Utilisation cosmétique

Un grand nombre des épices et leurs constituants sont utilisés dans l'élaboration des parfums, produit de beauté et produit de toilette. Ces essences servent à préserver ces produits

cosmétiques grâce à leur activité antiseptique tout en leur assurant leur odeur agréable (Mallea et al., 1979).

Le gingembre entre dans la formulation de produits cosmétiques comme les poudres de massage. Il est très intéressant sur le plan cosmétique puisqu'il contient plusieurs composés antioxydants. Ces derniers protégeant les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres (un des facteurs responsables du vieillissement cutané). Il contient également du cuivre, nécessaire à la formation du collagène (protéine servant à la structure et la réparation des tissus cutanés). Des études ont montré son effet sur les rides et l'élasticité de la peau (Baobab, 2011).

I.3.Présentation de la plante « *Curcuma longa* L. »

I.3.1.Historique

Depuis 4000 ans, le *Curcuma longa* L est important dans la culture védique, on retrouve trace dans des écrits sanskrits ; et dans la médecine ayurvédique (médecine holistique qui étudie empiriquement les effets de l'alimentation sur la santé) (Perry et al., 2008).

En Europe, les moines font mention de la plante, introduite par les navigateurs, dans leurs écrits dès le 6ème siècle. Elle est connue en Chine depuis le 7ème siècle, en Afrique de l'Est depuis le 8ème siècle, en Afrique de l'Ouest depuis le 13ème siècle. C'est une plante ramenée en Europe en 1298 par Marco Polo qui le découvre en Chine et par les arabes au 13ème siècle (Delaveau, 1987).

I.3.2.Origine

Le curcuma (*Curcuma longa*) est originaire du sud de l'Asie. Il est largement cultivé en Inde mais aussi, à un moindre degré, en Chine, à Taïwan, au Japon, en Birmanie, en Indonésie et en Afrique (Lepoivre, 2003).

a-Nom vernaculaire

Français : Rhizome de curcuma, safran des Indes

Anglais: Turmeric, golden spice

Arabe: (al-kourkoum) (Delaveau, 1987).

I.3.3.Etymologie

Le terme Curcuma est d'origine irano-indienne; il dérive du sanscrit kartouma qui a donné *kurkum* en persan ancien, *kourkoum* en arabe et Curcuma en latin (Delaveau, 1987). C'est sous cette dernière forme qu'il est passé dans les langues européennes, le «c» se transformant parfois en «k» dans les langues germaniques, à l'exception de l'anglais qui le désigne sous le nom de turmeric.

C'est d'ailleurs la langue anglaise qui a conservé l'origine de son appellation en latin médiéval, terra merila (terre mérite) par le mot «turmeric». Notons que sa couleur jaune intense le fait parfois nommer. Bien à tort, safran cooli et safran des Indes (**Delaveau, 1987**).

I.3.4. Description botanique

Curcuma longa L est une plante vivace atteignant un mètre, pérenne par son rhizome (**Cheikh Ali, 2012**). Les rhizomes principaux de forme ovoïde fournissent le *Curcuma* rond et les secondaires le *Curcuma* long. Épais, écailleux, se ridant par dessiccation, ces rhizomes sont d'une couleur jaune orangé en section, gris brunâtre en surface. Une odeur aromatique se dégage après section du rhizome (**Delaveau, 1987**).



Figure 06 : Rhizome de *Curcuma longa* (viii).

-Ses feuilles, très longues, oblongues à elliptiques, engainantes, possèdent une puissante nervure axiale et des nervures secondaires parallèles. Les gaines des feuilles forment une pseudo-tige courte, les limbes sont vert foncé au-dessus, vert très clair en dessous, criblés de points translucides (**figure 07**).



Figure 07 : Dessin représentant la plante entière et les différentes parties de *Curcuma longa* (ix).

Au sein des feuilles s'élève l'inflorescence constituée d'un épi cylindrique atteignant 20 cm de long. Celui-ci est formé de bractées imbriquées vert foncé et stériles, à l'aisselle desquelles naissent les fleurs blanches ou jaunâtre, une pour chaque bractée. Seules les bractées sommitales, roses, sont de plus bel effet (**Boullard, 2001**).

Les fleurs possèdent :

- un calice tubulaire, court, présentant 3 dents inégales
- une corolle tubulaire à sa base, puis divisée en 3 lobes jaunes inégaux
- des étamines dont une seule fertile, bifide, l'anthere présentant un large éperon courbé à la base
- un ovaire infère, triloculaire, surmonté d'un style terminé par un stigmate simple et en crochet (**Javvadi et al., 2008**).



Figure 08: Inflorescence de *curcuma longa* (xi).

-La floraison a lieu entre les mois de mai et septembre (**Itokawa et al., 2008**).

Le fruit, rarement produit, est une capsule à trois loges, contenant de nombreuses graines arillées (**Bruneton, 2009**).

-Le fruit, rarement produit, est une capsule à trois loges, contenant de nombreuses graines arillées (**Cheikh Ali, 2012**).

I.3.5. Classification botanique du curcuma (Anil et al., 2011).

Règne : Plantae

Sous-embr. : Magnoliophyta

Classe : Liliopsida

Ordre : Zingiberales

Famille : Zingiberaceae

Genre : *Curcuma*

Espèces : *Curcuma longa* L.

I.3.6. La composition chimique du curcuma

Tout comme le gingembre, le curcuma contient des glucides (amidon), des lipides, des protéines, des fibres, des minéraux et des vitamines. Ses principaux composés actifs sont ses polyphénols aux puissantes propriétés antioxydantes, entre autres, ses composés volatils.

L'ensemble des substances du curcuma en fait un végétal aux propriétés incomparables (Pinson, 2012).

a. Les polyphénols

Les principaux polyphénols du curcuma sont les curcuminoïdes, dont la curcumine est le chef de file. Les curcuminoïdes nous intéressent, car ils ont de grandes propriétés antioxydantes (oubliez ce nom barbare et retenez celui de «curcumine »).Ce sont ces composés uniques qui donnent au curcuma sa couleur, et qui détiennent, d'après de nombreuses études, des propriétés santé et beauté indéniables. La curcumine est un pigment naturel utilisé par l'industrie agroalimentaire (c'est le colorant alimentaire jaune E100) (Pinson, 2012).

b. l'oléorésine

L'oléorésine de curcuma est un type d'extrait obtenu à l'aide de divers solvants organiques. Elle contient à la fois des polyphénols (curcuminoïdes) ainsi que certains des composés de l'huile essentielle (Pinson, 2012).

c. L'huile essentielle

Obtenue à partir de curcuma frais, l'huile essentielle du rhizome de curcuma est utilisée en cuisine comme en aromathérapie. Elle contient certains composés intéressants (Pinson, 2012):

c.1. Les monoterpènes: composés présents dans plus de deux mille plantes, et que l'on retrouve dans les huiles essentielles comme celle de curcuma, mais aussi de camphrier, de palmarosa, de rose, de géranium, de menthe, de citron ou de citronnelle. Les monoterpènes de l'huile essentielle de curcuma sont, par exemple, les terpinènes ou le limonène (Pinson, 2012).

c.2. Les sesquiterpènes: composés divisés en sous-catégories, ils sont présents dans certaines huiles essentielles telles que celles que nous évoquons dans cet ouvrage, notamment le curcuma et le gingembre mais également le houblon (*Humulus lupulus*), la citronnelle (*Cymbopogon citratus*), l'achillée millefeuille (*Achillea millefolium*), la camomille allemande ou matricaire (*Matricaria recutita*), l'origan vulgaire (*Origan vulgare*)... , qui contiennent des composés appartenant à d'autres sous-catégories de sesquiterpènes. Les sesquiterpènes de l'huile essentielle de curcuma sont notamment les turmérone, les curcumènes et le turmérone (Pinson, 2012).

c.3. Les cétones (de type monoterpénique ou sesquiterpénique) sont des composés organiques, présents dans certaines huiles essentielles: hélichryse (*Helichrysu mitalicum*), ravintsara (*Cinnamomumcamphora*), eucalyptus globuleux (*Eucalyptus globulus*), romarin à

camphre (*Rosmarinus officinalis*)Les cétones ont de nombreuses propriétés thérapeutiques: on leur prête des vertus cicatrisantes, antivirales, antifongiques, stimulantes du système nerveux central, et mucolytiques, entre autres (Pinson, 2012).

À noter : la feuille du curcuma contient aussi une huile essentielle, donc la composition varie légèrement (Pinson, 2012).

I.2.7.Valeur nutritionnelle et énergétique du curcuma

Le tableau suivant résume la valeur nutritionnelle et énergétique calculée pour 100 g de poudre de rhizome de *Curcuma longa L* et qui est de 354 kcal, ce qui représente en moyenne 11.42 % des besoins journaliers d'un adulte

Tableau 02: Valeur nutritionnelle et énergétique du Curcuma Longa L (Pour 100 g) (Shahid, 2016).

Nutriment		Minéraux et oligo-éléments		Vitamine	
Énergie	354kcal	Calcium	183mg	Vit B1	0.15mg
Eau	11.36g	Cuivre	603mg	Vit B2	0.23mg
Protéines	7.83g	Fer	41.42mg	Vit B3	5.14mg
Fibre	21.10g	Magnésium	193mg	Vit B6	1.80mg
Sucre	3.21g	Manganèse	7.8mg	Vit B9	39mg
Acide Gras		Phosphore	268mg	Vit C	26mg
Omega 9	3.12g	Potassium	2525mg	Vit E	3.1mg
Omega 3	0.48g	Curcumine	3888mg	Vit K	13.4mg
Omega 6	1.69g				

I.2.8.Domains d'utilisation

I.2.8.1.Utilisation alimentaire

Le rhizome est la partie utilisée de la plante. Le rhizome réduit en poudre est utilisé en tant qu'épice alimentaire pour renforcer la saveur des aliments et les conserver, et On utilise les épices comme aromates, essentiellement végétales, pour l'assaisonnement, la coloration et la conservation des aliments ou des boissons, certaines épices sont aussi utilisées comme suppléments diététiques, L'exemple de curcuma «safran de l'Inde», riche en curcumine, qui est un colorant atoxique autorisé (E100), stable à la chaleur et peu sensible aux variations de pH. D'où leur large utilisation comme colorant alimentaire autorisé (E100) (Beraoud, 1990 ; Wichtl et Anton, 2003).

L'épice entre couramment dans les mélanges d'épices de la cuisine indienne, en particulier le curry mais aussi le mukhavas (mélange indien de graines pris en fin de repas pour favoriser la digestion), le colombo antillais, le ras-el-hanout du Maghreb (xii).

I.2.8.2.Utilisation médicinale

Le *Curcuma longa L* a fait l'objet de préparations thérapeutiques en vertu de ces Propriétés antioxydantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires rapportées à travers les siècles dans différentes parties du monde.

a. Médecine traditionnelle

la curcumine est un traitement efficace pour diverses affections respiratoires, par exemple l'asthme, l'allergie, ainsi que les désordres hépatiques, l'anorexie, les rhumatismes, les rhumes, les sinusites (Araujo et al., 2001). Par exemple, dans la tribu Jaintia au Nord-Est de l'Inde, des pilules fabriquées à partir de rhizome écrasé sont prises avant les repas pour contrecarrer la dyspepsie (Sajem et al., 2006).

En médecine chinoise, le curcuma est utilisé pour traiter les maladies associées aux douleurs abdominales, pour ses propriétés carminatives et anti infectieuses. Dans l'ancienne médecine hindoue, il était utilisé pour traiter les entorses et les enflures et à travers l'Orient comme anti-inflammatoire (Grubben, 2005).

b. Médecine moderne

b.1. Effet antioxydant

Les extraits solubles dans l'eau du *Curcuma longa L* et la curcumine présentent une forte activité antioxydante comparable aux vitamines C et E.

Les curcuminoïdes sont des antioxydants, piègeurs de radicaux libres, inhibiteurs de la peroxydation lipidique et jouant un rôle important dans l'inflammation, les maladies cardiovasculaires et le cancer (Grubben, 2005). La principale action de la curcumine est sa capacité à inhiber la formation d'espèces oxygénées actives comme les radicaux hydroxyles et l'anion superoxyde (Portes, 2008).

b.2. Effet anti-inflammatoire

La curcumine, caractérisée chimiquement pour la première fois en 1910 est identifiée comme responsable de l'activité anti-inflammatoire de l'extrait de Curcuma, mais le mélange des trois curcuminoïdes révèle une meilleure activité, ce qui a été confirmé par Ramsewak et al.,(2000). Les curcuminoïdes agissent en inhibant l'enzyme cyclogénase de type II, enzyme responsable de la synthèse des prostaglandines inflammatoires dans l'organisme (Mesa et al., 2000).

b.3. Effet antibactérien, antifongique et antiviral

Le Curcuma inhibe la croissance de nombreuses bactéries (Gram positif et négatif) et plusieurs champignons pathogènes. Lors d'infections, il inhibe également la production de certaines toxines bactériennes qui peuvent causer de sérieux tords à l'organisme (**Mesa et al., 2000**).

Le curcuma, en effet exerce une activité antiprotéase inhibant l'action du HIV ainsi qu'une activité anticancéreuse (**Portes, 2008**).

I.2.8.3. Utilisation cosmétique

Le *Curcuma* a été utilisé comme un produit de beauté depuis des siècles. Il est un moyen peu coûteux et naturel de traiter plusieurs problèmes de peau, et de cheveux, il est aussi bien utilisé dans les recettes de grands-mères que dans le commerce sous forme de crèmes, masques, savons, huiles et shampooings.

Par exemple, la teinte jaune orangée du curcuma est utilisée pour teindre peut l'employer aussi comme colorant naturel pour les cheveux. La poudre de curcuma peut être combinée avec un infusé préparée avec d'autres épices et fleurs de couleur jaune comme le safran, le calendula ou la camomille ou même avec de l'henné. (**Gupta et al., 2013**).

Chapitre II:

Activités biologiques

II.1. Activité antioxydant et radicaux libre

II.1.1. Stress oxydatif

Dans le système biologique, l'oxygène est normalement transformé en molécules d'eau au niveau de la chaîne respiratoire mitochondriale. Cette réaction est cruciale puisqu'elle apporte à la cellule la majorité d'énergie nécessaire (sous forme d'adénosine triphosphate (ATP)) pour assurer ses multiples fonctions (**Favier, 2003**).

Le stress oxydant se définit comme étant un déséquilibre entre la balance des pro-oxydants ERO ou ROS et les systèmes de défense (antioxydants), en faveur des premiers avec comme conséquence l'apparition de dégâts irréversibles pour la cellule (**Favier, 1997**).

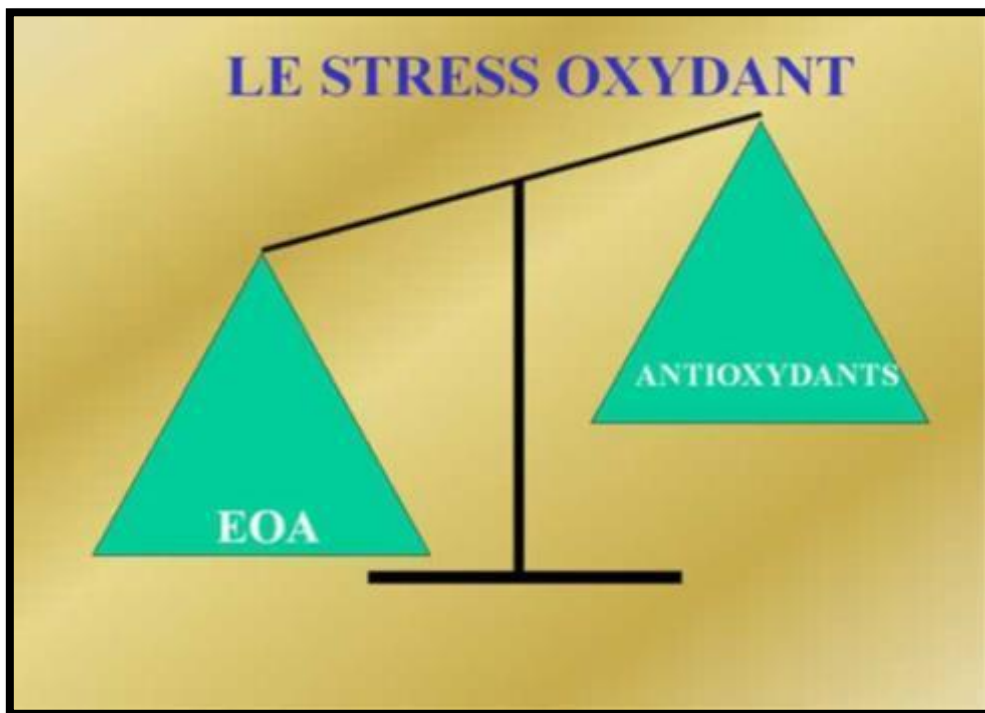


Figure 09: déséquilibre de la balance entre antioxydants et espèces oxygénées actives (**Bentafar et Chaib, 2016**).

II.1.2. Radicaux libres

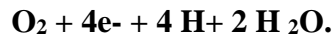
Un radical est une molécule ou un fragment moléculaire qui contient un électron (ou plus) non apparié. De par sa structure particulière, il a tendance à attirer les électrons d'autres atomes et molécules pour gagner sa stabilité. Plusieurs éléments peuvent être à l'origine de radicaux libres. Les sources des radicaux libres sont nombreuses (**Bouhadjra, 2011**).

II.1.2.1. Origine des radicaux libres

II.1.2.1.1. Origine endogène

Les radicaux libres sont produits par divers mécanismes physiologiques, la plupart des radicaux libres se forment au cours de métabolisme de l'oxygène (réduction de l'oxygène

moléculaire en eau) dans les mitochondries. Le passage d'une molécule d'oxygène à deux molécules d'eau nécessite l'action de quatre électrons selon l'équation :



Cependant, et jusqu'à 5 % des cas, on peut assister à une réduction incomplète de l'oxygène en eau. Cette réduction incomplète aboutit à la production de l'oxygène singulet ($^1\text{O}_2$) mais surtout de l'anion superoxyde ($\text{O}_2^{\bullet-}$). La dismutation de $\text{O}_2^{\bullet-}$ va donner naissance au peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) puis indirectement au radical hydroxyl ($\bullet\text{OH}$) (**Pincemail, 2002 ; Valko et al., 2006**).

Les radicaux libres peuvent également être produits lors de la défense antibactérienne. Les cellules phagocytaires (macrophages, neutrophiles...) activées pendant la réaction inflammatoire, vont libérer un anion superoxyde $\text{O}_2^{\bullet-}$. Ce phénomène est appelé la flambée respiratoire. Les radicaux superoxydes formés peuvent alors subir eux aussi des transformations donnant naissance aux dérivés oxygénés toxiques.

La régulation des fonctions cellulaires létales telle la mort cellulaire programmée (apoptose). Fait appelle aussi à la production endogènes des radicaux libre (**Pincemail, 2002 ; Valko et al., 2006**).

II.1.2.1.2. Origine exogène

L'organisme humain est soumis à l'agression de différents agents extérieurs capables de donner naissance à des espèces oxygénées réactives (**Favier, 2003**) :

Les rayonnements UV (par l'intermédiaire d'agents photo sensibilisants) et les radiations ionisantes induisent la synthèse de radicaux libres dérivés de l'oxygène tels que $\text{O}_2^{\bullet-}$, $\text{OH}\bullet$, $^1\text{O}_2$ et de molécules génératrices de radicaux libres.

L'oxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2), des toxiques présents dans notre environnement (suie, goudron, tabac, polluants industriels) sont également responsables de la synthèse de radicaux libres. Ils sont à l'origine d'une auto-oxydation des acides gras poly-insaturés (AGPI) des alvéoles pulmonaires (**Favier, 2003**).

Il a aussi été montré que l'ingestion d'alcool pouvait être à l'origine de la production de radicaux libres. Ils sont produits au cours de l'oxydation de l'acétaldéhyde. Mais aussi certains médicaments anti-cancéreux antibiotiques (**Favier, 2003; Mohammadi, 2005**). L'infection au VIH a pour effet d'accroître la production de radicaux libres.

D'autres facteurs sont également capables de générer des radicaux libres dans l'organisme, en citant, les rayonnements UV, les particules inhalées (amiante, silice) l'ingestion d'alcool, des anticancéreux (**Favier, 2003**).

