

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2020

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biotechnologie microbienne

Présenté par :

Khedis Ludmila & Aid Amira.

Thème

Caractérisation phytochimique et activité antibactérienne de *curcuma longa*

Soutenu le: 28 /09/2020

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
DJOUAHRA-FAHEM DJ	MAA	Univ. de Bouira	Président
SAIT-DIB S	MCB	Univ. de Bouira	Promotrice
YOUSFI M	MAB	Univ. de Bouira	Examinatrice

Année Universitaire : 2019/2020

Remerciement

Avant toute chose, nous tenons à remercier dieu « tout puissant » pour la volonté, le courage et la santé qu'il nous a donné pour suivre nos études et accomplir ce modeste travail.

Nous voudrions dans un premier temps remercier notre directrice de mémoire madame sait, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion, tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions sincèrement madame djouhra-fahem Djamila à l'intérêt qu'elle a bien voulu apporter à ce travail en acceptant de participer à cette commission d'examen en tant que présidente.

Nous souhaitons également adresser nos remerciements à madame Yousfi massilia d'avoir accepté de juger notre travail.

Nous remercions encore une fois madame djouhra-fahem Djamila, notre responsable de spécialité pour ses efforts de trouver des solutions pour nos problèmes pour avancer, elle s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de ces années d'étude, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'elle a bien voulu nous consacrer, nous disons merci.

Un grand merci au centre d'analyse et contrôle de qualité et fraude, d'avoir accepté de nous aider au cours de notre stage de fin d'année avant la situation épidémiologique de notre pays.

Un très grand merci à nos parents, merci pour tout, pour le soutien infaillible dans les moments les plus compliqués, pour les encouragements depuis toujours, par ce travail on tient à rendre hommage.

Dédicaces

Avec l'aide de Dieu, Tout Puissant, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie A,

Ceux qui sont les plus chères au monde, à mon père que dieu ait pitié de lui, et que j'habiterai au lui paradis, à la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore, que dieu protège en témoignage de nos profondes affectations. Qu'elle sache que ce travail est en partie le fruit de son soutien tous au long mes étude.

Mes chers frères et sœurs, pour votre amour, votre joie de vivre, vos conseils si précieux, votre soutien et votre confiance, je vous remercie de tout cœur.

Ma grande famille, il me serait difficile de vous citer tous, vous êtes dans mon cœur. Que ce travail soit l'expression de mon amour envers vous.

Mes chers cousins et cousines, que ce travail soit pour vous un témoignage de ma profonde affection.

Mes amis pour votre fidèle amitié et les bons moments passés ensemble tout au long de mes études et en dehors.

Toutes nos salutations à tous nos collègues de la promotion master II option biotechnologie microbienne pour les sympathiques moments qu'on a passé ensemble, et que toute personne ayant participé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail trouve ici l'expression de nous vifs remerciements.

Lydmila, chère amie avant d'être binôme et sa famille.

« Un travail ne vaut que s'il est partagé pour tout le monde ».

Amira

Dédicaces

Avec l'aide de Dieu, Tout Puissant, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie A,

A mes parents, les êtres les plus chers au monde qui m'ont soutenu tout au long de mes études, qui sont la source de mes efforts, la source de mon bonheur et ma vie, mes parents que j'adore et que dieu les protège, j'aimerais qu'ils sachent que ce travail est en partie grâce à eux.

A mon frère et mes sœurs pour leurs amours, pour leurs confiances, je vous remercie.

Ma grande famille, il me serait difficile de vous citer tous, vous êtes dans mon cœur. Que ce travail soit l'expression de mon amour envers vous.

Mes chers cousines, que ce travail soit pour vous un témoignage de ma profonde affection.

Mes amis pour votre fidèle amitié et les bons moments passés ensemble tout au long de mes études et en dehors.

Toutes nos salutations à tous nos collègues de la promotion master II option biotechnologie microbienne pour les sympathiques moments qu'on a passé ensemble, et que toute personne ayant participé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail trouve ici l'expression de nous vifs remerciements.

A amira ma binôme, qui est une très cher amie avant d'être ma binôme, merci d'avoir été la tout au long de nous études, ainsi qu'on dehors.