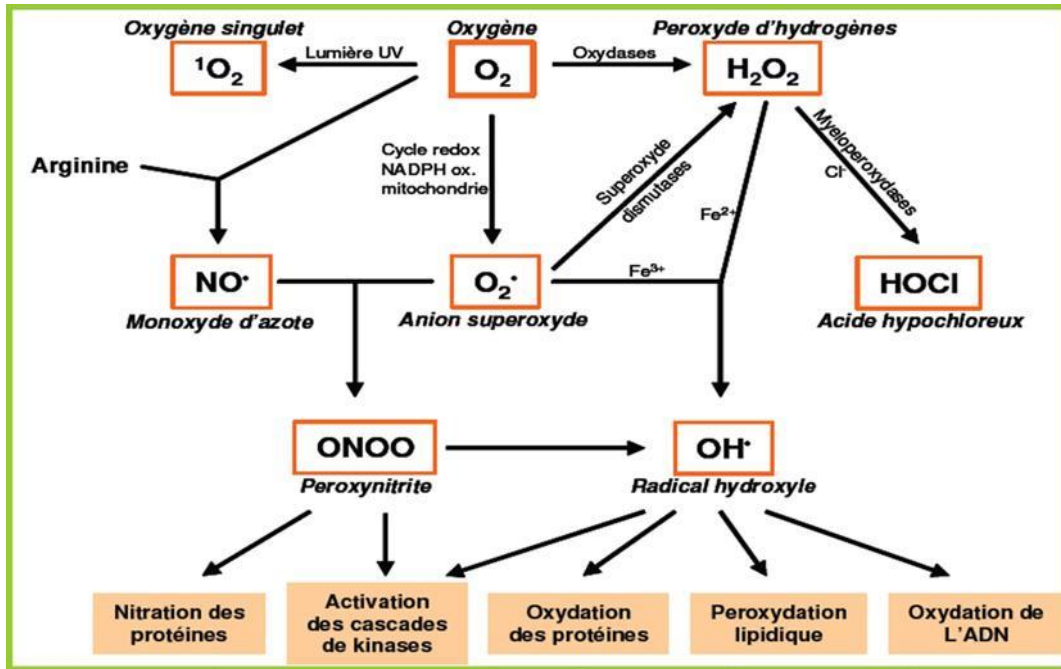


Figure 10: Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l’oxygène impliqué en biologie (Favier, 2003).

II.1.2.2. Nature des radicaux libres

II.1.2.2.1. Espèces réactives dérivées de l’oxygène (ERO)

L’oxygène doit sa grande réactivité à sa structure particulière. En effet, il possède deux électrons célibataires non appariés sur sa couche orbitale externe. Cette molécule est essentielle au bon Fonctionnement de l’organisme (Bouhadjra, 2011).

a- Ion superoxyde : -O₂.

L’ion super oxyde -O₂.est un dérivé très réactif de l’oxygène, relativement stable, il n’est pas très toxique pour l’organisme, mais il est à l’origine de cascades de réactions conduisant à la production de molécules très nocives (Bouhadjra ,2011).

b- Radical libre hydroxyle : (OH.)

Le radical libre hydroxyle (OH.) est très réactif. Il peut réagir avec de nombreuses molécules comme l’ADN, les glucides, les nucléotides, les protéines et être à l’origine de lésions de nécrose. C’est un dérivé de l’ion super oxyde (Bouhadjra ,2011).

c- Oxygène singulet: ¹O₂

Lorsque de l’énergie est apportée à l’oxygène, celui-ci passe à l’état singulet qui représente la forme activée. C’est une forme très énergétique de grande réactivité qui peut oxyder de nombreuses molécules. Il est formé à partir de l’ion superoxyde selon la réaction suivante :

.O-O. $1O_2$ (sous l'action de la lumière). (Bouhadjra, 2011).

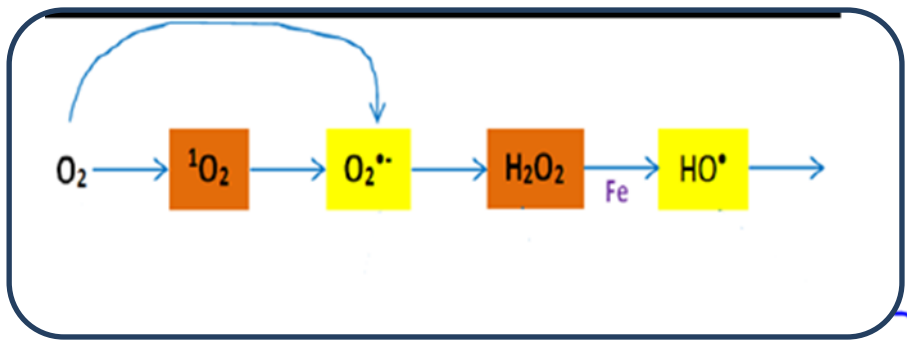


Figure 11: Cascade de production des principales ERO : en orange ERO non radicalaires et en jaune ERO radicalaires (Favier, 1997).

II.1.2.2.2. Espèces libres non oxygénées

Les espèces libres non oxygénées sont les produits des réactions de certaines molécules avec les espèces réactives dérivées de l'oxygène.

Ils peuvent à leur tour réagir avec d'autres molécules et être à l'origine de la multiplication des réactions d'oxydation et de la propagation de dommages oxydatifs. Nous citerons, par

Exemple :

Les acides gras peroxydés, résultats de l'action des espèces oxygénées sur les membranes biologiques.

Les fractions protéiques, les acides aminés et les acides nucléiques peuvent aussi réagir avec les ERO générant des molécules réactives et nocives (Bouhadjra, 2011).

II.1.2.3. Rôle des radicaux libres

II.1.2.3.1. Rôle des radicaux libres chez l'homme

De nombreux ligands extracellulaires sont capables d'induire la production cellulaire d'ERO, après interaction avec leur récepteur spécifique. Ces ERO contribuent donc à la transduction du signal, mais assurent également l'amplification de ce signal. Par exemple, cela va se traduire par l'activation de la NAD(P)H oxydase qui formera l'anion superoxyde, et contribuera à l'activation de phosphorylases, dont les cibles sont des protéines.

En résumé, les mécanismes d'action principaux des ERO sont alors de déclencher ou d'amplifier un signal intracellulaire par deux mécanismes principaux (par modification de l'équilibre redox intracellulaire et par modification oxydative des protéines). Les ERO sont également à l'origine de l'action bactéricide par les leucocytes (Delattre et al., 2005).

II.1.2.3.2. Rôle des radicaux libres chez les plantes

Les ERO sont continuellement produites chez les plantes selon le métabolisme aérobie. En fonction de leur nature, certaines, très toxiques, sont rapidement détoxifiées par divers mécanismes enzymatiques et non-enzymatiques.

Alors que les végétaux génèrent pléthore de processus pour combattre la croissance des ERO produites dans les conditions de stress abiotique (chocs thermiques, irradiation excessive, couche d'ozone, sécheresse, salinité...), dans d'autres circonstances, ils peuvent tout aussi engendrer délibérément des ERO au titre de molécules signal afin de contrôler de nombreux phénomènes comme la défense contre des pathogènes (stress biotique), la mort cellulaire programmée (apoptose) et le comportement stomatique (**Apel et Hirt, 2004; Smirnoff, 2005**).

II.1.3. Antioxydants

Les antioxydants sont définis par Halliwell comme «toute substance qui en faible concentration par rapport au substrat susceptible d'être oxydé prévient ou ralentit l'oxydation de ce substrat» (**Pastre et Priymenko, 2007**).

Les antioxydants sont l'ensemble des molécules susceptibles d'inhiber directement la production, de limiter la propagation ou de détruire les espèces réactives de l'oxygène. Ils peuvent agir en réduisant ou en dismutant ces espèces, en les piégeant pour former un composé stable, en séquestrant le fer libre ou en générant du glutathion (**Favier, 2003**).

Les antioxydants sont largement présents dans nos aliments, soit sous forme naturelle, soit sous forme d'additifs utilisés dans l'industrie agroalimentaire (**Tanguy et al., 2009**).

II.1.3.1. Activités antioxydante

Définition:

L'activité antioxydant d'un composé correspond à sa capacité à résister à l'oxydation. Les antioxydants les plus connus sont le β -carotène (provitamine A), l'acide ascorbique (vitamine C), le tocophérol, la quercétine, la rutine et le picnogénol. La plupart des antioxydants de synthèse ou d'origine naturelle possèdent des groupes hydroxyphénoliques dans leurs structures et les propriétés antioxydantes sont attribuées en partie à la capacité de ces composés naturels à piéger les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles ($\text{OH}\cdot$) et superoxydes ($\text{O}_2\cdot$) (**Antolovich et al., 2002 ; Bartosz, 2003 ; Burda et Oleszek, 2001 ; Rice-Evans et al., 1995**).

II.1.3.2. Classification des antioxydants

Les antioxydants peuvent être classés selon leurs origines en deux classes les antioxydants enzymatiques et les non enzymatiques (Delattre et al., 2005).

II.1.3.2.1. Antioxydants enzymatiques

Les antioxydants enzymatiques s'agit principalement de trois enzymes ; la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT) et la glutathion peroxydase (GPx). Ces enzymes ont une action complémentaire sur la cascade radicalaire au niveau du $O_2^{\cdot-}$ et du H_2O_2 , conduisant finalement à la formation de l'eau et de l'oxygène moléculaire (Lehucher-Michel et al., 2001).

a. Les superoxydes dismutases

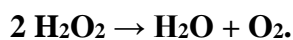
La famille des superoxyde-dismutases comporte trois isoformes (SOD1, SOD2, SOD3) dont le rôle est la dismutation de deux anions superoxyde en espèces oxygénées moins réactives que sont H_2O_2 et O_2 (Antwerpen, 2006).

Cette enzyme existe sous deux formes : une cytoplasmique nécessite comme cofacteur les ions de cuivre et de zinc (CuZnSOD) et l'autre mitochondriale utilise le manganèse comme cofacteur (MnSOD) (Jacques et André, 2004).



b. Les catalases (CAT)

Les catalases permettent de transformer le peroxyde d'hydrogène en oxygène moléculaire et en eau (Souchard et al., 2002).



La catalase présente dans tous les organes est particulièrement concentrée dans le foie, et à l'état libre se trouve dans le plasma. Dans les hématies, la CAT protège la membrane plasmique et les tissus traversés du peroxyde d'hydrogène produit par la dismutation du radical superoxyde, lui-même issu des auto-oxydations de l'hémoglobine (Halliwell et Gutteridge, 2008).

c. La glutathion peroxydase

La glutathion peroxydase (GPx) agit en synergie avec la SOD puisque son rôle est d'accélérer la dismutation du H_2O_2 en H_2O et O_2 . Lors de cette réaction deux molécules de glutathion réduit (GSH) sont oxydées en glutathion-disulfure (GSSG). (Nomura et al., 2000)

Au fur et à mesure de sa consommation par la glutathion peroxydase, le glutathion doit être régénéré, cela est rendu possible par une glutathion réductase qui consomme une molécule de NADPH fourni par la voie des pentoses phosphates (Jacques et André., 2004).

Au total, le mécanisme réactionnel invoqué dans la détoxification active peut être résumé dans le schéma suivant (figure12):

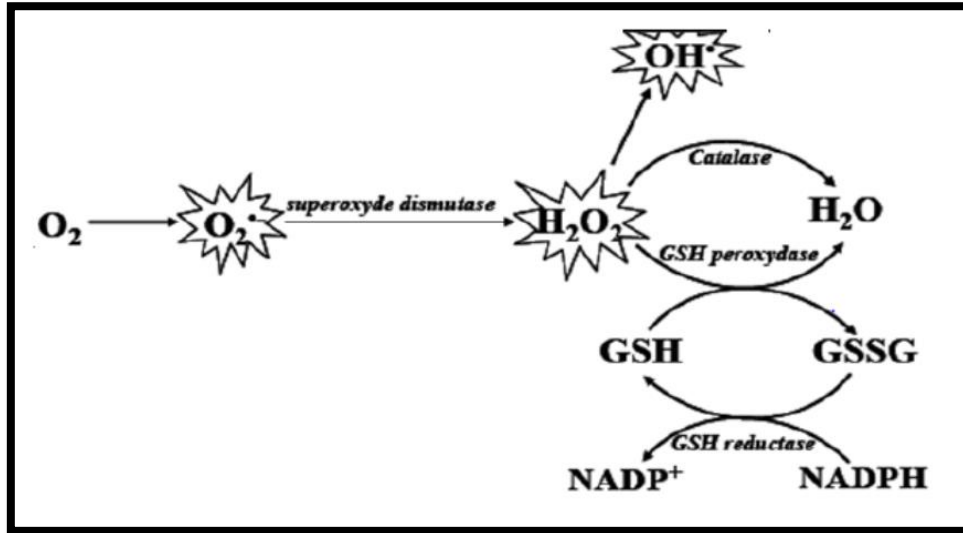


Figure 12: Schéma des défenses antioxydantes enzymatiques (Halliwell et al., 2007).

D'autres enzymes jouent un rôle non négligeable dans la lutte antioxydant, l'ensemble formant un système complexe: glutathion réductase, thioredoxine réductase, glutathion transférase... .

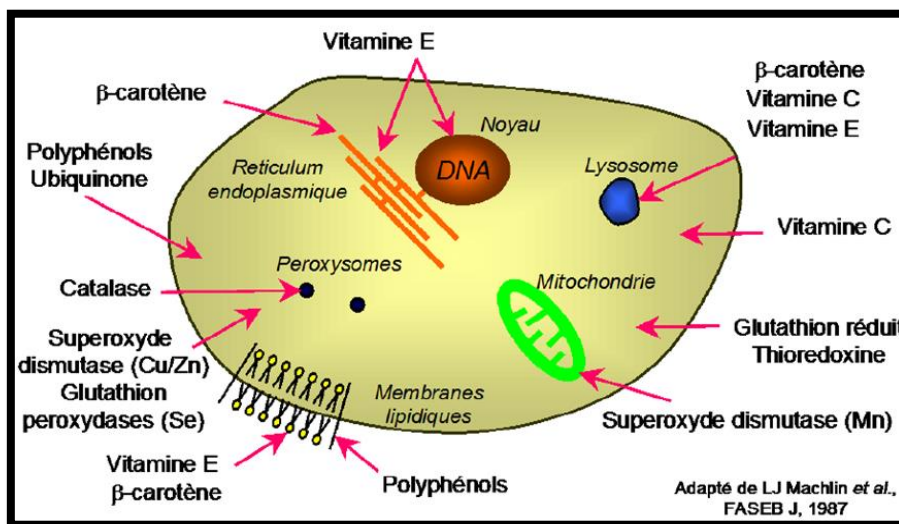


Figure 13: Schématisation des molécules intervenant dans les protections cellulaires (Rezaire, 2012).

II.1.3.2.2. Antioxydants non-enzymatiques

II.1.3.2.2.1. Antioxydants non-enzymatiques d'origine exogène

a. Glutathion (GSH/GSSG)

C'est un tri peptide formé de glycine, cystéine et de glutamate (**Raman et Berry, 2011**). Il est considéré comme le principal antioxydant non enzymatique intracellulaire (**Valko, 2011**). Le glutathion possède deux formes l'une oxydée (GSSG) et l'autre réduite (GSH). Ces deux états forment le couple redox (GSSG/GSH). La capacité antioxydante du glutathion réside dans la présence d'un groupement thiol (-SH) présent sur la cystéine réduite. Le GSH réagit très bien avec de nombreux ERO comme les radicaux HO, RO•, RO₂•, les radicaux centrés sur le carbone R•, ClO-, ONOO-, et l'oxygène singulet (**Raman et Berry, 2011**).

b. Acide urique

C'est le produit de dégradation des composés puriques comme la xanthine et l'hypoxanthine (**Villasante et al., 2010**). Il réagit avec plusieurs espèces réactives aux potentialités oxydantes fortes comme ROO•, HO•, ONOO-, NO₂• et l'oxygène singulet. Cette réactivité donne naissance au radical urate stable grâce à la délocalisation de l'électron célibataire sur son noyau purine, l'urate est très bien réduit par l'acide ascorbique (vitamine C), intégrant bien l'urate au sein de la défense antioxydante (**Halliwell et Gutteridge, 2008**).

c. Bilirubine

La bilirubine est le produit final de la dégradation de l'hème de plusieurs protéines hémiques. La dégradation de l'hème en biliverdine est fait par une enzyme appelée l'hème oxydase (HO) qui est retrouvée dans le réticulum endoplasmique. Après la biliverdine est transformée en bilirubine grâce à la biliverdine réductase présente dans le cytosol.

La bilirubine possède des propriétés antioxydantes envers plusieurs espèces réactives tel que le ONOO- et l'O₂ (**Paredi et al., 2002 ; Halliwell et Gutteridge, 2008**).

II.1.3.2.2.2. Antioxydants non-enzymatiques d'origine exogènes

Les antioxydants chimiques exogènes (figure14), eux, comprennent majoritairement les vitamines C et E, les caroténoïdes et des composés phénoliques (**Mc Call et Frei, 1999**).

a. La vitamine C (acide ascorbique)

La vitamine C, ou acide ascorbique, est une molécule hydrophile que l'on retrouve dans de nombreux fruits comme les oranges, les citrons et les fraises. Son caractère hydrophile ne lui permet pas d'avoir une activité intracellulaire.

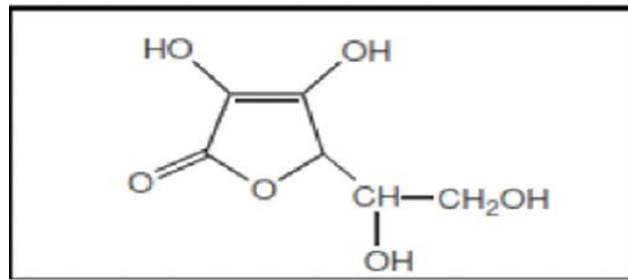


Figure 14: Structure chimique de la vitamine C.

Toutefois la vitamine C est capable de piéger des radicaux libres mais son intérêt majeur en terme de pouvoir antioxydant réside en sa capacité à régénérer la vitamine E au sein de la membrane (Fabre *et al.*, 2015).

En piégeant les radicaux peroxy dans la phase aqueuse avant qu'ils initient la peroxydation lipidique, la vitamine C protège les biomembranes et les lipoprotéines. (Matés *et al.*, 1999).

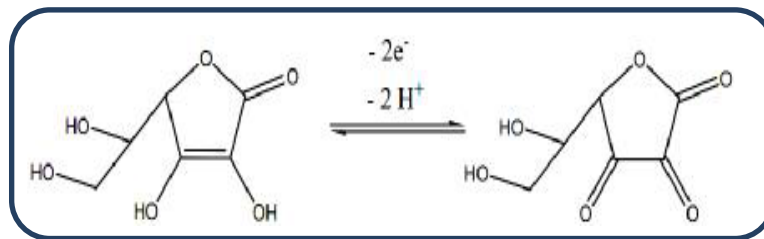


Figure 15: Oxydation de l'acide ascorbique.

b. La vitamine E :

Elle s'insère au sein des acides gras de la membrane cellulaire et des lipoprotéines ou elle joue un rôle protecteur en empêchant la propagation de la peroxydation lipidique induite par un stress oxydant. (Marfak, 2011).

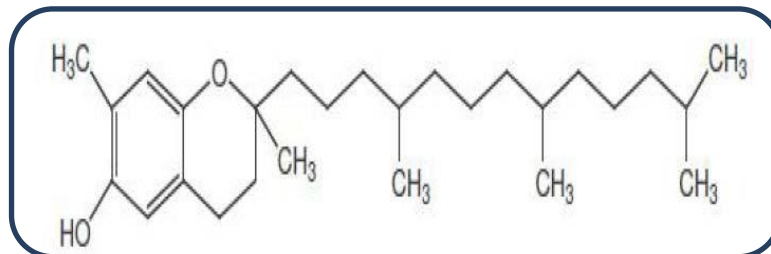


Figure 16: Structure de la vitamine E.

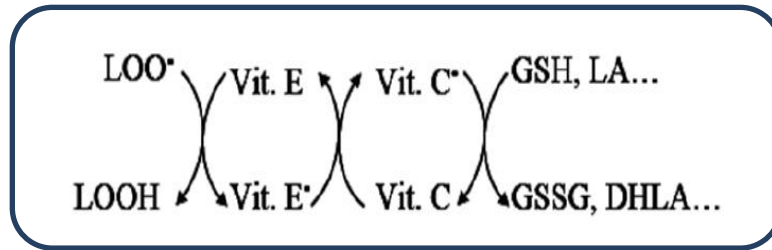


Figure 17: Schéma des réactions d'élimination des radicaux lipidiques par les vitamines E et C (Packer *et al.*, 2001).

(**LOO•**) : radical peroxyde lipidique, (**LOOH**) : hydroperoxyde lipidique, (**Vit. E**) : vitamine E, (**Vit. C**) : vitamine C, (**GSH**) : glutathion réduit, (**GSSG**) : glutathion oxydé, (**LA**) : acide lipoïque, (**DHLA**) : acide dehydrolipoïque.

c. Caroténoïdes

Les caroténoïdes forment un groupe de pigments colorés retrouvés et synthétisés dans de nombreuses cellules végétales et sont divisés en caroténoïdes à chaîne oxygénée et ceux à chaîne non oxygénée. Certains caroténoïdes (surtout les β -carotènes) sont des précurseurs de la vitamine A.