Ludmila

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale1

Chapitre I: Généralités sur les plantes médicinales

I.1 Généralités3

I.2 Définition3

I.3 Historique3

I.4 Phytothérapie4

I.5 Principes actifs5

I.5.1 Les différents groupes de principes actifs5

I.5.1.1 Les polyphénols5

I.5.1.2 Les alcaloïdes10

I.5.1.3 Terpènes et stéroïdes10

I.5.1.4 Saponosides11

I.5.1.5 Caroténoïdes12

I.5.1.6 Huiles essentielle12

I.5.2 Utilisation des plantes médicinales13

Chapitre II : *Curcuma longa*

I Présentations des zingiberaceae14

I.1 Habitat14

I.2 Répartition géographique14

I.3 Description botanique.....	14
II. <i>Curcuma longa</i>	15
II.1 Généralités.....	15
II.2 Etymologie.....	15
II.3 Historique.....	16
II.4 Origine et répartition géographique.....	17
II.5 Classification.....	18
II.6 Description botanique.....	18
II.7 Composition chimique.....	21
II.8 Curcumine.....	23
II.8.1 Structure chimique de la curcumine.....	23
II.8.2 Propriétés physico-chimique de la curcumine.....	24
II.9 Utilisation en médecine traditionnelle.....	24
II.10 Activités biologiques de <i>Curcuma longa</i>	25
II.10.1 Activité antioxydante.....	25
II.10.1.1 Définition d'un antioxydant.....	26
II.10.1.2 Radicaux libres.....	26
II.10.1.3 Espèces réactives à l'oxygène et stress oxydant.....	26
II.10.1.4 Mode d'action.....	27
II.10.2 Activité antibactérienne.....	28
II.10.2.1 Mode d'action.....	28
II.10.3 Activité anti-inflammatoire.....	31
II.10.4 Activité anticancéreuse.....	31
II.10.5 Activité antidiabétique.....	32

Chapitre III : Caractérisation phytochimiques et étude de l'activité antibactérienne

III.1	Présentation de l'étude.....	33
III.2	Préparation de la poudre.....	33
III.3	Préparation des extraits.....	33
III.3.1	Extraction aqueuse.....	33
III.3.2	Extraction éthanolique.....	34
III.4	Mise en évidence des principaux constituants chimiques.....	34
III.4.1	Recherche des stérols et polyterpènes.....	34
III.4.2	Recherche et dosage des polyphenols.....	35
III.4.3	Recherche et dosage des flavonoides.....	35
III.4.4	Recherche des tannins.....	36
III.4.5	Recherche et extraction des curcuminoïdes.....	36
III.4.5.1	Extraction par macération à froid.....	37
III.4.5.2	Extraction des curcuminoïdes par soxhlet.....	37
III.4.6	Recherche des saponosides.....	39
III.4.7	Recherche des glucosides.....	39
III.4.8	Recherche des alcaloïdes.....	39
III.4.9	Extraction des huiles essentielle.....	40
III.5	Activité antibactérienne.....	42
III.5.1	Souches tests.....	42
III.5.2	Standardisation des souches.....	42
III.6	Evaluation de l'activité antibactérienne.....	42
III.6.1	Antibiogramme.....	42

III.6.2 Détermination des concentrations inhibitrices.....43

III.7 Travaux antérieurs sur l'activité antibactérienne.....44

Conclusion46

Références bibliographiques

Résumé

Liste des tableaux

Tableau I: Etymologie de <i>Curcuma longa</i> (Delaveau, 1987; Swahn et Ciano, 1993; Loap, 2008).....	16
Tableau II: Classification botanique du <i>Curcuma longa</i>	18
Tableau III: Valeur nutritionnelle et énergétique de <i>Curcuma longa L</i> (shahide, 2016).....	22

Liste des figures

Figure 1: Les principaux acides phénoliques.....	7
Figure 2: Structure de base des flavonoïdes.....	8
Figure 3: Différentes structures des tanins.....	8
Figure 4: Structure chimique des terpènes.....	10
Figure 5: Structure de quelques caroténoïdes.....	12
Figure 6: Illustrations de <i>Curcuma Longa</i> , la plante d'où est extrait le curcuma, de sa racine et de l'épice.....	19
Figure 7: Rhizome de <i>Curcuma longa L.</i>	19
Figure 8: Pot de <i>Curcuma longa</i> souche comme sous le nom de <i>Curcuma long</i> (en haut) et de <i>Curcuma rond</i> (en bas).....	20
Figure 9: Feuilletage de <i>Curcuma longa L.</i>	20
Figure 10: Fleur de <i>Curcuma longa L.</i>	21
Figure 11: Structure chimique des constituants de l'huile essentielle.....	22
Figure 12: Structure chimique des curcuminoïdes.....	23
Figure 13: Dispositif d'évaporateur rotatif.....	37
Figure 14: Extraction au soxhlet.....	38
Figure 15: Schéma d'un montage d'hydrodistillation.....	41

Liste des abréviations

AO: antioxydant

AAO: activité antioxydante

BMH: Bouillon Muller-Hinton

B. subtilis: *Bacillus subtilis*

B. licheniformis: *Bacillus licheniformis*

B. macerans: *Bacillus macerans*

C. longa: *Curcuma longa*

CMI: concentration minimale inhibitrice

CO₂: Dioxyde de carbone

E. coli: *Escherichia coli*

FeCl₃: chlorure de fer (III)

HCl: Acide Chlorhydrique

HE: Huile essentielle

H₂SO₄: Acide Sulfurique

K. pneumoniae: *Klebsiella pneumoniae*

MeOH: Méthanol

Mg: milligramme

MH: Muller-Hinton

Min: minute

ml: millilitre

MS: métabolites secondaires

MTCC: Musées des techniques et cultures comtoises

nm : nanomètre

P. aeruginosa: *Pseudomonas aeruginosa*

pH: Potentiel Hydrogène

S. aureus: *Staphylococcus aureus*

UV: Ultraviolet

UFC: Unité formant colonie

Introduction

Introduction

Au travers des âges, l'utilisation thérapeutique des vertus extraordinaires des plantes pour le traitement des maladies de l'homme est très ancienne et évolue avec l'histoire de l'humanité. La recherche de nouveaux agents pharmacologiques actifs via le screening de sources naturelles a résulté dans la découverte d'un grand nombre de médicaments utiles qui commencent à jouer un rôle majeur dans le traitement de nombreuses maladies humaines (**Gurib-Fakim, 2006**).

Le recours à la médecine à base des plantes est profondément ancré dans notre culture, car l'Algérie est réputée par la richesse de sa flore médicinale qui comprend des centaines d'espèces végétales (**Ait youcef M, 2006**). Ainsi qu'elle a un savoir-faire testé de longue date par nos ancêtres. Parallèlement, toutes les cultures et les civilisations de l'Antiquité à nos jours dépendent entièrement ou partiellement de la phytothérapie en raison de leur efficacité, l'accessibilité, la disponibilité, faible toxicité et d'acceptabilité (**Akharaiyi et Boboye, 2010**).

Les propriétés antimicrobiennes des plantes aromatiques et médicinales sont connues depuis l'antiquité. Toutefois, il aura fallu attendre le début du 20ème siècle pour que les scientifiques commencent à s'y intéresser (**Yano et al., 2006**).

L'utilisation abusive des antimicrobiens dans la filière animale sous toutes ses formes contribue au développement de la résistance (**Sanders et al., 2011**). Il s'y ajoute l'absence de règles rigoureuses pour l'acquisition des antibiotiques dans certains pays en voie de développement et la circulation de médicaments de qualité inférieure et/ou contrefaits favorisent l'automédication d'une population en majorité peu instruite (**Goutard et al., 2017**).

Le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques a conduit les chercheurs à puiser dans le monde végétal et particulièrement les plantes médicinales et culinaires en quête de molécules naturelles efficaces et dénuées de tout effet adverse (**Rauter et al., 1989**).

Parmi ces plantes on a *Curcuma longa* qu'est utilisée depuis des siècles en médecine traditionnelle indienne (médecine ayurvédique) et chinoise, pour traiter l'asthme, les allergies, les désordres hépatiques comme la jaunisse, l'anorexie, les rhumatismes, le rhume et la sinusite (**Aggarwall et al., 2007**).

Curcuma longa, une plante herbacée vivace connue sous le nom de curcuma, fait partie des Zingiberaceae. Le rhizome est la partie de la plante utilisée en médecine; il est généralement bouilli, nettoyé et séché, ce qui donne une poudre jaune, le curcuma,

Introduction

l'ingrédient qui donne à la poudre de curry sa couleur jaune caractéristique. Les ingrédients actifs sont les tétrahydrocurcuminoïdes (**Osawa et al., 1995**), la curcumine, la déméthoxycurcumine et la bisdéméthoxycurcumine (**Wuthi-Udomler et al., 2000**).

En raison de ses applications répandues en tant qu'additif alimentaire, les constituants chimiques et les effets de *C. longa* ont suscité une grande attention. Jusqu'à présent, les études portant sur la composition chimique des rhizomes de *C. longa* ont abouti à l'isolement de plus de 200 composés, dont la plupart sont des curcuminoïdes et des sesquiterpénoïdes (**Sun et al., 2017**). L'utilisation de *C. longa* entraîne une agrégation antiplaquettaire (**Mohd Nor et al., 2016**), une anticoagulation (**Chattopadhyay et al., 2004**), une antiathérosclérose (**Ashraf et al., 2005**) et une protection cardiovasculaire (**Kapakos et al., 2012**).