In vivo, les capacités antioxydantes des caroténoïdes sont donc bien supérieures à leur capacité pro-oxydante, notamment en présence d'un foyer de peroxydation lipidique (Halliwell et Gutteridge, 2008).

e. Zinc

Le zinc joue un rôle de cofacteur dans la SOD1, il pourrait agir comme antioxydant en déplaçant le fer (particulièrement ionique) des sites de fixation, inhibant alors la synthèse d'espèces réactives rendue possible ou facilitée par sa présence (Halliwell et Gutteridge, 2008).

f. Polyphénols

Les propriétés antioxydantes des poly-phénols, varient en fonction de leurs structures chimiques. Les positions et degrés d'hydroxylation jouent une part importante dans l'activité antioxydante des poly-phénols. Les poly-phénols porteurs d'un groupement catéchol (un noyau aromatique porteur de deux fonctions hydroxyle adjacentes) ont un potentiel antioxydant plus élevé.

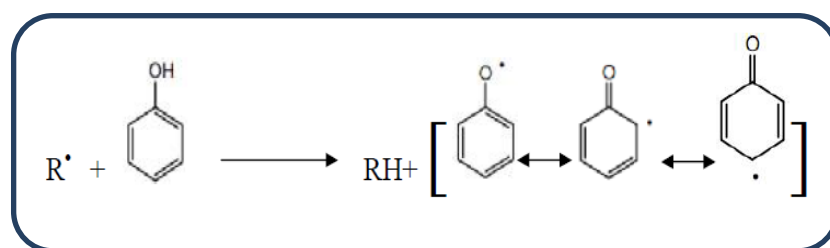


Figure 18 : Mécanisme d'action des antioxydants phénoliques (Nkhili, 2009).

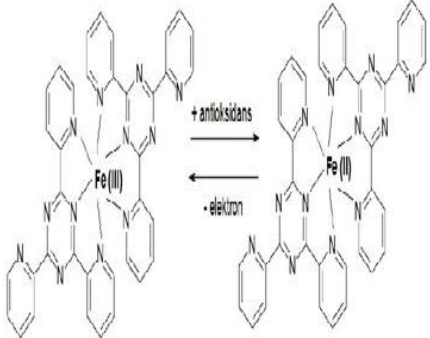
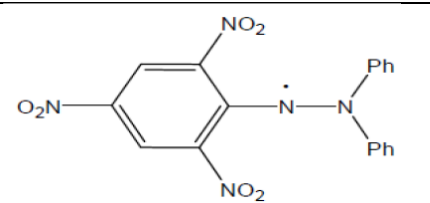
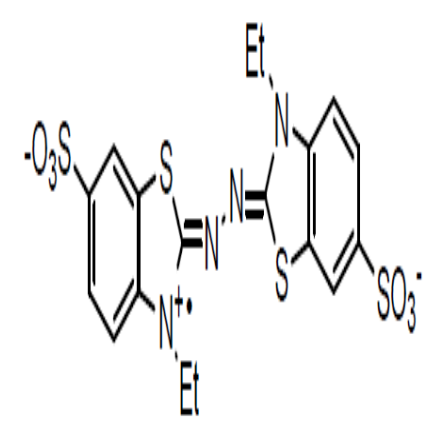
Tableau 03: Quelques composés phénoliques à activité antioxydante dans curcuma et gingembre.

Végétaux	Composés Phénoliques	Structure
CURCUMA	Curcumine	
GIGEMBRE	Gingérol	
	Shogaol	
	Zingérone	

II.1.3.3. Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante et anti radicalaire

Plusieurs méthodes sont utilisées pour la détermination de l'activité antioxydant, nommées d'après le nom de la substance utilisée comme source de radicaux libres, par exemple : FRAP (Ferricreducingantioxidant power), TEAC (Trolox équivalent antioxidantcapacity) ou ABTS (2,2-azinobis 3-ethyl-benzyloxyazoline 6-sulphonate) et DPPH⁺ (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl) etc. Il est à indiquer que différentes méthodes donnent des résultats assez différents et devraient être appliquées préférentiellement pour la comparaison de produits similaires (Georgieva et al., 2010).

Tableau 04: Méthodes les plus couramment utilisées pour estimer le pouvoir antioxydant (Portes, 2008).

Méthodes	Réactions	Structure
<p>Method FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma)</p>	<p>Réduction le fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}).évalue le pouvoir réducteur des composés. La lecture se fait à 700 nm.</p>	
<p>Méthode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyle)</p>	<p>Le composé chimique 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyle (DPPH) fut l'un des premiers radicaux libres utilisés pour étudier la relation structure activité antioxydant des composés phénoliques. La lecture se fait à 517 nm.</p>	
<p>Méthode ABTS</p>	<p>Le sel de ABTS (l'acide 2,2'-azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) Perd un électron pour former un radical cation $ABTS^{\bullet+}$, de couleur sombre en solution en présence de l'agent antioxydant, le radical ainsi formé est réduit pour donner le cation $ABTS^{\bullet+}$, Ce qui entraine la décoloration de la solution. La lecture se fait à 734 nm.</p>	

II.2. Activité antibactérienne

II.2.1. Généralités

Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaires classés parmi les procaryotes, car ils ne possèdent pas de membrane nucléaire. Ce caractère les distingue des autres organismes unicellulaires classés parmi les eucaryotes (champignons, algues, protozoaires). Elles sont divisées en bactéries proprement dites (Bacteria) et bactéries primitives (Archaea). Toutes les bactéries rencontrées en pathologie appartiennent aux Bacteria. Les bactéries ont généralement un diamètre inférieur à 1µm. On peut les voir au microscope optique, à l'état frais ou après coloration. Leur forme peut être sphérique (cocci), en bâtonnet (bacilles), incurvée (vibrions) ou spiralée (spirochètes). Les détails de leur structure ne sont visibles qu'en microscopie électronique (Nauciel et Vildé, 2005).

II.2.2. Infections bactériennes

Les infections bactériennes sont causées par différents micro-organismes et sont la cause des maladies les plus fatales et des épidémies les plus répandues. De nombreux antibiotiques sont développés pour les traiter, cependant leur utilisation abusive est à l'origine de l'apparition de la multi résistance bactérienne.

(Yala et al., 2001).

II.2.3. L'antibiotique

Definition:

Un antibiotique est une substance antibactérienne produite par des micro-organismes (champignons et bactéries) ou de synthèse chimique capable d'inhiber la multiplication ou détruire les microorganismes.

Les antibiotiques peuvent être classés selon l'origine, la nature chimique, le mécanisme d'action et le spectre d'action. La classification des antibiotiques selon leurs mécanismes d'action est cependant la plus répandue. (Yala et al., 2001).

II.2.3.1. Classification des antibiotiques

Il existe plusieurs classifications des antibiotiques, elles sont basées sur le spectre d'action, la cible, ou la famille chimique. Cette dernière celle-ci est la plus fréquemment rencontrée.

Les principales familles chimiques des antibiotiques sont: Bêta lactamines: pénicilline et céphalosporines; Aminosides: streptomycine, gentamycine; Chloramphénicol et thiamphénicol; Cyclines: tétracyclines, doxycycline. Macrolides et apparentés : érythromycine, oléandomycine (Cohen et Jacquot., 2001).

II.2.3.2. Mode d'action des antibiotiques

Les antibiotiques peuvent traiter les infections bactériennes par 4 modes d'action principaux (Tenover, 2006):

- a. L'interférence avec la synthèse de la paroi cellulaire: carbapénèmes, vancomycine, β lactamines.
- b. L'inhibition de la synthèse des protéines microbiennes:
 - Se lier avec la sous-unité 50S du ribosome: macrolides, le chloramphénicol, la clindamycine.
 - Se lier avec la sous-unité 30S du ribosome: aminoglycosides, tétracyclines.
 - Se lier avec l'enzyme bactérienne isoleucyl-ARNt synthétase: chloramphenicol, tetracyclines.
- c. L'interférence avec la synthèse des acides nucléiques:
 - Inhibition de la synthèse de l'ADN: fluoroquinolones.
 - Inhibition de la synthèse d'ARN: la rifampicine.
- d. L'inhibition des voies métaboliques: les sulfamides, les analogues de l'acide folique.

II.2.3.3. La résistance bactérienne aux antibiotiques

Une souche est dite résistance lorsqu'elle peut croître en présence d'une concentration d'antibiotiques beaucoup plus élevée que celle qui inhibe le développement de la majorité de l'autre souche des mêmes espèces.

Il existe deux grande type de résistance aux antibiotique ; la résistance intrinsèque et la résistance acquise (Seggani et Boukehil, 2017) :

II.2.3.3.1. La résistance naturelle ou intrinsèque

Cette résistance, généralement chromosomique est présente chez toutes les souches d'une même genre bactérien. Elle délimite le spectre d'action des antibiotiques et elle est due ; soit à une absence de cible pour l'antibiotique soit à une imperméabilité de la paroi à cet antibiotique. Cette résistance n'est pas transférable horizontalement et elle ne présente donc aucun risque chez les bactéries pathogène.

Exemple de résistances naturelles :

1/ *Klebsiella* spp. Produit naturellement des bêta-lactamases. Cette enzyme est alors présente dans l'espace péri-plasmique de la bactérie et conduit à la destruction d'antibiotiques comme les pénicillines A, avant que ceux-ci ne puissent atteindre leur cible bactérienne

2/ Les bactéries anaérobies sont naturellement résistantes aux aminosides car le passage des aminosides à travers la membrane cytoplasmique nécessite un système de transport actif absent chez les anaérobies (Seggani et Boukehil, 2017).

II.2.3.3.2. La résistance acquise

Cette résistance ne concerne que quelques souches, d'une même espèce ou d'un même genre, normalement sensible à un antibiotique donné. Elle est due à des modifications génétiques chromosomiques ou extra chromosomiques : mutation sur des gènes existants (gène codant pour des cibles des antibiotiques ; gènes régulateurs) ou incorporation de nouveaux gènes codant à des mécanismes de résistance (Seggani et Boukehil, 2017).

II.2.4. Méthodes d'évaluation de l'activité antimicrobienne

Le paramètre le plus souvent utilisé pour évaluer l'effet d'un antibiotique est la CMI. Elle correspond à la concentration minimale qui inhibe la croissance visible du germe en 24h.

Parmi les méthodes applicables dans l'évaluation de l'activité antimicrobienne : la dilution en milieu liquide (croissance bactérienne appréciée par l'apparition d'un trouble) ; la diffusion sur disque de cellulose (bandelettes imprégnées d'un gradient d'antibiotique) (Ait Baziz et Chemali, 2017).

II.2.4.1. Méthode de dilution en milieu liquide

En milieu liquide, les bactéries se dispersent librement et leur multiplication se traduit par un trouble. On distribue dans un premier temps, pour la macro-dilution, dans une série de tubes à hémolyses stériles ou pour la micro-dilution dans les cupules d'une plaque, sous un même volume, des concentrations décroissantes d'antibiotique puis on ajoute dans chacun des tubes ou cupules sous un même volume, une culture de bactéries en phase exponentielle de croissance. La CMI de l'antibiotique sur la souche étudiée est définie comme la plus faible concentration inhibant, après 18 à 24 heures de contact à 37°C, toute croissance visible à l'œil nu (Ait Baziz et Chemali, 2017).

II.2.4.2. Méthode de diffusion en milieu solide

Cette méthode consiste à la diffusion d'un antibiotique dans des puits de 6 mm de diamètre et 3 mm de profondeur avec un puit témoin, creusés dans des boîtes de pétri contenant le milieu Muller Hinton, après avoir étéensemencées par une suspension bactérienne. Ensuite une incubation à 37°C est faite pendant 18 à 24h. Le diamètre des zones d'inhibition est mesuré à l'aide d'un pied à coulisse (Ait Baziz et Chemali, 2017).

II.2.4.3. Méthode de diffusion sur disque de cellulose

Cette méthode est la plus connue et la plus utilisée, elle consiste en l'ensemencement sur un milieu gélosé, dans une boîte de Pétri, d'une suspension bactérienne. La substance à tester est ensuite imprégnée sur des disques de cellulose, eux-mêmes déposés sur la boîte de pétri avec un disque imprégné d'un solvant qui servira comme témoin négatif. Durant l'incubation, la substance est alors censée diffuser dans la gélose (à la surface et/ou dans la masse) ce qui

créé un gradient de concentration dépendant de la substance. L'activité antibactérienne est évaluée par la mesure de la zone de clarification en mm tout autour des disques (**Ait Baziz et Chemali, 2017**).

II.2.5. Description des bactéries étudiées

a- *Escherichia coli*

C'est un bacille à gram négatif (**Patrick et al., 1988**), de forme non sporulée, de type anaérobie facultative, généralement mobile grâce aux flagelles, sa longueur varie de 2 à 6 μm , alors que sa largeur est de 1,1 à 1,5 μm , de forme non sporulé, aérobie facultative, généralement mobile grâce aux flagelles (**Steven et al., 2004**). Certaines souches sont virulentes, capables de déclencher spécifiquement chez l'homme ou chez certaines espèces animales des infections spontanées des voies digestives ou urinaires ou bien encore des méningites néo-natales (**Patrick et al., 1988**).

b- *Staphylococcus aureus*

Les espèces *Staphylococcus aureus* sont des cocci à Gram positif, de forme sphérique, avec un diamètre de 0.8 à 1 μm . Elles sont regroupées en diplocoques ou en petits amas (grappe de raisin). Ce type de bactéries sont immobiles, a sporulés, habituellement sans capsule. De nombreuses souches de *Staphylococcus aureus* produisent un pigment jaune doré (**Patrick et al., 1988**).

c- *Pseudomonas aeruginosa*

Les espèces *Pseudomonas aeruginosa* sont des bacilles à Gram négatif, ces bactéries fines sont de 1.5 à 3 μm de long et 0.5 à 0.8 μm de large. Elles sont mobiles grâce à une ciliature de type polaire mono triche, ce type de bactéries possède un aspect de « vol moucheron ».

P. aeruginosa ne forme ni spores ni sphéroplastes. Elle est responsable de 10 % de l'ensemble des infections nosocomiales, occupant le 3^{ème} rang après *E. coli* et *S. aureus*, mais le 1^{er} rang pour les infections pulmonaires basses et le 3^{ème} rang pour les infections urinaires (**Richard et Kiredjian., 1995**).

**PARTIE 02:
PARTIE
EXPERIMENTALE**

Chapitre III:

Matériel et méthodes

Ce travail a été effectué dans les laboratoires du département de SNV de l'université Mohammed boudiaf de M'sila pendant une durée de 2 mois : avril –mai 2019 dont le but est d'évaluer le potentiel antioxydant et antibactérien in vitro de deux épices utilisés dans la médecine alternative afin d'objectiver ou d'infirmer ces utilisations traditionnelles.

III.1. Matériel d'étude

III.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude correspond à l'espèce de « *Zingiber officinale* » et de « *Curcuma longa* L » reconnue sous les noms de gingembre et de curcuma respectivement. La partie utilisée est le rhizome, ces rhizomes utilisés dans ce travail sont commercialisés chez les herboristes de la wilaya de M'sila sous forme de rizome frais.

III.1.2. Matériel biologique

- **Milieus de culture utilisés**

Les milieux de culture utilisés pour les différents tests microbiologiques sont les suivants : Bouillon Nutritif (B.N), Gélose Nutritif (G.N) et milieu Mueller Hinton (M.H).

- **Les souches bactériennes**

L'activité antibactérienne des extraits méthanoliques de curcuma et de gingembre a été testée contre:

- ✓ *Escherichia coli* ATCC 8739
- ✓ *Staphylococcus aureus* ATCC 6538
- ✓ *Staphylococcus aureus subsp* ATCC 25923
- ✓ *Salmonella typhimurium* ATCC 14028
- ✓ *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853

Le matériel bactérien utilisé dans cette étude a été reçu de laboratoire pédagogique de microbiologie de l'université de M'sila. Ces souches de référence ont été conservées sous une forme liquide dans des bouillons nutritifs et au réfrigérateur à 4°C de température.

III.1.3. Matériel et réactifs:

- **Produits chimiques**

Les produits chimiques utilisés pour les différentes analyses traitées dans ce chapitre sont résumés dans ce qui suit : 1, 1-diphényl-2-picryl-hydrazyl (DPPH), acide ascorbique, méthanol, diméthyl-sulfoxyde (DMSO),

- **Appareillage**

Evaporateur rotatif ; Mortier et pilon, broyeur domestique ; Papier filtre ; Autoclave ; Spectrophotomètre ; Balance ; Etuve ; Vortex ; Boite pétri ; Bêchers ; pipettes et micropipettes, Tubes à essai stériles ; Bec bunsen.

III.2. Méthodologie

- **Séchage des plantes:**

Au laboratoire, les racines du gingembre et du curcuma ont été triées, bien lavés avec de l'eau de robinet et de l'eau distillée, ces racines sont découpées en fines tranches d'épaisseur d'environ 0.5 cm, les rhizomes sont séchés à l'air libre pendant deux semaines.



Figure 19: Photographie des tranches du gingembre (**origine**).

- **Broyage :**

Après le séchage, les rhizomes secs de gingembre et curcuma sont broyés à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. Puis ces poudres ont été conservées dans des boîtes en plastiques alimentaires, hermétiquement scellées, à l'abri de la lumière et de l'humidité pour des analyses ultérieures.



Figure 20: Etape photographique de préparation de la poudre du gingembre et de la poudre du curcuma (**origine**); (**A**): Rhizomes de gingembre, (**B**): Rhizomes de curcuma, (**C**): Broyeur, (**D**): La poudre du gingembre, (**E**): La poudre du curcuma.

III.3.Préparations de l'extrait méthanolique

L'extrait méthanolique est préparé par dissolution de 10g de la matière végétale (la poudre fine de *Zingiber officinale* préparé et de *Curcuma longa L* préparé) dans 100 ml de méthanol (dans un becher bien couvert à l'aide d'un papier aluminium) et laisser sous agitation à 4h, Chaque extrait a été ensuite maintenu pendant 24 h à 4°C, l'opération est répétée deux fois, filtrer sur un papier filtre Wathman n°1 (la préparation est effectuée dans une fiole bien couverte de papier parafilm et de papier aluminium). Enfin, conserver les extraits au réfrigérateur à 4 °C jusqu'à leur utilisation.

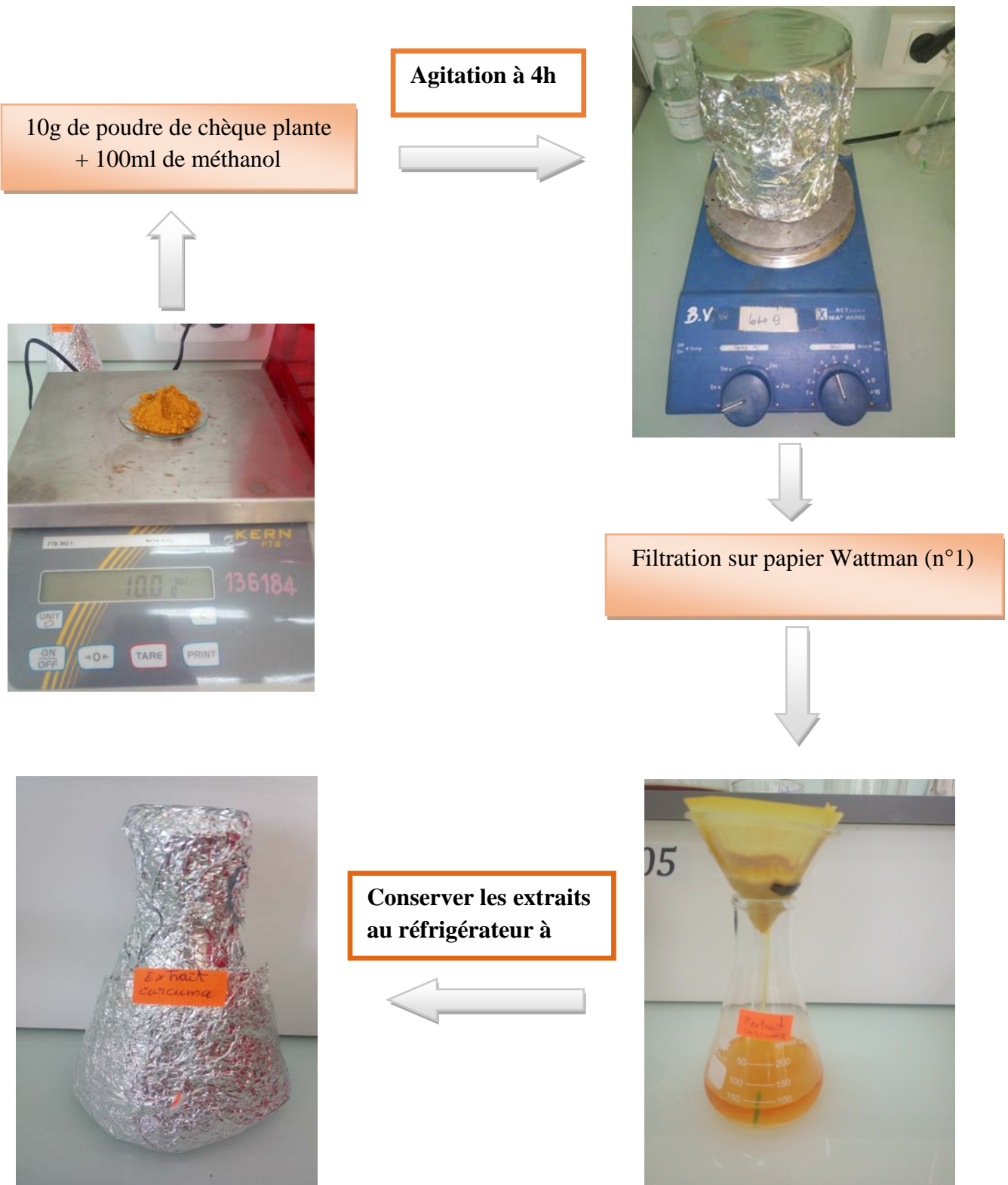


Figure 21: Etapes de préparations des extraits méthanoliques de « *Zingiber officinale* » et de « *Curcuma longa* » (**origine**).