Le présent manuscrit est scindé trois chapitres. Le premier chapitre est consacré pour accorder une vue d'ensemble sur les plantes médicinales, phytothérapie et les principes actifs. Le deuxième chapitre regroupe les principales informations sur les Zingiberaceae et *Curcuma longa* ainsi que ses activités biologiques.

En raison de la situation épidémiologique dans le pays et qui a touché tous les pays du monde causé par le virus coronavirus « COVID19 », qui se caractérise par une propagation rapide et continue, un système de quarantaine a été mis en œuvre dans le pays pour le contrôle de ce virus, de ce fait le début de notre stage pratique pour aboutir à l'objectif de notre étude a été mis en arrêt en cause de la dangerosité de ce virus. pour cela, nous nous sommes limités à une synthèse bibliographique analytique comportant le troisième chapitre sur la méthodologie à suivre pour la caractérisation physico-chimiques de la plante ainsi que déterminer son pouvoir antibactérien.

Chapitre I
plantes médicinales

I.1 Généralités

Les plantes médicinales sont toujours largement utilisées dans le monde, le nombre estimé des espèces médicinales utilisées est de 80 % de la population de la médecine traditionnelle du monde, et de ce fait dans le secteur pharmaceutique environ 53000 à 72000 espèces sont utilisées (Saidi *et al.*, 2015).

L'utilisation des plantes pour traiter des maladies est aussi ancienne que l'espèce humaine, les observations populaires sur l'utilisation et l'efficacité des plantes médicinales contribuent de manière significative à la divulgation de leurs propriétés thérapeutiques, de sorte qu'elles sont fréquemment prescrites (Maciel *et al.*, 2002).

1.2 Définition

Depuis l'aube de l'humanité, l'homme utilise les plantes dites médicinales pour se soigner et guérir des maladies.

Les plantes médicinales sont des drogues végétales possédant des propriétés médicamenteuses bénéfiques pour la santé humaine et dont au moins une de leurs parties (tige, feuille ou racine) possède des vertus curatives (Lesley, 2005). Leur action provient de leurs composés chimiques (métabolites primaires ou secondaires) ou de la synergie entre les différents composés présents (Sanogo, 2006). Toutefois ces plantes peuvent être toxiques selon leurs dosages comme Paracelse dit dans sa citation célèbre : « Tout est poison et rien n'est sans poison, c'est la dose qui fait le poison » (Chevallier, 2001; Lhuillier, 2007).

I.3 Historique

Des recherches approfondies ont révélé que les plantes médicinales de différentes formes, soit sous forme brute, soit sous forme de molécules pures isolées, représentent le mode de traitement le plus ancien. Les études archéologiques ont fourni des preuves raisonnables que les propriétés curatives des plantes étaient connues des peuples à l'époque préhistorique (Khan *et al.*, 2012).

La plus ancienne preuve écrite de l'utilisation des plantes médicinales pour la préparation de médicaments a été trouvée sur une plaque d'argile sumérienne de Nagpur, vieille d'environ 5 000 ans. Il comprenait 12 recettes pour la préparation de médicaments faisant référence à plus de 250 plantes différentes, certaines d'entre elles étant des alcaloïdes comme le pavot, la jusquiame et la mandragore (Kelly, 2009).

Le livre chinois sur les racines et les herbes «Pen T'Sao», écrit par l'empereur Shen Nung vers 2500 avant JC, traite 365 drogues (parties séchées de plantes médicinales), dont beaucoup sont utilisées de nos jours, notamment les suivantes: rhéome de Rhei, camphre, Theae folium, Podophyllum, la grande gentiane jaune, le ginseng, l'herbe jimson, l'écorce de cannelle et l'éphédra (**Petrovska, 2012**).

Tout au long du Moyen Âge, les médecins européens ont consulté les ouvrages arabes «De Re Medica» de John Mesue (850 après JC), «Canon Medicinæ» d'Avicenna (980-1037) et «Liber Magnae Collectionis Simplicum Alimentorum Et Medicamentorum » par Ibn Baitar (1197-1248), dans lequel plus de 1000 plantes médicinales ont été décrits (**Tucakov, 1964**).