III.4.Évaporation

- **Protocole :**

Les deux extraits obtenus ont été évaporés à l'aide d'un évaporateur rotatif, ou rotavap qui permet à éliminer le solvant sous vide.

Le protocole d'évaporation est le suivant :

- Placer la solution dans le ballon d'évaporation ;
- Procéder à l'évaporation jusqu'à disparition complète du solvant ($T^{\circ} = 45\text{ C}^{\circ}$ et vitesse de rotation = 3);
- Retirer le ballon du rotavap et attendre qu'il soit froid ;
- Peser le ballon afin de calculer le rendement d'extraction;
- L'extrait méthanolique brut de rhizome de gingembre et l'extrait méthanolique brut de rhizome de curcuma obtenues sont récupéré dans des boites de pétri en verre.

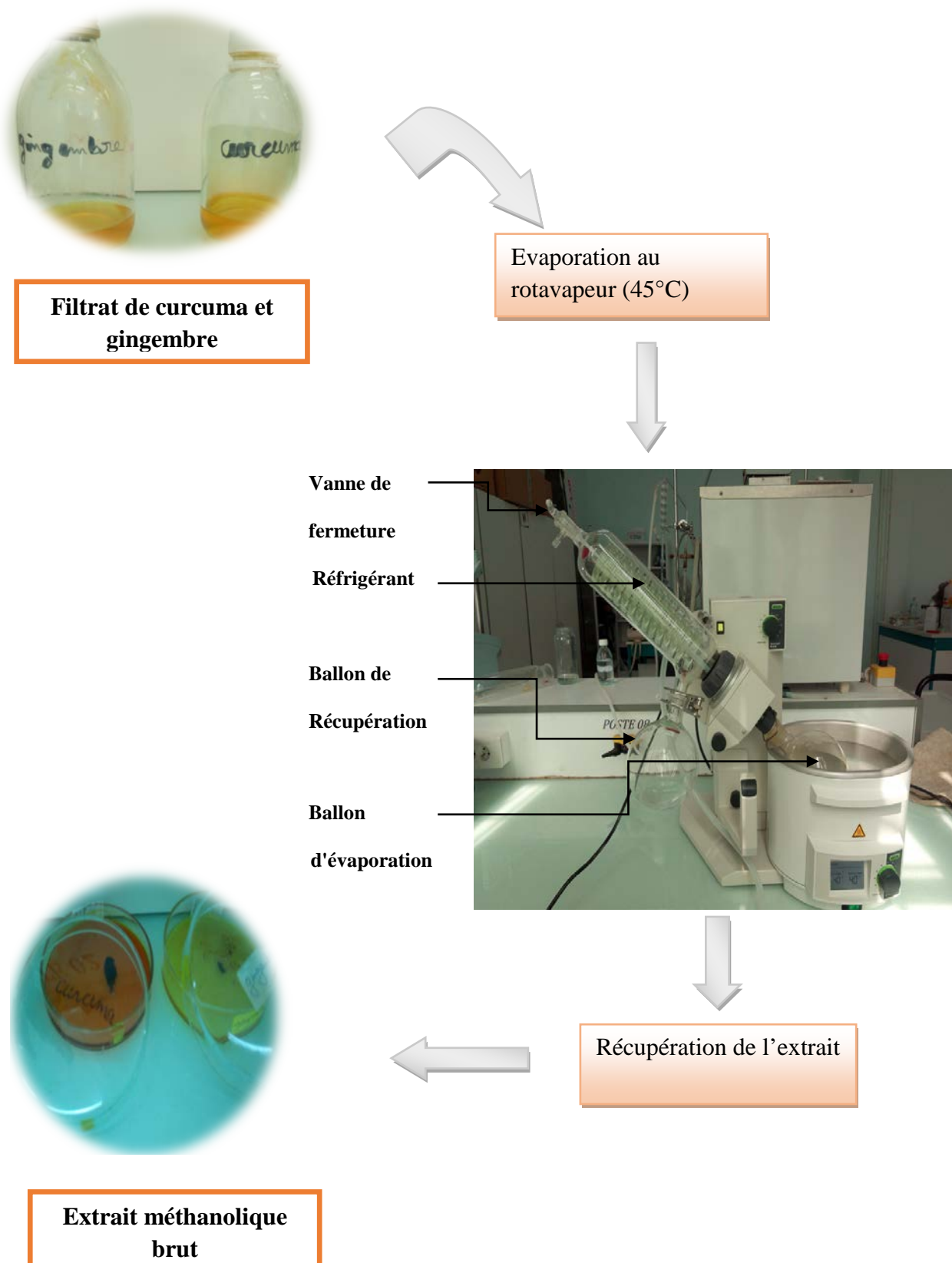


Figure 22: Evaporation du l'extrait dans un évaporateur rotatif et récupération de l'extrait méthanolique brut de gingembre et l'extrait méthanolique brut de curcuma (**origine**)

- **Principe :**

Le principe du rotavapor est basé sur la distillation du macérât sous vide. Le mode d'emploi de cet appareil est le suivant (xiii):

- Placer le macérât à évaporer dans le ballon d'évaporation ;
- Mettre ensuite le ballon d'évaporation sous rotation ;
- Ouvrir le robinet d'eau froide relié au réfrigérant ;
- Fermer ensuite la vanne reliant le montage à la pression extérieure (vanne de fermeture) et faire le vide à l'intérieur de l'appareillage à l'aide d'une trompe à eau ;
- Si l'évaporation n'est pas assez rapide, plonger le ballon d'évaporation contenant le macérât à évaporer dans le bain marie d'eau chaude ;
- Procéder à l'évaporation jusqu'à disparition complète du solvant ;
- Ouvrir la vanne de fermeture pour remettre la pression atmosphérique à l'intérieur du dispositif ;
- Enfin, couper l'eau du réfrigérant et de la trompe à eau.

- **Rendement de l'extrait brut**

Le rendement de l'extrait brut est défini comme étant le rapport entre la masse de l'extrait sec obtenue et la masse du matériel végétal traité. Ce rendement est calculé via l'équation :

$$R(\%) = (M_e / M_v) \times 100$$

R(%) : Rendement en %

Me : Masse de l'extrait après l'évaporation du solvant

Mv : Masse de la matière végétale utilisée pour l'extraction (**Harborne, 1998**).

III.5. Préparation des dilutions

III.5. 1. Préparation de série de dilution de l'extrait méthanolique:

Nous avons préparé une gamme de dilution en partant de la solution mère (l'extrait méthanolique de gingembre et l'extrait méthanolique de curcuma). Des séries de dilutions ont été préparées dans des tubes à essai de 12 ml (12 tubes stériles à l'aide de l'autoclave à température de 120°C à 20 min, 6 tubes de dilution pour le gingembre et 6 tubes de dilution pour le curcuma) déjà identifiés selon l'ordre suivant :

- Les 02 premiers tubes (SM): qui contiennent la solution mère (l'extrait méthanolique de gingembre et l'extrait méthanolique de curcuma).
- les 02 deuxièmes tubes (10^{-1}): dans chacun, 0.5ml de solution mère a été ajouté à 4.5ml de méthanol puis bien mélangé à l'aide de vortex.
- Les 02 troisièmes tubes (10^{-2}): dans chacun, 0.5ml des solutions (10^{-1}) ont été additionné à 4.5ml de méthanol puis bien vortexer.

Nous avons procédé selon les mêmes étapes pour les autres tubes jusqu'aux dilutions (10^{-5}).

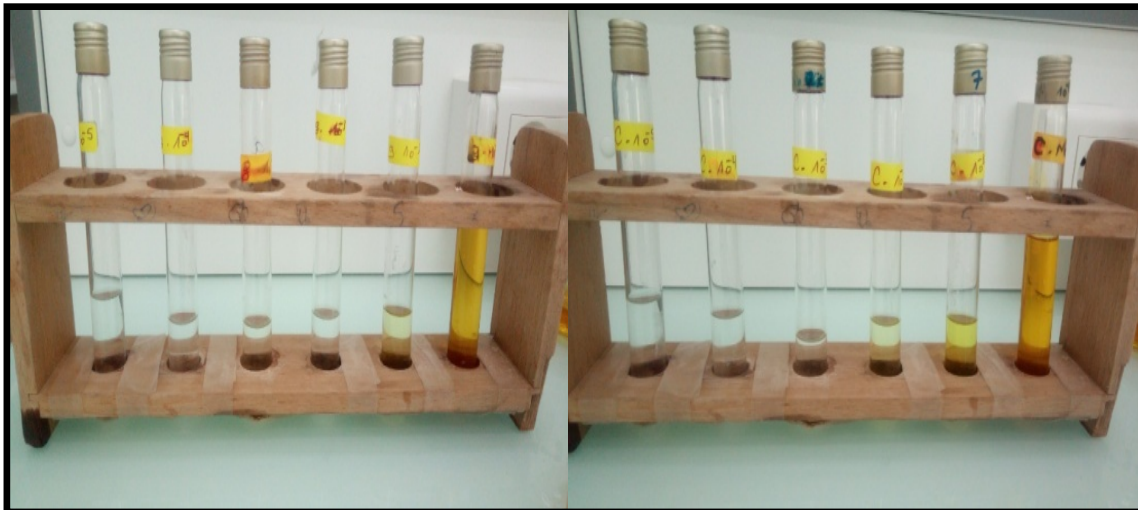


Figure 23: Préparation des séries de dilution de gingembre et de curcuma (**origine**).

III.5.2. Préparation des solutions de DMSO et de leurs séries de dilution à partir de l'extrait méthanolique brut:

Nous avons préparé la solution mère à partir de la solubilisation de 100 mg de chaque extrait méthanolique brut de gingembre et l'extrait méthanolique brut de curcuma (secs sous

forme de poudres) dans 1ml de diméthylsulfoxyde (DMSO) puis nous avons bien mélangé à l'aide d'un vortex. Des séries de dilutions ont été préparées dans des tubes secs, nous avons identifié les tubes selon l'ordre suivant :

Pour chaque plante

- Un premier tube (SM): qui contient la solution mère préparée.
- Un deuxième tube (1/10): 0.1 ml de la solution mère a été ajouté à 0.9 ml de DMSO pour atteindre un volume total de 1ml à l'aide d'une pipette et bien mélanger à l'aide de vortex.
- Un troisième tube (2/10): 0.2 ml de la solution mère a été ajouté à 0.8 ml de DMSO jusqu'à atteindre un volume totale de 1ml puis bien mélanger à l'aide de vortex.
- Un quatrième tube (3/10): 0.3 ml de la solution mère a été à 0.7 ml de DMSO jusqu'a 1ml de volume total et bien mélangé à l'aide d'un vortex.
- Cinquième tube (4/10): 0.4 ml de la solution mère a été ajouté à 0.6 ml de DMSO et bien mélanger à l'aide de vortex.

Ces dilutions dans le DMSO sont préparées exclusivement pour étudier l'activité antibactérienne.



Figure 24: Préparation des dilutions de DMSO pour l'activité antimicrobienne (**origine**).

III.6. Evaluation de l'activité antioxydant

III.6. 1. Test de piégeage du radical libre DPPH

a. Principe:

Le radical 2,2-Diphényle-1-picrylhydrazyl (DPPH[•]) est généralement le substrat le plus utilisé pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale libre et la simplicité de l'analyse (Bozin *et al.*, 2008). A température ambiante, le radical DPPH[•] présente, en solution alcoolique, une intense coloration violette qui disparaît au contact d'une substance donneuse de protons (figure). Cette décoloration met en évidence le pouvoir antiradicalaire d'un échantillon par sa capacité à piéger le radical libre et se traduit par une diminution de l'absorbance à 517 nm (Masuda *et al.*, 1999).

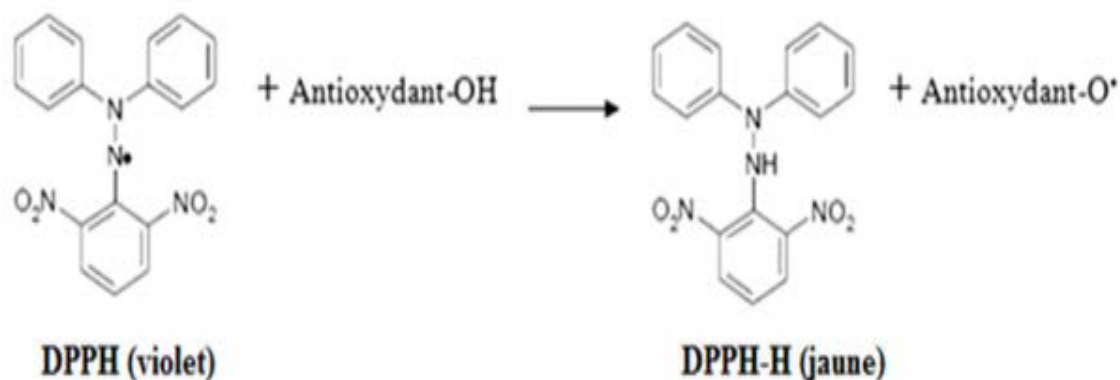


Figure 25: Réaction de test DPPH (2,2-Diphényle-1-picrylhydrazyl) (Congo, 2012).

b. Protocole :

Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical DPPH.

- **La préparation de la solution méthanolique du DPPH:**

Dans une fiole, la solution méthanolique du DPPH a été préparé par dissolution de 2mg de DPPH dans 50 ml de méthanol, couvrir bien la fiole avec du papier aluminium et agiter à l'aide d'un agitateur magnétique. Des séries de dilutions ont été préparées dans des tubes secs déjà identifiés selon l'ordre suivant :

- Le premier tube (SM): qui contient la solution mère : la solution méthanolique du DPPH préparé.

- Le deuxième tube (10^{-1}): 0.5ml de solution mère préparé a été ajouté dans le tube à l'aide d'une pipette, 4.5ml de méthanol a été ajouté puis le tout a été bien mélangé à l'aide d'un vortex.
- Le troisième tube (10^{-2}): 0.5ml de solution (10^{-1}) a été ajouté dans le tube à l'aide d'une pipette, 4.5ml de méthanol a été ajouté puis on a bien mélangé à l'aide d'un vortex.

C'est le même travail pour les autres tubes jusqu'à une dilution de l'ordre de 10^{-5}

- **La préparation de la solution méthanolique de l'acide ascorbique :**

Dans un bécher la solution méthanolique de l'acide ascorbique est préparé par dissolution de 1g de l'acide ascorbique dans 10ml de méthanol et agiter à l'aide d'un agitateur magnétique. Des séries de dilutions ont été préparées dans des tubes secs déjà identifiés selon l'ordre suivant :

- le premier tube (SM): qui contient la solution mère : la solution méthanolique de l'acide ascorbique préparé.
- le deuxième tube (10^{-1}): 0.5ml de la solution mère préparé a été ajouté à 4.5ml de méthanol dans un tube à essai et bien mélangé à l'aide de vortex.
- Le troisième tube (10^{-2}): 0.5ml de solution (10^{-1}) a été ajouté à 4.5ml de méthanol puis bien mélangé à l'aide d'un vortex.

Les mêmes étapes ont été refaites pour les autres tubes jusqu'à la dilution (10^{-5}).

- **Le dosage:**

Protocole de l'étude de l'activité antioxydante :

- ✓ 1 ml de la solution méthanolique du DPPH a été ajouté à 1ml de chaque dilution de la solution méthanolique de gingembre et de curcuma (SM, 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}).
- ✓ Le contrôle positif a été préparé, en mélangeant 1ml de la solution méthanolique de DPPH avec 1ml de chaque dilution de la solution méthanolique du l'acide ascorbique (SM, 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}).
- ✓ Le contrôle négatif a été préparé, en parallèle, en mélangeant 1ml de méthanol avec 1ml de chaque dilution de la solution méthanolique de DPPH (SM, 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}).
- ✓ l'incubation à l'obscurité pendant 30 min à température ambiante.

- ✓ Préparation d'un blanc en mélangeant 1 ml de méthanol avec 1 ml de l'eau distillé (le blanc sert à régler le spectrophotomètre // DO= 0.00).
- ✓ Les absorbances sont mesurées à 517 nm.



Figure 26: Préparation de la solution méthanolique d'extrait pour l'étude de l'activité antioxydante (**origine**).

c. Expression des resultants

- **Calcul des pourcentages d'inhibition**

Les résultats sont exprimés en pourcentages d'inhibition du DPPH (I%), calculés selon la formule suivante :

$$PI = (D.O \text{ contrôle} - D.O \text{ extrait} / D.O \text{ contrôle}) \times 100$$

PI : Pourcentage d'inhibition du DPPH.

D.O *contrôle* : Absorbance du contrôle négatif.

D.O *extrait* : Absorbance de l'extrait.

III.6.2. Calcul des concentrations efficaces " IC50 "

La valeur IC50 est la concentration qui assure la réduction de 50 % du DPPH, déterminée graphiquement pour chaque extrait à partir de la courbe du pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration d'extrait (**Samarth et al., 2008**).

III.7. Evaluation de l'activité antibactérienne

Les tests de sensibilité et résistance antimicrobienne ont été effectués selon la méthode de diffusion des disques (Rota et al., 2008).

III.7.1. Test de l'activité antibactérienne

a-Principe:

Le principe de l'activité antimicrobienne des extraits de plantes consiste à réaliser une culture microbienne sur milieu Muhler Hinton (MH), en présence de disques imbibés d'extrait de plante. Si ces derniers ont une activité antimicrobienne, on observera une zone d'inhibition autour du disque.

b-Protocole:

- **Stérilisation du matériel**

L'eau distillée, les disques, les tubes à essai utilisés dans la préparation des suspensions bactériennes (Inoculum) ainsi que dans la préparation des dilutions de nos échantillons, ont été stérilisés à l'autoclave à 121°C pendant 15 min.

- **Souches bactériennes testées**

Les cinq (5) espèces bactériennes utilisées dans notre travail sont des souches de référence ATCC, qu'elles représentent les espèces à Gram positif et à Gram négatif et disponibles au sein de notre laboratoire de microbiologie de la faculté SNV. Les différentes souches sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 05: Liste des souches bactériennes utilisées pour l'évaluation des activités antimicrobiennes de l'extrait méthanoliques de gingembre et de curcuma.

Souches	Gram	Référence	Etat frais
<i>Escherichia coli</i>	Négatif	ATCC 8739	Bacille
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		ATCC 27853	
<i>Salmonella typhimurium</i>		ATCC 14028	
<i>Staphylococcus aureus</i>	positif	ATCC 6538	Cocci
<i>Staphylococcus aureus subsp</i>		ATCC 25923	

- **Revivification des souches**

Les souches bactériennes ont été revivifiées et repiquées dans le bouillon nutritif, puis incubées à des températures optimales de développements (37°C) pendant 18 heures.

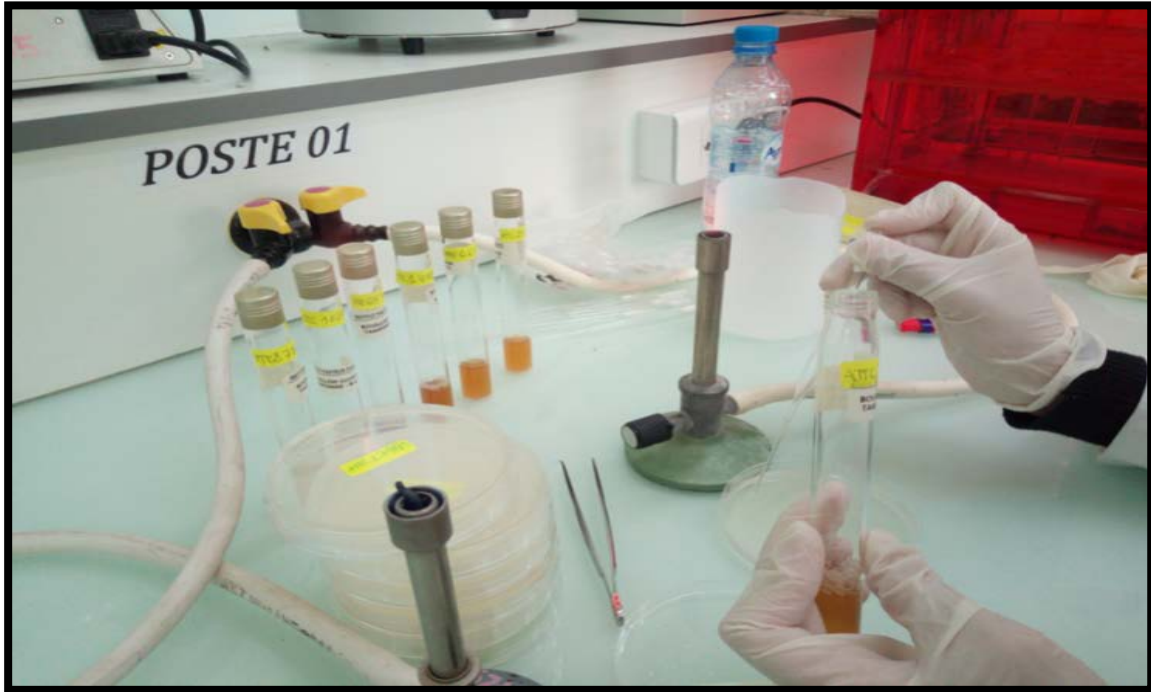


Figure 27: Revivification des souches bactériennes et préparation de l'inoculum (origine).

- **Préparation de l'inoculum**

Chaque espèce est ensemencée (stries larges) au préalable sur une gélose nutritive puis incubées à 37°C pendant 24h, pour l'obtention d'une colonie jeune. Par la suite, des suspensions troubles de ces souches seront réalisées en prélevant 3 à 5 colonies jeune, bien isolées et identiques. Tremper dans 5 ml d'eau distillée stérile puis on agite au vortex a fin d'avoir une turbidité cellulaire (1 à 2×10^8 UFC/ml) correspondant à une densité optique DO entre 0,08 à 0,12 lue à 625 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

- **Préparation des milieux de culture**

La gélose de Muller -Hinton (milieu spécifique pour la réalisation de l'antibiogramme chez les bactéries) prête à l'usage a été coulée, une quantité équivalente à 13 ou 15 ml dans des boites de pétrie stériles. Laisser les boites entrouvertes devant la flamme jusqu'à complète solidification avant leur emploi.

- **Ensemencement**

Les boîtes de pétrie préalablement coulées, après avoir introduit un écouvillon stérile dans chaque inoculum et étaler la gélose de Muller –Hinton. L'écouvillon doit passer 2 à 3 fois sur toute la surface de manière à obtenir un ensemencement homogène. Laisser sécher les boîtes 10 minutes avant de déposer les disques.

- **Préparation des disques**

Des disques (en papier filtre type Wattman N°1) stériles de 6mm de diamètre ont été déposés stérilement à l'aide d'une pince sur la boîte ensemencée, les disques sont préalablement imbibés de 10µl de chaque dilution de l'extrait brut de *Zingiber officinale* et de *Curcuma longa L.*, à la surface de la gélose Muller –Hinton pour les bactéries. Placer les boîtes de pétri à basse température (+4°C) pendant 2h afin de permettre aux extraits de diffuser dans la gélose avant que les bactéries ne commencent à se multiplier ; Retirer les boîtes du réfrigérateur et les placer à l'étuve, à la température optimale de croissance du germe à étudier (37 °C) pendant 24 h.

c- Lecture des résultats

Après 24 heures d'incubation, mesurer à l'aide d'une règle graduée le diamètre d'inhibition des bactéries autour des disques. Le diamètre (mm) de la zone entourant le disque est proportionnel à la sensibilité du germe étudié.

Chapitre IV:

Résultats et discussion

IV.1. Résultats

IV.1.1. Rendements

Les extraits bruts récupérés après évaporation à sec ont été pesés pour déterminer le poids sec résultant. Le rendement a été déterminé par rapport à 10g de matériel végétal sec. Les résultats ont été exprimés en pourcentage massique.

Nous constatons que l'extrait méthanolique brut du *Curcuma longa* enregistre un très fort rendement de l'ordre de 94%. Ce rendement est d'autant plus élevé par rapport à l'extrait de *Zingiber officinale* à raison de 80%. Les différents extraits ont présentés un aspect poudre de rouge orangé (curcuma) ou beige (gingembre) et une solubilité dans l'eau distillée. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure ci dessous.

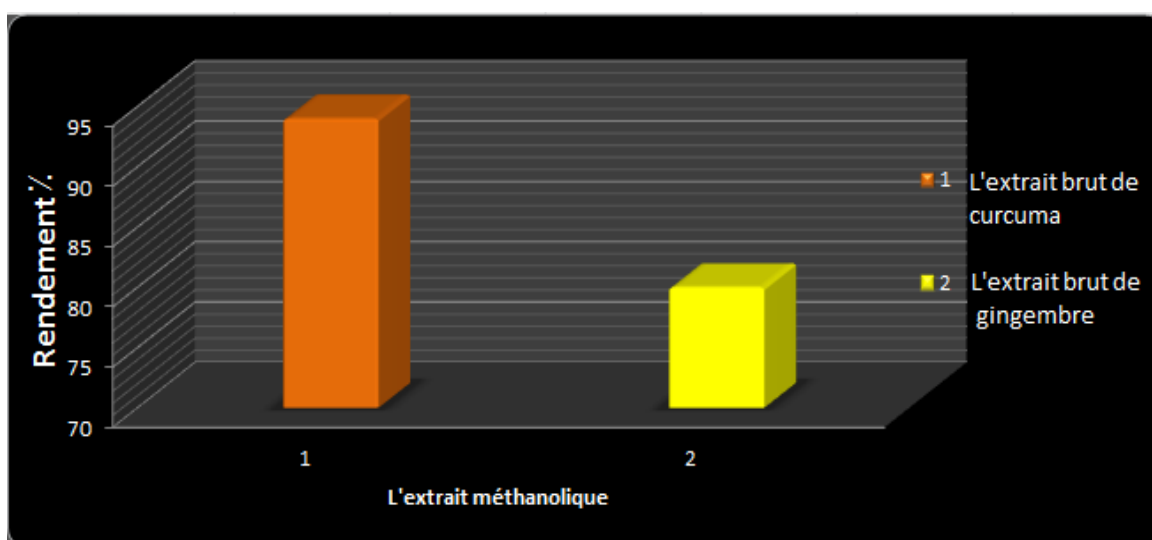


Figure 28: Rendements des extraits des rhizomes de *Z. officinale* et *curcuma longa*

IV.1.2. Etude de l'activité antioxydante

La mise en évidence du pouvoir antioxydant des extraits des 02 plantes étudiées a été réalisée par la technique chimique de piégeage du radical libre DPPH et exprimée en pourcentage d'inhibition (I%).

L'activité anti-radicalaire est mesurée selon le protocole décrit par (Blois, 1958) modifié.

IV.1.2.1. Méthode de DPPH

Au départ, le DPPH est sous sa forme 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl radicalaire. Ce radical a une couleur violette en raison de l'électron non apparié et de l'azote. Après réaction avec l'atome d'oxygène d'un capteur de radicaux, le DPPH-H réduit (2,2-diphényl-1-picrylhydrazin) sera transformé en jaune.

Une simple observation des tubes contenant la solution de DPPH après avoir ajouté les solutions mères des 02 extraits ainsi leurs dilutions à permis de constater des changements de couleurs surtout dans les 03 premier tubes (SM ; D1 ; D2) dont une disparition totale de la couleur violette de DPPH passant du violet au jaune pour les deux types d'extraits étudiés, tandis que le reste des tubes à garder la couleur violette mais cette fois ci elle est plus claire par rapport à la solution mère de DPPH.

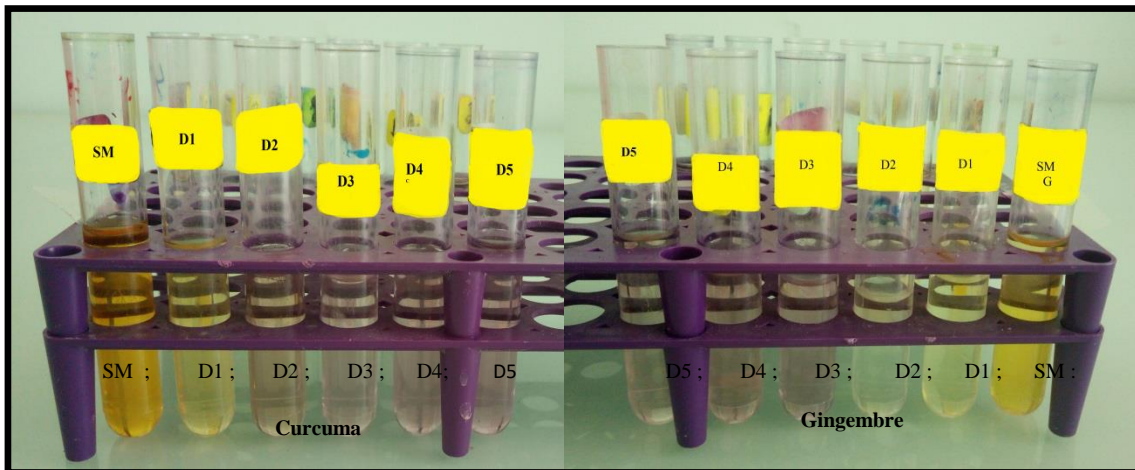


Figure 29: Virage de couleur de DPPH montrant l'activité antioxydante des extraits des deux plantes "*Curcuma longa* et *Z. officinale*"

La lecture des absorbances à 517 nm ainsi que le calcul des Pourcentage d'inhibition (I%) pour nos différentes solutions ainsi pour leurs dilutions sont représentées sur le tableau ci-dessous

Tableau 06: valeurs de DO et d'I% des différentes solutions étudiées ainsi que leurs dilutions:

	solution	Dilution(mg/ml)					
		SM (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		100 (mg/ml)	100×10 ⁻¹ (mg/ml)	100×10 ⁻² (mg/ml)	100×10 ⁻³ (mg/ml)	100×10 ⁻⁴ (mg/ml)	100×10 ⁻⁵ (mg/ml)
Absorbance à517nm	Control négatif (solution méthanolique de DPPH)	0.883	0.780	0.672	0.573	0.505	0.403
	Control positif (solution méthanolique de DPPH- l'acide ascorbique)	0.094	0.099	0.130	0.187	0.256	0.353
	(solution méthanolique de DPPH- curcuma)	0.208	0.256	0.376	0.462	0.480	0.398
	(solution méthanolique de DPPH- gingembre)	0.167	0.230	0.356	0.421	0.401	0.404
Pourcentage d'inhibition du DPPH%	Control positif (solution méthanolique de DPPH- l'acide ascorbique)	89.01	87.3	80.65	67.36	49.3	12.4
	(solution méthanolique de DPPH- curcuma)	76.44	67.17	41.11	19.37	4.95	1.24
	(solution méthanolique de DPPH- gingembre)	81.08	70.51	47.02	26.52	20.9	0.49

- **Le pouvoir réducteur de l'extrait de *Curcuma longa* et *Z.officinale* sur le DPPH :**

Les valeurs obtenues ont permis de tracer des courbes pour pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de concentration des échantillons (le contrôle positif et les extraits des 02 plantes).

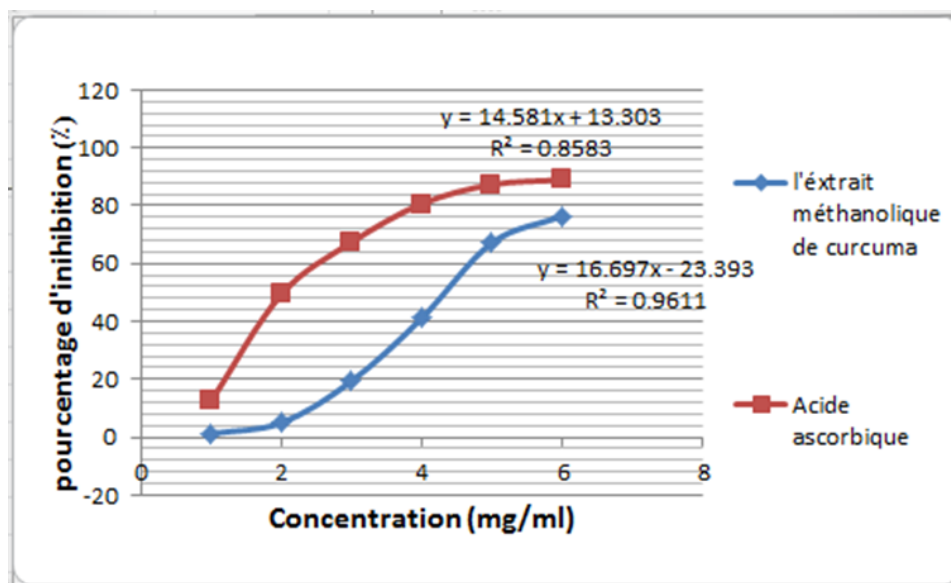


Figure 30: Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration de l'acide ascorbique et l'extrait méthanolique de curcuma.

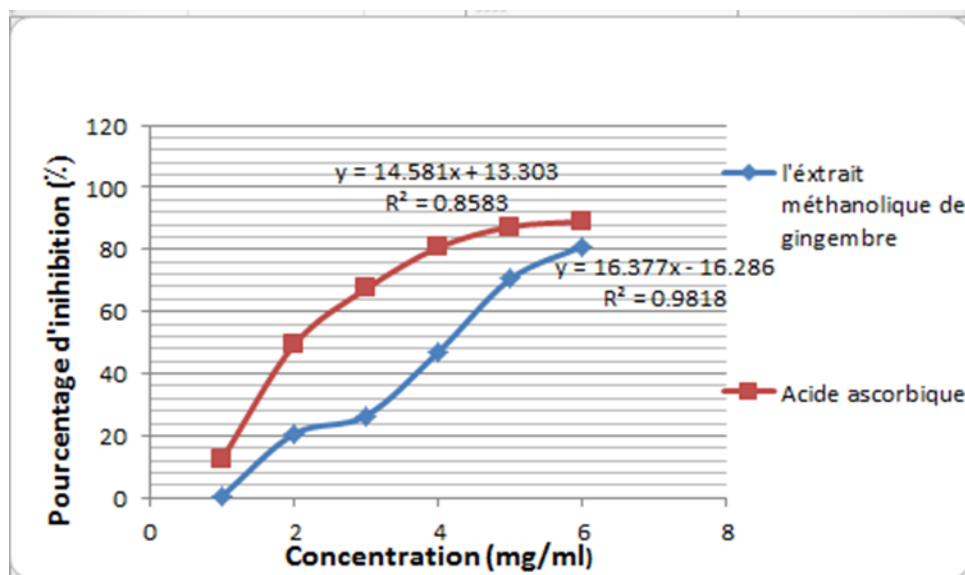


Figure 31: Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration de l'acide ascorbique et l'extrait méthanolique de gingembre.

Les IC₅₀ a été déterminée graphiquement à partir des graphes représentant les pourcentages d'inhibition en fonction de la concentration. Les résultats sont rassemblés dans le tableau

Tableau 07: Valeurs des concentrations efficaces IC50 de l'activité antiradicalaires.

L'extrait	Concentration efficace IC50 (mg/ml)
Acide ascorbique	2.51
curcuma	4.39
gingembre	4.04

D'après les courbes illustrées précédemment, on remarque que le pourcentage d'activité antioxydant augmente avec l'augmentation de la concentration pour tous les extraits de curcuma et aussi pour le gingembre. Il semble que l'activité antiradicalaire est fortement dépendante aux concentrations des extraits de curcuma et gingembre, Plus l'extrait est concentré, plus le pourcentage d'activité est élevé ; donc les profils d'activité antiradicalaire obtenus révèlent que les extraits de *Z. officinale* et *curcuma longa* L possèdent une activité antiradicalaire dose dépendante,

Le pourcentage d'inhibition du radical varie selon le produit examiné. Un fort pourcentage d'inhibition est obtenu avec la vitamine C (89.01%), un pourcentage de (81.08%) est obtenu avec l'extrait de gingembre et un pourcentage de (76.44%) est obtenu avec l'extrait de curcuma pour une concentration de 100 mg/ml d'extrait de chaque plante étudiés ainsi que pour l'acide ascorbique.

IV.1.3. Etude de l'activité antimicrobienne

L'activité antibactérienne des extraits de *Curcuma longa* L et de *Z. officinale* a été testée vis-à-vis cinq souches bactériennes (*E.coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus aureus subsp*, *Pseudomonas aeroginosa* et *Salmonella typhymurium*) via la méthode de diffusion sur disques. L'activité des plantes étudiées a été évaluée par la présence ou l'absence d'inhibition de la croissance bactérienne. La présence de l'activité antibactérienne est traduite par l'apparition des zones claires autour de disque imbibés de 10µl d'extraits de la plante et de chaque dilution de l'extrait brut, l'absence de l'inhibition se traduit par l'absence des zones claires autour des disques. Le diamètre de zone claire ou zone d'inhibition varient en fonction de la souche testée, la nature et la dose de la substance active présente dans les extraits. Les résultats sont interprétés selon quatre niveaux d'activité (Bouharb et al., 2014) :

- $D < 8$ mm : bactérie non sensible ;
- $9 < D < 14$ mm : bactérie sensible ;
- $15 < D < 19$ mm : bactérie très sensible et
- $D > 20$ mm : bactérie extrêmement sensible.

Les diamètres des zones d'inhibition de la croissance bactérienne induite par tous les extraits sont regroupés dans le tableau ci-dessous

Tableau 08: Activité antibactérienne des extraits méthanolique de *Curcuma longa* et *Z. officinale* diluées par méthanol (**origine**).

Diamètre de zones d'inhibition en mm								
Gram	Souche bactérienne	Extrait méthanolique	Dilution(mg/ml)					
			SM (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
			100 (mg/ml)	100×10 ⁻¹ (mg/ml)	100×10 ⁻² (mg/ml)	100×10 ⁻³ (mg/ml)	100×10 ⁻⁴ (mg/ml)	100×10 ⁻⁵ (mg/ml)
Négatif	<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	Curcuma	17	16	16	14	12	12
		Gingembre	19	17	16	15	13	13
	<i>Salmonella Typhymurium</i> ATCC 14028	Curcuma	18	14	13	12	12	9
		Gingembre	18	15	14	12	11	9
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	Curcuma	17	14	14	13	12	9
		Gingembre	18	17	16	12	8	7
Positif	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	Curcuma	-	-	-	-	-	-
		Gingembre	-	-	-	-	-	-
	<i>Staphylococcus aureus subsp</i> ATCC 25923	Curcuma	10	9	8	7	-	-
		Gingembre	21	18	14	13	-	-

Tableau 09: Activité antibactérienne des extraits méthanolique de *Curcuma longa* et *Z. officinale* diluées par DMSO (origine).

Diamètre de zones d'inhibition en mm							
Gram	Souche bacterienne	Extrait Dillué par DMSO	Dilution (mg/ml)				
			Par DMSO				
			SM (1)	(2)	(3)	(4)	(5)
			100 (mg/ml)	100×4/10 (mg/ml)	100×3/10 (mg/ml)	100×2/10 (mg/ml)	100×1/10 (mg/ml)
Négatif	<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	Curcuma	9	9	8	6.2	-
		Gingembre	10.3	10	10	9	9
	<i>Salmonella</i> <i>Typhimurium</i> ATCC 14028	Curcuma	11	11	10.7	10.5	10
		Gingembre	15	11	9	7	8.5
	<i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i> ATCC 27853	Curcuma	10.5	10	9.5	9.2	8.5
		Gingembre	12	11	11	10	9
Positif	<i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i> ATCC 6538	Curcuma	10	10	9.5	9.3	7.5
		Gingembre	11	11	10.5	9.7	9
	<i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i> subsp ATCC 25923	Curcuma	11	10	9	8.7	8
		Gingembre	15	10.5	10	9.7	9

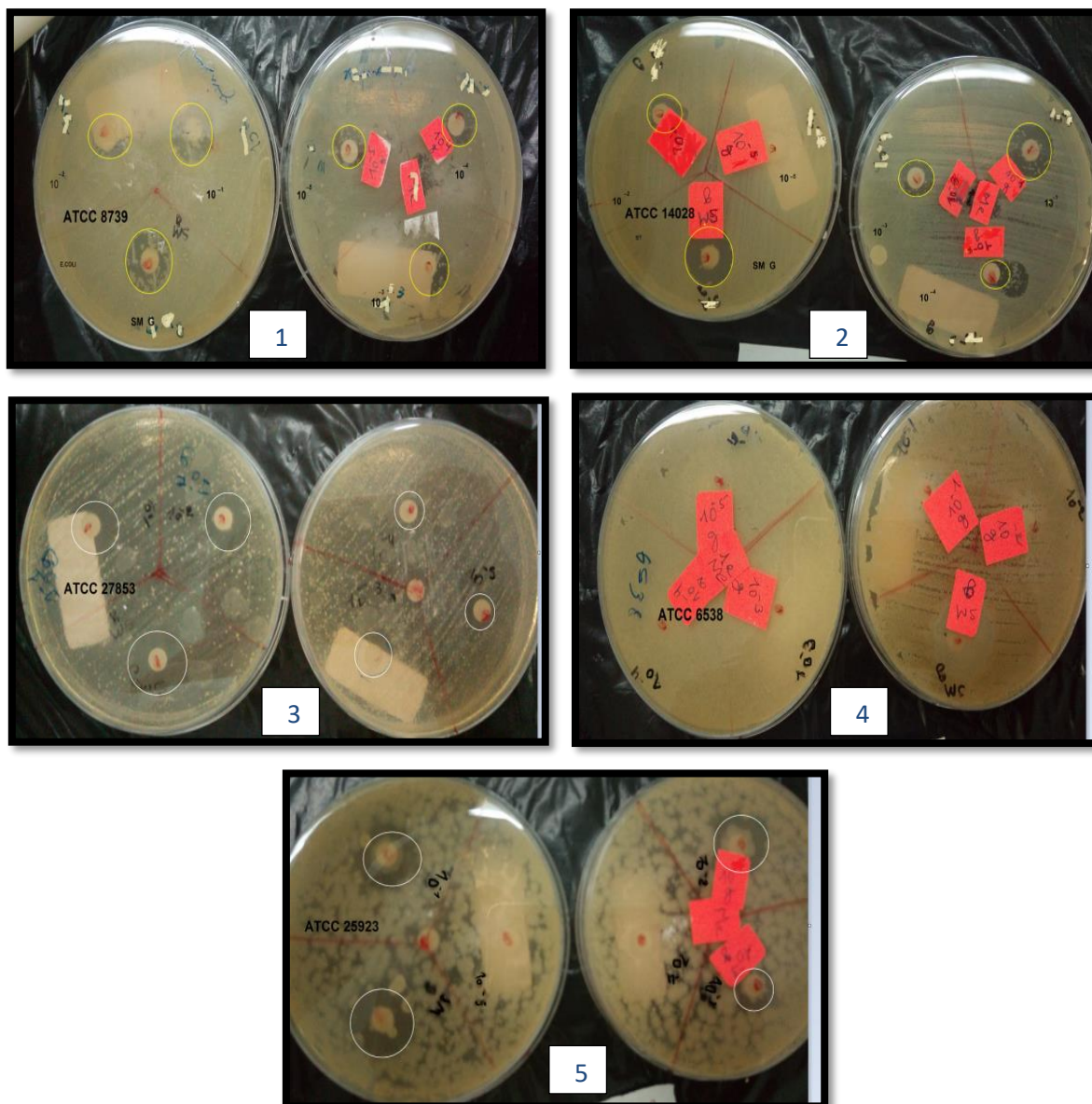


Figure 32: Les zones d'inhibition obtenues avec l'extrait méthanolique du *Z.officinale* sur les différentes souches bactériennes testées par la méthode des disques de diffusion:

(1) *Escherichia coli*; (2) *Salmonella typhimurium*; (3) *Pseudomonas aeruginosa*; (4) *Staphylococcus aureus* ;

(5) *Staphylococcus aureus subsp*

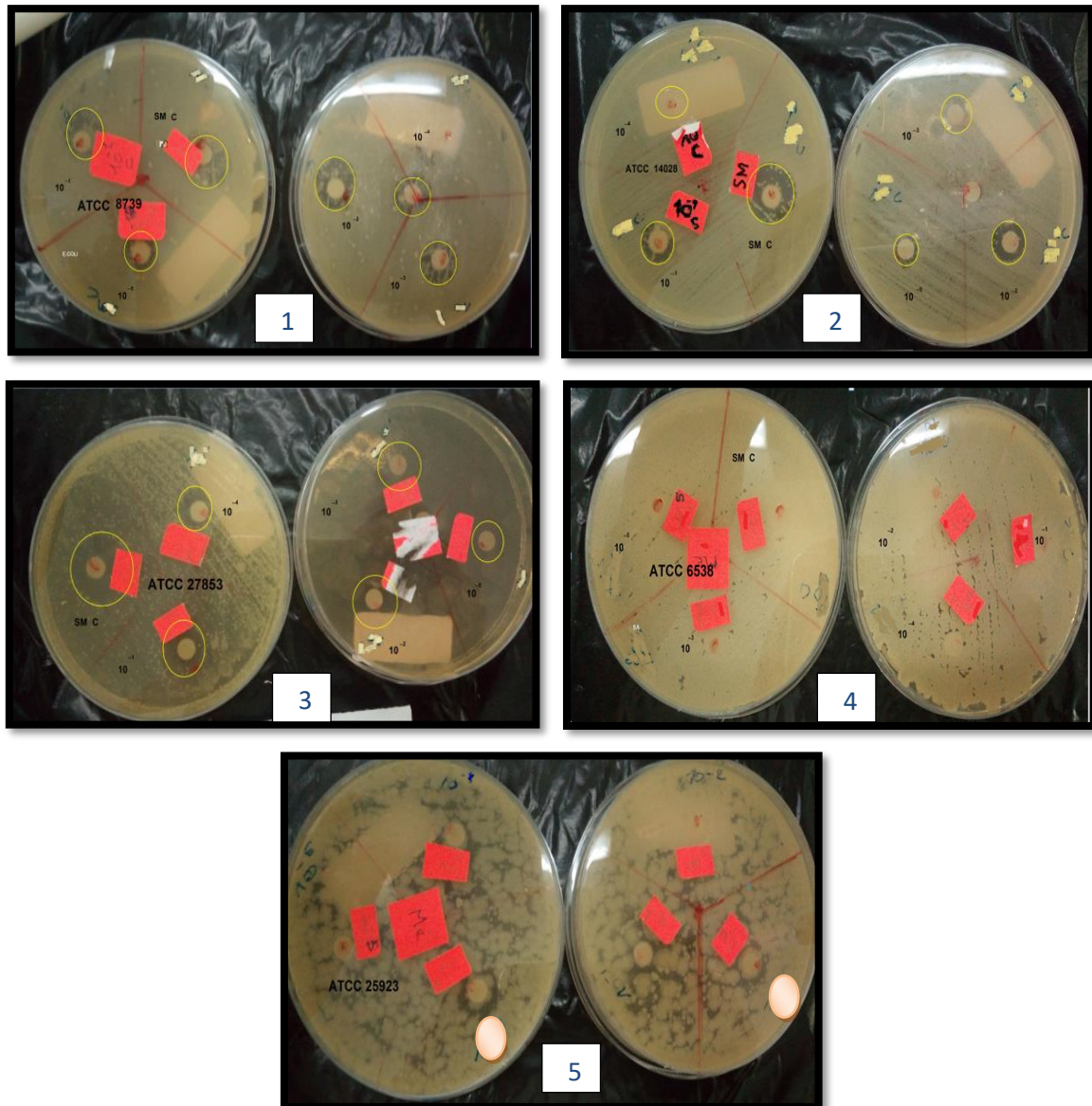


Figure 33: Les zones d'inhibition obtenues avec l'extrait méthanolique du *Curcuma longa* sur les différentes souches bactériennes testées par la méthode des disques de diffusion:

(1) *Escherichia coli*; (2) *Salmonella typhimurium*; (3) *Pseudomonas aeruginosa*; (4) *Staphylococcus aureus*;

(5) *Staphylococcus aureus* subsp

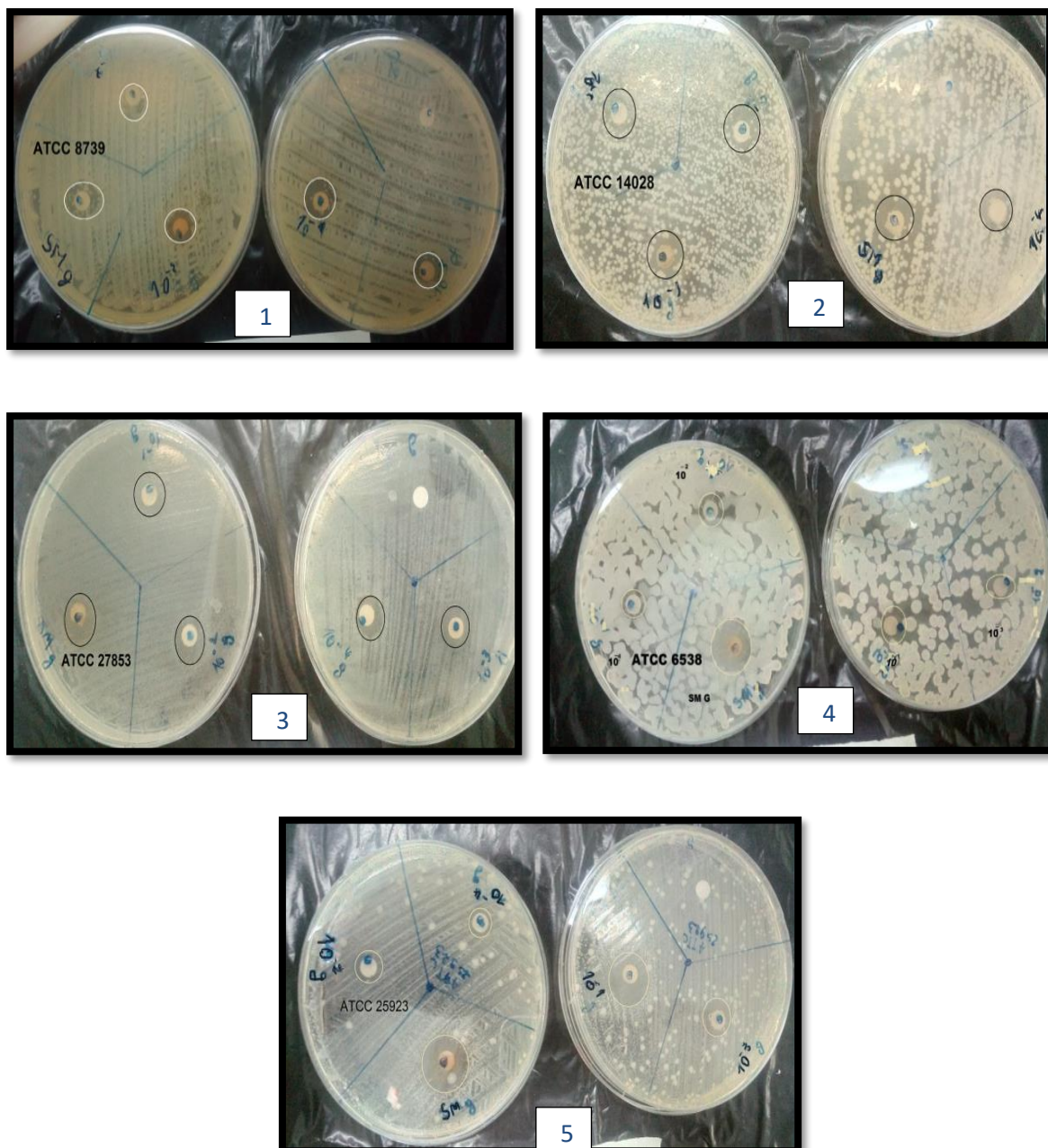


Figure 34: Les zones d'inhibition obtenues avec l'extrait brut du *Z. officinale* dilué dans le DMSO sur les différentes souches bactériennes testées par la méthode des disques de diffusion:

(1) *Escherichia coli*; (2) *Salmonella typhimurium*; (3) *Pseudomonas aeruginosa*; (4) *Staphylococcus aureus*;

(5) *Staphylococcus aureus subsp.*

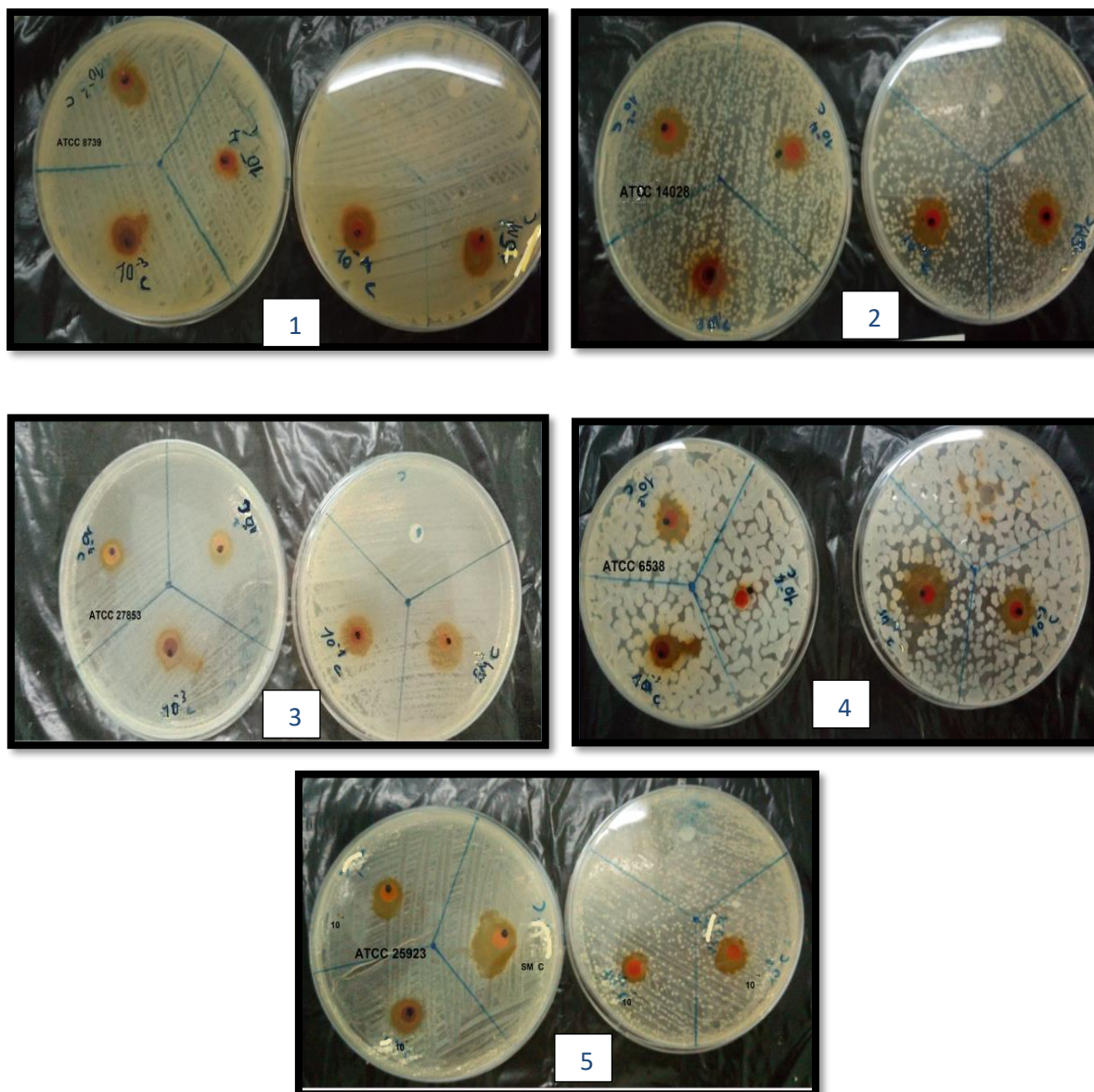


Figure 35: Les zones d'inhibition effectuées par l'extrait brut du *Curcuma longa* L dilué dans le DMSO sur les différentes souches bactériennes testées par la méthode des disques de diffusion:

- (1) *Escherichia coli*; (2) *Salmonella typhimurium*; (3) *Pseudomonas aeruginosa*; (4) *Staphylococcus aureus*;
(5) *Staphylococcus aureus* subsp

IV.2. Discussion

IV.2.1. Discussion de rendement

La comparaison des rendements de deux épices laisse constater que le curcuma (94%) a donné le meilleur taux alors que le gingembre (80%) enregistre le plus faible relativement.

ATTI Ikram , 2014 a constaté que les extraits alcooliques de curcuma ont des rendements plus importants que les extraits aqueux. Mais, nettement l'inverse pour le gingembre. Car la grande valeur est enregistrée avec l'extrait aqueux avec un taux de 11.65%, représentant le double de rendement de l'extrait alcoolique (5.94%).

Le rendement d'extraction des principes actifs des épices révèlent différent d'une espèce à l'autre. En effet il est difficile de comparer les valeurs de nos rendements avec d'autre études, car le rendement n'est que relative et semble être lié aux propriétés génétiques des plants, l'origine géographique, conditions et à la durée de stockage de la récolte et aussi des conditions dans lesquelles l'extraction a été effectuée (nature de solvant et la méthode d'extraction...) (**Lee et al., 2003**).

Les variations de rendements des extractions peuvent se justifier par :

- L'effet de solvant et la nature des composés
- Espèce et origine de la plante;
- Rapport poids de la plante /Volume du solvant;
- La méthode et des conditions dans lesquelles l'extraction a été effectuée.

IV.2.2 Etude de l'activité antioxydante

Une des stratégies pour cette étude consiste à explorer les plantes utilisées en médecine traditionnelle. En effet, **l'OMS (2002)** estime que, pour se soigner, 80% De la population africaine recourt toujours à la médecine traditionnelle pour laquelle la majeure partie des thérapies implique l'exploitation des principes actifs des plantes médicinales (**Biyiti et al., 2004**). Les extraits sont des mélanges de plusieurs composés, avec différents groupements fonctionnels, polarités et comportements chimiques. Cette complexité chimique des extraits pourrait mener à des résultats dispersés selon l'essai utilisé. Par conséquent, une approche avec des analyses multiples pour évaluer le potentiel antioxydant des extraits serait plus instructif et même nécessaire (**Özkan et al., 2007**).

Pour détecter l'activité antiradicalaire des différents extraits de *Zingiber officinale* et *Curcuma longa* ; nous avons utilisé le 2,2-diphényl-2-picrylhydrazyle (DPPH), ils ont

montrés une activité antiradicalaire puissante avec des CI50 de l'ordre de 4.04 et 4.39 respectivement contre une CI50 de 2.51 pour le contrôle positif.

Notre résultat est similaire à ceux trouvés par **Amari (2016)** et qui montrent que le Zingiber officinale possède une activité antioxydante considérable avec une IC50 de 1,29 mg/mL, localisée principalement dans l'huile totale de leurs rhizomes. Ses résultats montrent que la teneur de l'huile en polyphénols et flavonoïdes est de 3,56 µg (EAG)/g d'extrait et 5 µg (EQ)/g d'extrait respectivement. Ces résultats sont similaires à ceux réalisés par **Amari (2016)** et **Bhargava et al., (2012)** sur l'extrait de cette plante, ils ont montrés que l'huile totale en polyphénols et flavonoïdes.

Les résultats obtenus par **Beggas et Bendoukhane (2017)** ont montrés que la teneur en polyphénols totaux est 3,56 µg (EAG)/g d'extrait de Zingiber officinale.

Concernant le curcuma, il a été démontré que la curcumine est dix fois plus antioxydante que la vitamine E (**Aggarwal et al., 2006**).

Tout d'abord, l'effet de la curcumine sur la peroxydation lipidique a été étudié par plusieurs auteurs et sur des modèles variés. La curcumine est un bon antioxydant et inhibe la peroxydation lipidique qui joue un rôle important dans l'inflammation, les maladies cardiovasculaires et le cancer (**Aggarwal et al., 2006**).

De plus, l'activité antioxydante de la curcumine est médiée par des enzymes antioxydantes telles que la superoxyde dismutase, la catalase et la glutathion peroxydase. La curcumine est un accepteur dans la réaction de Michael, ce qui lui permet de réagir avec le glutathion et la thioredoxine. La réaction de la curcumine avec ces composés réduit le glutathion intracellulaire dans les cellules (**Aggarwal et al., 2006**).

Aussi, la curcumine agit comme un piègeur de radicaux libres. Elle protège l'hémoglobine de l'oxydation. In vitro, la curcumine peut inhiber significativement la génération des espèces réactives de l'oxygène (ERO), comme les anions superoxyde, le peroxyde d'hydrogène H₂O₂, ainsi que la génération de radicaux nitrite en activant les macrophages, ces derniers jouant un rôle important dans l'inflammation. La curcumine peut aussi diminuer la production d'ERO in vivo.

Ses dérivés, la déméthoxycurcumine et la bis-déméthoxycurcumine exercent aussi des effets antioxydants. La curcumine réduit les protéines oxydées dans la pathologie

amyloïde chez des souris transgéniques Alzheimer. Depuis que les ERO sont impliquées dans le développement de conditions pathologiques variées, la curcumine présente le potentiel de contrôler ces maladies à travers son activité antioxydant (**Chattopadhtay et al., 2004**).

Le mécanisme antioxydant de la curcumine est attribué à sa structure, incluant les phénols méthoxylés et la forme énol de la β -dicétone.

De plus, la poudre de curcuma contient approximativement : 25,9 mg de l'acide ascorbique pour 100 g de partie comestible.

IV.2.3. Etude l'activité antibactérienne

Face aux problèmes de la résistance antimicrobienne aux antibiotiques synthétiques, beaucoup de travaux ont été menés sur le pouvoir antimicrobien des produits naturels tels que les extraits de certaines plantes. Lors de cette étude, le pouvoir antimicrobien des extraits méthanoliques de deux espèces végétales (*Zingiber officinale* et *Curcuma longa L*) a été étudié vis-à-vis de cinq souches bactériennes (*Escherichia coli*, *Salmonella Typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcs aureus*, *Staphylococcs aureus subsp*) causant des cas de toxi-infection alimentaire et infection cutanées graves. Ce pouvoir a été évalué par la détermination du diamètre de zone d'inhibition. Les résultats obtenus ont montré que les extraits méthanoliques de *Zingiber officinale* et *Curcuma longa L*, dilués dans le méthanol ou dans le DMSO, avaient une activité antimicrobienne importante vis-à-vis les trois souches gram (-). En fait, les zones d'inhibitions maximales sont atteintes avec le méthanol : aux alentours de 17-21 mm contre 9-15mm atteintes avec le DMSO. En outre, les extraits de *Zingiber officinale* était plus actifs que ceux de *Curcuma longa L* contre les cinq espèces étudiées. Cependant, l'extrait méthanolique des deux plantes n'avait pas d'effet antimicrobien contre *Staphylococcs aureus ATCC 6538*.

A. la souche *Escherichia coli ATCC8739*

Dilutions avec méthanol : Les zones d'inhibition mesurées, pour la souche *Escherichia coli ATCC8739* varient de 12 à 17mm avec le curcuma et varient entre 13 et 19mm avec le gingembre donc *Escherichia coli est une* bactérie très sensible à l'extrait méthalonique de curcuma et extrêmement sensible à l'extrait méthalonique de gingembre

Dilutions avec DMSO : Les zones d'inhibition mesurées, pour la souche *Escherichia coli ATCC8739* varient de 6,2 à 9mm avec le curcuma et varient entre 09 et 10,3mm avec le

gingembre donc *Escherichia coli* est une bactérie sensible aux extraits méthaloniques de curcuma et de gingembre dilué dans le DMSO

B. la souche *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853

Dilutions avec méthanol : Les intervalles d'inhibition mesurée pour la souche *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 varient entre 09 à 17mm avec le curcuma et varient entre 07 et 18mm avec le gingembre donc la bactérie est très sensible aux extraits méthaloniques des deux plantes étudiées

Dilutions avec DMSO : Les intervalles d'inhibition mesurée pour la souche *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 varient de 8,5 à 10,5mm avec le curcuma et varient entre 09 et 12mm mm avec le gingembre donc *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 est une bactérie sensible aux extraits méthaloniques de curcuma et de gingembre dilué dans le DMSO

C. la souche *Staphylococcus aureus* ATCC 6538

Dilutions avec méthanol : Aucune zone d'inhibition n'a été observée dans les boîtes de pétri ensemencées par la souche *Staphylococcus aureus* ATCC 6538

Dilutions avec DMSO : la souche *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 est sensible aux extraits méthaloniques de curcuma et de gingembre dilué dans le DMSO dont des zones d'inhibition comprises entre 7,5-10mm et 09-11mm respectivement

D. la souche *Staphylococcus sp* ATCC 25923

Dilutions avec méthanol : Les zones d'inhibition mesurées, pour la souche *Staphylococcus sp* ATCC 25923 varient de 07 à 10mm avec le curcuma et varient entre 13 et 21mm avec le gingembre donc la bactérie est sensible à l'extrait méthalonique de curcuma et extrêmement sensible à l'extrait méthalonique de gingembre

Dilutions avec DMSO :

Les zones d'inhibition mesurées, pour la souche *Staphylococcus sp* ATCC 25923 varient de 08 à 11mm avec le curcuma et varient entre 09 et 15mm avec le gingembre donc la bactérie est sensible aux extraits méthaloniques de curcuma et de gingembre dilués dans le DMSO

E. la souche *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028

Dilutions avec méthanol : Les zones d'inhibition mesurées, pour la souche *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028 varient de 09 à 18mm avec le curcuma et le gingembre donc *Salmonella Typhimurium* est une bactérie très sensible à l'extrait méthalonique des deux plantes étudiées.

Dilutions avec DMSO : Les zones d'inhibition mesurées, pour la souche *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028 varient de 10 à 11mm avec le curcuma et varient entre 8,5 et

15mm avec le gingembre donc *Salmonella Typhimurium* est une bactérie sensible à l'extrait méthanolique de curcuma et très sensibles à celui de gingembre dilué dans le DMSO

La variabilité dans l'activité antimicrobienne des deux plantes peut être due à la différence dans la teneur en polyphénols de leurs extraits méthanoliques comme montré par plusieurs auteurs. En effet, la teneur en polyphénols totaux dans l'extrait méthanolique des rhizomes. L'observation de la figure laisse constater que, les extraits alcooliques ont purement plus riches en polyphénols avec un écart aller jusqu'aux quinze fois plus chez curcuma. L'extrait de cette épice marque la majeure valeur en polyphénols avec 105.92 mgEAG/gES contre une valeur de 36,83 mgEAG/gES) pour le gingembre alors que leurs concentration est enregistrée dans le mélange gingembre/curcuma (42.82.±0 mgEAG/gES) (Menaar, 2016)

Généralement, l'effet antimicrobien de phénols est connu depuis longtemps. Dans la littérature, il a été indiqué que les activités antimicrobiennes des extraits de plantes dépendent de la nature et de la structure des composés phénoliques. Par leur groupe hydroxyle, les composés phénoliques ont une capacité de se lier aux protéines des membranes bactériennes pour former des complexes (Zongo et coll. 2011). Les composés antimicrobiens des plantes peuvent inhiber la croissance bactérienne par différents mécanismes. En effet, Caillet et Lacroix (2007) ont montré que l'action antimicrobienne des huiles essentielles et de leurs extraits se déroule en trois phases: (1) attaque de la paroi bactérienne par les extraits, provoquant une augmentation de la perméabilité puis la perte des constituants cellulaires; (2) acidification de l'intérieur de la cellule, bloquant la production de l'énergie cellulaire et la synthèse des composants de structure; (3) destruction du matériel génétique, conduisant à la mort de la bactérie. Les antimicrobiens peuvent donc avoir une valeur clinique importante dans le traitement des souches microbiennes résistantes. En effet, Sarac et Ugur (2007) ont révélé que les huiles végétales et leurs extraits ont été utilisés dans plusieurs produits comme des agents antimicrobiens y compris les produits alimentaires, les produits cosmétiques et les produits pharmaceutiques aussi bien dans la médecine alternative et les thérapies naturelles.

L'effet inhibiteur des composés phénolique sur la croissance des bactéries peut être expliqué par plusieurs raisons. Parmi les l'hypothèse avancés, on peut citer la chélation des métaux tel que le fer qui est nécessaire a la croissance microbienne, l'action sur les membranes des micro-organismes conduisant a la perte de son intégrité structurale

(Akiyama *et al.*, 2001), l'effet endommageant de la bicouche lipidique (Funatogawa *et al.*, 2004) et enfin, l'action sur les métabolismes bactériens (Scalbert, 1991).

Xiao et ses collaborateurs (2014) a montré que Les flavonoïdes sont parmi les plus communs des produits naturels qui présentent un large spectre d'activité antibactérienne. Un nombre considérable de plantes médicinales contiennent des flavonoïdes, qui ont été rapportés par de nombreux auteurs comme ayant des propriétés antibactériennes (Malešev *et al.*, 2007).

Les travaux de Cowan, (1999) ont montré que l'activité de la quercétine, par exemple, a été au moins partiellement attribuée à l'inhibition de l'ADN gyrase d'E coli. La catéchine, flavonoïde isolée du thé vert, est douée de propriétés antimicrobiennes. De nombreux groupes de flavonoïdes ont été isolé et identifié comme possédant une activité antifongique, antivirale et antibactérienne (Cushnie et Lamb, 2005).

Les polyphénols sont reconnus par leur toxicité vis-à-vis des microorganismes (Cowan, 1999). Une contamination des végétaux par des microorganisme pathogènes entraîne une forte augmentation des teneurs en composés phénoliques, ce qui correspond à la mise en place de mécanisme de défense de la plante (Macheix *et al.*, 2005).Le mécanisme de toxicité peut être lié à l'inhibition des enzymes hydrolytiques (les protéases et les carbohydrolases) ou d'autres interactions pour inactiver les adhésives microbiennes, les protéines de transport et d'enveloppe cellulaire (Cowan, 1999).

Les flavonoïdes sont parmi les plus communs des produits naturels qui présentent un large spectre d'activité antibactérienne (Xiao *et al.*, 2014). Des études scientifiques menées au cours des dernières années a généré un intérêt croissant dans leur rôle potentiellement important dans le maintien de la santé humaine. Un nombre considérable de plantes médicinales contiennent des flavonoïdes, qui ont été rapportés par de nombreux auteurs comme ayant des propriétés antibactériennes (Malesev *et al.*, 2007).

L'activité antimicrobienne des acides phénoliques a été rapportée dans plusieurs recherches. Les acides phénoliques comme l'acide P-coumarique, acide caféique agissent en tant que des facteurs empêchant la croissance de *Staphylococcus aureus* (Stojković *et al.*, 2013). Une étude *in vitro* faite par Khatkar *et al.*, (2014) a également démontré que les dérivés synthétiques de l'acide P coumarique possèdent une activité antibactérienne contre *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* et *Escherichia coli*.

Cependant, Le diamètre de la zone d'inhibition peut être affecté par la volatilité de l'extrait. De la même manière, plusieurs auteurs ont signalé que les souches qui présentaient de grandes zones d'inhibition (méthode de diffusion) ne sont pas toujours les plus sensibles (les valeurs de CMI et CMF ont été plus faibles) car la taille de la zone d'inhibition ne reflète pas l'efficacité antibactérienne du produit testé. Elle peut être affectée par la solubilité et l'évaporation de l'extrait (**Cimanga et coll, 2002; Hernandez et coll, 2005**).

Conclusion et perspectives

Les plantes médicinales restent toujours la source fiable des principes actifs connus par leurs propriétés thérapeutiques. Dans ce présent travail, nous avons déterminé le rendement des extraits méthanoliques, leur propriétés antioxydantes et antibactériennes à partir des rhizomes de deux plantes *C. longa* et *Z. officinale* de la famille des Zingibéracées.

La détermination des rendements de deux épices laisse constater que le curcuma (94%) a donné le meilleur taux alors que le gingembre (80%) enregistre le plus faible relativement.

L'évaluation de l'activité antioxydante par le test DPPH a révélé que les extraits méthanoliques présentent un important potentiel antioxydant, les résultats ont montré que l'extrait méthanolique de *Zingiber officinale* et l'extrait méthanolique *Curcuma longa* sont doués d'une activité antiradicalaire puissante avec des CI50 de l'ordre de 4.04 et 4.39 respectivement contre une CI50 de 2.51 pour le contrôle positif.

Selon les résultats obtenus dans la littérature, nous pouvons dire que *Zingiber officinale* et *Curcuma longa* sont riches en phénols totaux et flavonoïdes

En ce qui concerne l'activité antibactérienne de nos extraits nous avons trouvé que les souches étudiées présentent une sensibilité plus considérable vis-à-vis le gingembre par rapport au curcuma soit dans le cas d'utilisation de méthanol comme solvant ou bien dans le DMSO, sauf pour la souche *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 qui n'est pas sensible aux deux extraits de curcuma et de gingembre quand on a utilisé le méthanol comme solvant. De plus, l'utilisation de solvant méthanol augmente considérablement la sensibilité des souches étudiées par rapport aux extraits solubilisés dans le DMSO.

L'ensemble de ces résultats obtenus in vitro ne constitue qu'une première étape dans l'investigation du activité antioxydante et antibactérienne de ces deux plantes ; il serait fort intéressant de compléter cette étude in vitro par une expérience In vivo, à même capable de vérifier les propriétés biologiques de ces extraits méthanolique et de s'en assurer de l'innocuité totale chez un modèle animal de choix, il serait plus intéressant de procéder à une étude toxicologique afin de s'assurer de son innocuité, puis à la séparation et la caractérisation des différentes substances présentes dans ces extraits, et de déterminer lesquelles d'entre elles sont responsables de ces activités par des techniques plus sophistiquées. Cette étude pourrait être complétée par d'autres essais afin de développer des approches appropriées dans le but d'une éventuelle application chez l'homme, pour obtenir une vue plus approfondie sur leurs effets.

Références bibliographiques

- **Aggarwal, B.B. and Shishodia, S. (2005).** Molecular targets of dietary agents for prevention and therapy of cancer. *Biochemist Pharmacol*, 71(10):1397-421 p.
- **Aggarwal, B.B., Bhatt, ID., Ichikawa, H., Ahn, K.S., Sethi, G., Sandur, S.K. (2006).** Curcumin–biological and medicinal properties. *Turmeric: the genus Curcuma*. Taylor and Francis group. p. 297–368.
- **Ait Baziz, H et Chemali, A.(2017).**Evaluation de l'activité antioxydante et de l'activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique d'une plante médicinale locale . Mémoire de Fin de Cycle. Université A. MIRA – Bejaia.p11-12.
- **Akiyama, H., Fujii, K., Yamasaki, O., Oono, O and Iwatsuki, K. (2001).** Antibacterial action of several tannins against *Staphylococcus aureus*. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*jac, 48 (4): Pp487-491.
- **Ali, B.H., Blunden, G., Tanira, M.O and Nemmar, A. (2008).** Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiberofficinale Roscoe*) : a review of recent research. *Food and Chemical Toxicology*. 46(2) : Pp409-420.
- **Amari, Sihem . (2016).** Étude phytochimique et évaluation de l'activité antibactérienne et antioxydante de deux extraits de la plante *Zingiber officinale*. Mémoire Master En Sciences Biologiques.40-43 p.
- **Angèle, M. F. (2017).** Les Zingiberaceae en phytothérapie :l'exemple du gingembre.thèse de docteur en pharmacie. Université de Lille 2. 174p.
- **Anilm, K., Jyotsna, D., Anup, S. (2011).**A review on spice of life curcuma longa(Turmeric) . *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*. Volume 2: p 372.
- **Antolovich , M., Prenzler, D., Patsalides, E., McDonald., Robards, S. (2002).** Methods for testing antioxidant activity. *Analyst*, 127.Pp183-198.
- **Antwerpen, P. V. (2006).** Contribution à l'étude du pouvoir antioxydant de divers agents d'intérêt thérapeutique: Ciblage du système mycloperoxydase / Peroxyole d'hydrogène / Clilorure. Thèse de Doctorat en Science Pharmaceutiques Bruxelles.
- **Aouadhi, S. (2010).** faculté de médecine de Tunis mastère spécialisé en toxicologie.
- **Apel, K. et Hirt, H. (2004).** Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology* 55: 373-399.
- **Araujo, C. and Leon, L. (2001).** Biological activities of *Curcuma longa* L Mern Inst Oswaldo Cruz. Pp 723-728.

- **Atti, I. (2014).** Evaluation des activités antioxydant et antiradicalaire d'un mélange d'épices « *Ras el hanout* ». Mémoire Master Académique : Biochimie appliquée: Université Kasdi Merbah Ouargla.60p.
- **Baobab des saveurs. (2011).** Fiche technique de la poudre gingembre. Sénégal.
- **Bartosz, G. (2003).** Generation of reactive oxygen species in biological systems. *Comments on Toxicol.*, 9, Pp5-21.
- **Beagehold, M.A. (1998).**Heterogeneity of endothelial function within the circulation. *Curropin NephrolHypert*, 7:71-8 p.
- **Beggas, L and Bendoukhane, M.(2017).** Etude de l'activité antioxydante de gingembre « *Zingiber officinale* ». Mémoire Master Académique : Biochimie Moléculaire et Santé: Université des Frères Mentouri Constantine.31p.
- **Benbrook , M.(2005).** Accroître la teneur antioxydants des aliments grâce à l'agriculture et à la transformation alimentaire biologiques. Ed. Theorganic center : Pp6-8.
- **Benoura, D. (2018).** Influence de différentes méthodes d'extraction sur le rendement, la composition chimique et l'activité antioxydante des extraits de zingiber officinale (Formes fraiche & sèche). Mémoire de fin d'études, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.
- **Bhargava, S., Dhabhai, K., Batra, A., Sharma, A. and Malhotra, B. (2012).** Zingiber Officinale: Chemical and phytochemical screening and evaluation of its antimicrobial activities. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 4(1): 360-364 p.
- **Biyiti, L.F., Meko'o, D.J.L., Tamzc, V. and Amvam Zollo, P.H. (2004).** Recherche de l'Activité Antibactérienne de Quatre Plantes Médicinales Camerounaises. *Pharmie. Médecine Traditionnelle. Afrique*, 13: Pp 11-20.
- **Boone, S.A. and Shields, K.M. (2005).** Treating pregnancy-related nausea and vomiting with ginger. *Ann Pharmacother*;39(10):1710-3p.
- **Botineau, M. (2010).** Botanique systematique et appliquee des plantes a fleurs. Limosges : Lavoisier. P251-257.
- **Bouhadjra, K. (2011).** Étude 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.
- **Boullard, B. (2001).**Dictionnaire des plantes médicinales du monde: Estem : 174. *Chem Res toxicol* 16:Pp1642-1651.
- **Bouzabata, A. and Nihed, Z. (2013).** Ethnobotanique et Utilisations traditionnelles de *Curcuma longa* L. en Algerie.94p.

- **Boyd, B., Ford, C., Koepke, M.C., Gary, K., Horn, E., McAnalley, S., et McAnalley, B. (2003).** Etude pilote ouverte de l'effet antioxydant d'Ambrotose sur des personnes en bonne santé. *Glycoscience & Nutrition*. 4 (6):7p.
- **Bozin ,B., Mimica-Dukic ,N., Samojlik, I., Goran, A., Igc ,R. (2008).** Phenolics as antioxydants in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae). *Food Chemistry*.111(4) : Pp925-929.
- **Bruneton, J. (2002).**Phytothérapie. Les données de l'évaluation. Ed. Lavoisier. Paris: Pp200-205.
- **Bruneton, J. (2009).** Composés phénoliques shikimates et acétates In Pharmacognosie Phytochimie des plantes médicinales. 3ème Edition. Lavoisier Tec &Doc, Paris : Pp 135-142.
- **Burda, S., Oleszek ,W. (2001).**Antioxidant and antiradical activities of flavonoids. *J. Agric. Food Chem.*49 (6), Pp2774-2779.
- **Chang, J.S., Wang, K.C., Yeh, C.F., Shieh, D.E., Chiang, L.C. (2013).** Fresh Ginger (*Zingiberofficinale*) has Anti-viral Activity Against Human Respiratory Syncytial Virus in Human Respiratory Tract Cell Lines, *Journal of Ethnopharmacology*, 145: 146-151 p.
- **Chang, J.S., Wangm, K.C., Yeh, C.F., Shieh, D.E., Chiang, L.C. (2013).** Fresh Ginger (*Zingiber officinale*) has Anti-viral Activity Against Human Respiratory Syncytial Virus in Human Respiratory Tract Cell Lines, *Journal of*.
- **Chattopadhyay, J., BISWAS, K., Bandyopadhyay, U., Banerjee, RK. (2004).**Turmeric and curcumin: biological actions and medicinal applications. *Curr Sci*; 87:Pp44–53.
- **Cheikh Ali, Z. (2012).** Études chimiques et biologiques d'Aframomum sceptrum (*Zingiberaceae*) et de la curcumine. Thèse doctorat université Paris-Sud.p 46.
- **Chrubasik, S., Pittler, M.H., Roufogalis, B.D. (2005).** Zingiberisrhizoma: a comprehensive review on the ginger effect and efficacy profiles. *Phytomedicine* : 12(9):684-701.
- **Cohen, Y and Jacquot, C. (2001).** Pharmacologie. 5ème Ed. Masson. Paris. 350p.
- **Cowan, M.M. (1999).** Plants products as antimicrobial agent. *Clinical. Microbiology, Review*. 12: Pp75-82.
- **Cushnie, T.P. and Lamb, A.J. (2005).** Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal Antimicrobial Agents*, 26(5):343-356).
- **Delattre, J., Beaudeau, J-L. et Bonnefont-Rousselot, D. (2005).** Radicaux libres et stress antioxydant, aspects biologiques et pathologiques. Pp60-80.

- **Delaveau, P. (1987).** Les épices. Histoire, description et usage des différents épices, aromates et condiments. Paris: Albin Michel. p130 -136.
- **Devendeville, C. (2015).** Les Zingiberacees : description et utilisations des principales epices de la famille.[These d'exercice en pharmacie]. France : faculte de pharmacie Elsevier-Masson. p 164.
- **Efthimiou, P. and Kukar, M. (2010).** « Complementary and alternative medicine use in rheumatoid arthritis: proposed mechanism of action and efficacy of commonly used modalities » *RheumatolInt* , 571-586 p.
- **Fabre, G, Bayach ,I, Berka ,K, Paloncýová, M., Starok, M., Rossi, C. (2015).** Synergism of antioxidant action of vitamins E, C and quercetin is related to formation of molecular associations in biomembranes. *Chem Commun.* 21 avr ;51(36):Pp7713-6.
- **Faivre, C.I., Lejeune, R., Staub, H et Goetz, P. (2006).** Monographie médicalisée, Zingiber officinale Roscoe. *Phytothérapie.* 2 : Pp99-102.
- **Favier,A. (2003).** Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité Chimique.* Pp108-115.
- **Fournet, J. (1978).** Flore 2 illustree des phanerogrames de Guadeloupe et de
- **Funatogawa, K., Hayshi, S., Shimomura, H., Yoshida, T., Hatano, T., Ito H. and Hirai, Y. (2004).** Antibacterial activity of hydrolysable tannins derived from medicinal plant against Helicobacter pylori. *Microbiology and Immunology*, 48(4):Pp 251-261.
- **Georgieva , S., Boyadzhiev, L., Angelov G.(2010).** Caractérisation des vins bulgares par leur capacité antioxydant. *Revue de génie industriel.* (5):Pp124-132.
- **Gigon, F. (2012).** Le gingembre, une épice contre la nausée. *Phytothérapie.* 10 : 87-91.
- **Grubben, G.J.H. (2005).** *Curcuma longa* **In** ressources végétales de l'Afrique tropicale 3.Colorants et tanins. *Prota, Backhuys publishers/CTA Wageningen, Pays bas:* Pp76-83.
- **Grugeau. (1995)** .*Curcuma longa* L. Thèse de doctorante en pharmacie. Université limoge.
- **Guiroud, J.P. and Galzy, P. (1998).** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires.Edition : Usine. Paris. 239p.
- **Grzanna, R., Lindmark, L., Frondoza, CG. (2005).** «Ginger an herbal medicinal product with broad anti-inflammatory actions, » *Journal Medical of Food*, 125-132 p.
- **Gupta, C., Gorkem, K., Bharat, B. (2013).** « Curcumin, a Component of Turmeric: From Farm to Pharmacy ». 1: Pp 2–13.

- **Halliwell , B., Gutteridge, J.M.C.(2007).** Free Radicals in Biology and Medicine, 4 th ed. Oxford University Press. Pp 20-31.
- **Halliwell,B., J. M. C. Gutteridge. (2008).** Free Radicals in Biology and Medicine. Fourth Edition. Oxford University Press. Citer dans la Thèse de Doctorat (2015): Implication du stress oxydant dans plusieurs affections du cheval athlète : revue bibliographique, 44-61 p.
- **Harborne, J.B. (1998).** Phytochemical Methods: A guide to modern techniques of plant analysis. Ed 3. CHAPMAN & HALL. Pp 202-209.
- **Itokawa, H., Shi, Q., Akiyama, T., Morris-Natschke, S., Lee , K.H. (2008).** Recent advances in the investigation of curcuminoids.
- **Jacques, B et André, R. (2004).** Biochimie métabolique. Ed. Ellipses . Paris. Pp217-225.
- **Javaadi, P., Segan, AT., Tuttle S.W. and Koumenis, C. (2008).** The chemo preventive agent curcumin is a potent radio sensitizer of human cervical tumor cells via increased reactive oxygen species production and over activation of the mitogen-activated protein kinase pathway. Mol Pharmacol. May;73(5):1491-501.
- **Judd, Campbell, Kellogg, Stevens.(2002).** Botanique systématique, une perspective phylogénétique, De Boeck Université.Paris.
- **Karna, P ., Chagani, S .,Gundala, SR ., Rida, PC., Asif, G, Sharma, V., Gupta, MV., Aneja, R., Br, J Nutr. (2012).** Benefits of whole ginger extract in prostate cancer. Feb, doi: 10.1017 / S0007114511003308. Epub 2011 Aug 18, 107(4):473-84 p.
- **Kress, W.J., Prince, L.M., Williams, K.J. (2002).** The phylogeny and a new classification of the gingers (Zingiberaceae): evidence from molecular data. American Journal of Botany 89:Pp1682-1696.
- **Lee, H.S., Kim, S-S., Kim, G.J., Lee, J-S., Kim, E-J., Hong, K.J. (2008).** Antiviral Effect of Ingenol and Gingerol during HIV-1 Replication in MT4 Human T Lymphocytes, Antiviral Research, 78: 44 p
- **Lehucher ,M MP., Lesgards ,JF., Delubac ,O., Stocker ,P., Durand ,P., Prost ,M (2001) .**Stress oxydant et pathologies humaines. La Presse médicale. 30: Pp1076-1081
- **Lepoivre, P. (2003).** Phytopathologie, Edition De boeck Université, Bruxelles Belgique. 415p.
- **Malešev, D. et Kunti, V. (2007).** Investigation of metal–flavonoid chelates and the determination of flavonoids via metal–flavonoid complexing reactions. Journal of serbian chemical society, 72 (10) :Pp921-939.

- **Malhotra, S. and Singh, A.P. (2003).** Medicinal proprieties of Ginger (ZingiberofficinaleRosc). Natural Product Radiance; 2(6):296-301 p.
- **Marfak, A. (2011).** Radiolyse gamma des flavonoides. Etude de leur reactivité avec les radicaux issus des alcools, formation des depsides. Thèse de doctorat Université de Limoges.
- Martinique. Montpellier: Cirad Gondwana Editions ; Pp2026-2035.
- **Masuda, T., Yonemori, S., Oyama Y., Takeda, Y., Tanaka, T. etAndoh ,T. (1999).** Evaluation of the antioxidant activity of environmental plants: Activity of the leaf extracts from seashore plants. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 47(4): Pp 1749-1754.
- **Matés, J., Perez-Gomez ,C., Nunez, I.(1999).** Antioxidant enzymes and human diseases. Clin Biochem.32 : Pp595-603.
- **Menaa, H. (2016).** Activités anticoagulante et phagocytaire de quelques épices (curcuma, gingembre et poivre noir). Mémoire Master Académique : Biochimie appliquée: Université Kasdi Merbah Ouargla .55 p.
- **Mesa, M-D., Ramirez-Tortosa, M-C., Aguilera, C.M., Ramirez-Bosca, A et Gil, A. (2000).** Efectos farmacologicos y nutricionales de los extractos de *Curcuma longa L* y de los curcuminoïdes. *Arspharmaceutica*, 41(3): Pp307-321.
- **Milbury P., Richer, A. (2008).** Understanding the Antioxidant Controversy. Ed. Praeger: 81p.
- **Mohammedi, Z. (2005).** Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et falvonoides de quelques plantes de la région du Tlemcen, Thèse de magistère, Université- Abou Bakr Belkaid-Telemcen.
- **Mustafa, T. (1990).** « Ginger (Zingiber officinale) in Migraine Headache », Journal of Ethnopharmacology, (29): Pp 267–273 PMID 2214812.
- **Nauciel,C., et Vildé, J.L. (2005).** Bactériologie médicale, 2èmeEd. Masson . Paris. Pp 5-10.
- **Nkhili, E. (2009).** Polyphénols de l'Alimentation. Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant Thèse de doctorat Université de Marrakech. Pp187-193.
- **Nomura, K., Imai, H., Koumura, T., Kobayashi, T., Nakagawa ,Y.(2000).** Mitochondrial phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase inhibits the release of cytochrome c from mitochondria by suppressing the peroxidation of cardiolipin in hypoglyca emiainducedapoptosis.Biochem J. 351; Pp183-193.

- **Özkan G., Kuleaoan H., Çelik, S., Gokturk, R S., Ünal, O. (2007).**Screening of *Turkish endemic Teucrium montbretii subsp. Pamphylicum* extracts for antioxidant and antibacterial activities. *Food Control*, 18: Pp509–512.
- **Paredi ,P., Kharitonov ,S.A., Barnes, P.J. (2002).** Analysis of expired air for oxidation products. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 166, (supplement 1), 31–37 p.
- **Pastre, J., Priymenko, N. (2007).** Intérêt des anti-oxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques. *Revue Méd. Vét. (4) :187p.*
- **Patrick, B., Jean ,L., et Michel, S.(1988).**Bactériologie: Les bactéries des infections humaines. 1er Ed Médecine –Sciences Flammarion. Paris. Pp100-274.
- **Pelt, J.M. (1999).**Dictionnaire de la botanique, *Encyclopaedia universalis*: Albin Michel, Paris.
- **Perry, M–C. (2008).** Evaluation de la curcumine comme agent anti-cancéreux dans le traitement des tumeurs cérébrales. Mémoire : Chimie : thèse doctorat université Montréal.
- **Pincemail, J, Bonjean, K, Cayeux, K., Defraigne, JO. (2002).** Physiological action of antioxidant defences. *Nutrition Clinique et Métabolisme. 16:Pp 233-239.*
- **Pinson, C. (2012).** Curcuma et gingembre – un concentré de bienfaits pour votre santé et votre beauté. Ed. Eyrolles. Pp 31-59.
- **Platel, K et Srinivasan, K. (2004).** Digestive stimulant action of species: a myth or reality? *Indian J Med Res May, 119(5):167-79 p.*
- **Portes, E. (2008).**Synthèse et Etudes de Tétrahydro curcuminoïdes. Propriétés Photochimiques et Antioxydantes, Applications à la Préservation de Matériaux d'Origine Naturelle. Ecole doctorale des sciences chimiques Bordeaux. 244p
- **Raman, Arjun, V., Marla, J. and Berry. (2011).** Selenoproteins in cellular redox regulation and signaling. *Oxidative Stress in Vertebrates and Invertebrates: Molecular Aspects of Cell Signaling*, 195-208 p.
- **Ramsewak, R-S., De Witt, D-L. and Nair, M.G. (2000).** Cytotoxicity, antioxidant and anti-inflammatory activities of curcumins I-III from *Curcuma longa*. *Phytomedicine; 7(4): Pp303 –308.*
- **Ravindran, P-N. and NirmalBabu, K. (2005).**Ginger: The genus Zingiber. Etats-Unis :CRC Press;. Figure 2.3 Floral diagram of ginger flower; p.20.
- **Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., Bolwell, P.G., Bramley, P.M. and Pridham, J.B. (1995).** The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Radic. Res.*, 22.Pp 375-383.

- **Richard, C et Kiredjian ,M. (1995).** Méthodes de laboratoire pour l'identification des bacilles à gram négatif aérobies stricts: Pseudomonas, Alcaligenes, Flavobacterium, Acinetobacter, Brucelle, Bordetella. 2ème édition. Ed Institut. Pasteur .Paris. Pp 42-43.
- **Rolland,Y. (2004).** Actualités des lipides en cosmétique .Antioxydants naturels végétaux. OCL.Vol 11(6) : Pp 419 - 424.
- **Ross, I.A. (2010).** Medicinal Plants of the world: chemical constituents, traditional and modern medicinal uses, Volume 3. Humana Press, New York.
- **Rota, M.C., Herrera, A., Martinez , R.M., Sotomayor , J.A., Jordan ,M.J. (2008).**Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils.Food control. 19; Pp 681-687.
- **Sajem, A., Gosai k. (2006).**Traditional use of medicinal plants by the jaintia tribes in north cachar Hills district of Assam, northeast india. J Ethnobiol Ethnomed: Pp2 - 33.
- **Samarth, R.M., Panwar, M., Soni, A., Kumar, M. and Kumar, A. (2008).** Evaluation of antioxidant and radical-scavenging activities of certain radioprotective plant extract.Food Chemistry. 106: Pp868-873.
- **Scalbert, A. (1991).** Antimicrobial properties of tannins. Phytochemistry, 30: 3875-3883.
- **Seggani , S. et Boukehil , H. (2017).** Corrélation entre le contenu polyphénolique et l'activité antioxydante et antimicrobienne *in vitro* de *Curcuma longa* L. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master. Université des Frères Mentouri Constantine.
- **Shahide, N. (2016).** Valeurs thérapeutique de curcuma. Laboratoire phytomisan France.
- **Sharma, C., Ahmed, T., Sasidharan, S., Ahmed, M., Hussain, A. (2009).** Use of Gemcitabine and Ginger Extract Infusion May Improve the Efficiency of Cervical Cancer Treatment, African Journal of Biotechnology, 8: 7087-7093 p.
- **Shimizu, H. (2004).** Relationship between plasma glutathione levels and cardiovascular disease in a defined population: the Hisayama study, Stroke, 35 (9); Pp2072-2077.
- **Smirnoff, N. (2005).** Antioxidants and reactive oxygen species in plants.Black well Publishing Ltd., Oxford, UK. 53-86
- **Spichiger, R.E., Savolainen, V., Figeat, M., Seanmonod, D. (2002).** Botanique systématique des plantes à fleurs, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
- **Stoll, G. (2002).** Protection naturelle des végétaux en zone tropicales, Margraf Verlag, Allemagne, 386 p.

- **Tanguy, M. (2009).** Antioxydants Première partie : Les antioxydants dans l'alimentation .Médecine. Vol 5 (6):Pp256-260.
- **Tenover, F.C. (2006).** Mechanisms of antimicrobial resistance in Bacteria.The American Journal of Medicine.
- **Valko, M., Leibfritz, D et Moncol ,J., Cronin, M T D., Mazur, M., Telser, J. (2007).** Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. Biocell. 39:Pp 44-84.
- **Valko, M., and Omova, K.J. (2011).** Free Radicals, Signal Transduction, and Human Disease. Oxidative Stress in Vertebrates and Invertebrates: Molecular Aspects of Cell Signaling, 17-32 p.
- **Valko, M., Rhodes, C. J., Moncol, J., Izakovic, M. et Mazur, M. (2006).** Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. Chemico-Biological Interactions, 160(1): 1-40 p.
- **Villasante, A., Araneda ,O.F., Behn, C., Galleguillos ,M., Adarmes, H. (2010).** Antioxidant capacity and oxidative damage determination in synovial fluid of chronically damaged equine metacarpophalangeal joint. Veterinary Research Communications, 34 (2): 133–141p.
- **Wichtl, I.M. et Anton, R. (2003).** Plantes thérapeutiques. 2e Edition, Paris, p 692.
- **Xiao, Z.T., Zhu, Q., and Zhang, H.Y. (2014).** Identifying antibacterial targets of flavonoids by comparative genomics and molecular modeling. Open journal of genomics, vol, 3
- **Yala, D., Merad, A.S., Mohamedi, D. and OuarKorich, M.N. (2001).**Classification et mode d'action des antibiotiques. Médecine du Maghreb, n° 91.
- **Yudthavorasit, S, Wongravee, K., Leepipatpiboon, N. (2014).** Characteristic fingerprint based on gingerol derivative analysis for discrimination of ginger (Zingiber officinale) according to geographical origin using HPLC-DAD combined with chemometrics. Food Chem. 1;158: Pp101-11.
- **Site de internet:**
- **(i):**<https://www.vitaliseurdemarion.fr/officiel/advice/trio-curcuma-gingembre-poivre-noir/>(Consulter le 20-06-2019).
- **(ii):**<http://www.toildepices.com/wiki/index.php?title=Cat>(Consulter le 20-06-2019).
- **(iii):**http://www.plantes-botanique.org/famille_Zingiberaceae(Consulter le 21-06-2019).
- **(iv):** <https://jardinage.ooreka.fr/plante/voir/134/gingembre> (Consulter le 21-06-2019).

- **(v):**https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zingiber_officinale_K%C3%B6hler%E2%80%93s_Medizinal-Pflanzen-146.jpg (Consulter le 21-06-2019).
- **(vi):**<http://blogs.reading.ac.uk/tropical-biodiversity/2012/07/ginger/>(Consulter le 21-06-2019).
- **(vii):**<http://www.e Pharmacognosy.com/2015/03/structure-of-ginger-plant.html>(Consulter le 22-06-2019).
- **(viii):**<https://baliayurveda.org/product/turmeric-powder-curcuma-longa-haridra-organic/>(Consulter le 23-06-2019).
- **(ix):**<http://fr.wikipedia.org/wiki/Curcuma>, (Consulter le 24-06-2019).
- **(xi):**<https://alohatropicals.com/product/curcuma-longa-olena/>(Consulter le 24-06-2019).
- **(xii):**<http://andromede.over-blog.com/article-le-curcuma-anti-inflammatoire-exceptionnel-et-naturel-103739821.html> (Consulter le 24-06-2019).
- **(xiii):**<http://www.lachimie.fr/materiel/evaporateur.php> (Consulter le 25-06-2019).

ملخص

تهدف هذه الدراسة الى تقييم الخصائص المضادة للاكسدة والمضادة للبكتيريا للمستخلصات الميثانولية لجذور نباتين *C. longa* و *Z. officinale* من عائلة Zingiberaceae. وتم الحصول على مستخلصات الخام الميثانولية من جذور المرودية التي تم الحصول عليها هي 94% على التوالي لـ *C. longa* و 80% لـ *Z. officinale*. تم اختبار هذه المستخلصات لنشاطها المضاد للاكسدة ونشاطها المضاد للبكتيريا ، وتم تقييم نشاط مضادات الاكسدة في المستخلصات التي تمت دراستها من خلال طريقة محاصرة الجذور الحرة DPPH. أظهرت النتائج أن مستخلص الميثانول لـ *C. longa* والمستخلص الميثانول لـ *Z. officinale* يمثلان قيمة مقاربة تقريبًا للأنشطة بترتيب IC50 يبلغ 4.39 مغ / مل و 4.04 مغ/ مل ، على التوالي. لا يزال هذا النشاط منخفضًا إلى حد كبير مقارنة بحمض الأسكوربيك (IC 50 للأمر 2.51 مغ / م). في الاختبار المضاد للبكتيريا ، أظهرت جميع المستخلصات نشاط حساسية تجاه السلالات المختبرة (*E. coli* و *P. aeruginosa* و *S. aureus* و *S. aureus* subsp و *S. typhimurium*) ، ويزيد استخدام مذيب الميثانول بشكل كبير حساسية السلالات التي تمت دراستها فيما يتعلق بالمستخلصات الذاتية في DMSO ، باستثناء السلالة *S. aureus* ATCC 6538 التي ليست حساسة لمستخلصي الكركم والزنجبيل عند استخدام الميثانول كمذيب.

الكلمات المفتاحية: *Curcuma longa*، *Zingiber officinale*، نشاط مضاد للاكسدة ، نشاط مضاد للميكروبات.

Résumé

La présente étude est consacrée à évaluer in vitro les propriétés antioxydantes et antibactériennes des extraits méthanoliques à partir des rhizomes de deux plantes *C. longa* et *Z. officinale* de la famille des Zingibéracées. Des extraits bruts méthanoliques ont été préparés à partir des rhizomes. Les rendements obtenus sont respectivement 94% pour *C. longa* et 80% pour *Z. officinale*.

Ces extraits ont été testés pour leur activité antioxydante et antibactérienne, l'activité antioxydante des extraits étudiés a été évaluée par la méthode de piégeage du radical libre DPPH. Les résultats ont montré que l'extrait méthanolique de *C. longa* et l'extrait méthanolique de *Z. officinale* présentent des valeurs presque convergées avec une CI50 de l'ordre de 4.39 mg/ml et 4.04 mg/ml, respectivement. Cette activité reste largement faible par rapport à celle de l'acide ascorbique (CI50 de l'ordre de 2.51 mg/m). Dans le test antibactérien, tous les extraits ont manifesté une activité sensibilité vis-à-vis souches testées (*E.coli*, *P.aeruginosa*, *S. aureus*, *S. aureus* subsp et *S. typhimurium*), l'utilisation de solvant méthanol augmente considérablement la sensibilité des souches étudiées par rapport aux extraits solubilisés dans le DMSO, sauf pour la souche *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 qui n'est pas sensible aux deux extraits de curcuma et de gingembre quand on a utilisé le méthanol comme solvant.

Mots clés : *Curcuma longa*, *Zingiber officinale* , activité antioxydante, activité antimicrobienne.

Abstract

The present study is devoted to evaluate in vitro the antioxidant and antibacterial properties of the methanolic extracts from the rhizomes of two plants *C. longa* and *Z. officinale* plants of the Zingiberaceae family. Methanolic crude extracts were prepared from the rhizomes. The yields obtained are respectively 94% for *C. longa* and 80% for *Z. officinale*.

These extracts were tested for their antioxidant activity and antibacterial activity, the antioxidant activity of the extracts studied was evaluated by the method of trapping the free radical DPPH. The results showed that the methanolic extract of *C. longa* and the methanolic extract of *Z. officinale* present almost convergent value of activities with an IC50 of order of 4.39 mg / ml and 4.04 mg / ml, respectively. This activity remains largely low compared to that of ascorbic acid (IC 50 of order 2.51 mg / m). Regarding the antibacterial test, all the extracts showed a sensitivity activity vis-à-vis strains tested (*E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *S. aureus* subsp and *S. typhimurium*), the use of methanol solvent increases considerably the sensitivity of the strains studied with respect to solubilized extracts in DMSO, except for the strain *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 which is not sensitive to the two extracts of turmeric and ginger when methanol was used as the solvent.

Key words: *Curcuma longa*, *Zingiber officinale* , antioxydant activity, antimicrobial activity