Paracelsus (1493-1541) était l'un des promoteurs de médicaments préparés chimiquement à partir de plantes brutes et de substances minérales; néanmoins, il croyait fermement que la collecte de ces substances devait être déterminée astrologiquement (**Bojadziewski, 1992 ; Toplak Galle, 2005**).

Au XVIII^e siècle, dans son ouvrage Species Plantarum (1753), Linnaeus (1707-1788) fournit une brève description et une classification des espèces décrites jusque-là (**Jancic, 2002**).

Le début du XIX^e siècle a marqué un tournant dans la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales. La découverte, la justification et l'isolement des alcaloïdes du pavot (1806), de l'ipécacuanha (1817), du strychnos (1817), de la quinine (1820), de la grenade (1878) et d'autres plantes, puis l'isolement des glycosides, a marqué le début de la science pharmacie. Avec la mise à niveau des méthodes chimiques, d'autres substances actives issues de plantes médicinales ont également été découvertes telles que les tanins, les saponosides, les huiles éthériques, les vitamines, les hormones, etc. (**Dervendzi, 1992**).

I.4 Phytothérapie

Le mot "phytothérapie" se compose étymologiquement de deux racines grecques: « *phuton* » et « *therapeia* » qui signifient respectivement « plante » et « traitement », C'est une science à la fois ancestrale et moderne c'est-à-dire : elle exploite des savoirs transmis oralement de génération en génération à certaines catégories d'individus initiés : les tradipraticiens de santé et les herboristes qui sont censés développer cette immense discipline.

La Phytothérapie donc se définit comme étant une discipline allopathique destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnels et/ou certains états pathologiques au moyen

de plantes, de parties de plantes ou de préparations à base de plantes, qu'elles soient consommées ou utilisées en voie externe (Sanogo, 2006; Csupor, 2015).

La phytothérapie joue un rôle important dans le système de santé, la standardisation et le contrôle de qualité de produits à base de plantes est un problème qui limite leur intégration dans la médecine occidentale (Gad *et al.*, 2017).

De plus un produit à base de plante doit pour avoir une efficacité optimale, restituer toute la complexité moléculaire du végétale qui à l'origine de son activité thérapeutique, une attention particulière doit donc être portée au procédé utilisé pour l'extraction des composés (pelt, 2014).

I.5 Principe actifs

Les principes actifs sont des substances chimiques se trouvant dans une plante médicinale agissant directement sur l'organisme, de façon isolée ou en association pour un intérêt thérapeutique curatif ou préventif (Iserin, 2001).

Ces substances actives sont issues de plantes fraîches ou desséchées, se trouvant souvent dans la racine, parfois dans les fleurs, feuilles ou dans l'écorce (Iserin, 2001).

La recherche des principes actifs extraits des plantes est d'une importance capitale car elle permet la mise au point de médicaments essentiels. La tubocurarine, le relaxant musculaire le plus puissant, est dérivée du curare (*Chondroaendrontomentosu*) et la morphine, l'analgésique le plus puissant, est tirée du pavot à opium (*papaver somniferum*). D'autres anesthésiants proviennent des plantes la cocaïne, par exemple est tirée du coca (*Erythroxyllumcoca*), aujourd'hui, les plantes sont de plus en plus utilisées par l'industrie pharmaceutique, il est difficile d'imaginer le monde sans quinine (dérivée du genre *cinchona*) qui est employée contre la malaria, sans la digossine (du genre *Digitalis*) qui soigne le cœur, ou encore l'éphédrine (de genre *Ephedra*) que l'on retrouve de nombreuses prescriptions contre les rhumes. Ces trois plantes ainsi que beaucoup d'autres sont largement utilisées par la médecine classique.

I.5.1 Les différents groupes des principes actifs

I.5.1.1 Les polyphénols

Les composés phénoliques ou les polyphénols sont des métabolites secondaires largement répandues dans le règne végétal. Cette appellation générique désigne un vaste ensemble de substances aux structures variées qu'il est difficile de définir simplement. Ces

composés sont présents dans toutes les parties des plantes mais avec une répartition quantitative qui varient entre les différents tissus (**Richter, 1993; Bruneton, 1999**).

Ils présentent dans leurs structures au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (**Bruneton, 1999; Hennebelle et al., 2004**). Ils constituent un groupe de produits phytochimiques très diversifié avec plus de 8000 variantes structurales, allant de molécules simples, telles que les acides phénoliques à des composés hautement polymérisés, comme les tannins condensés (**Lugasi et al., 2003; Naczk et Shahidi, 2004; Rahman et al., 2006**).

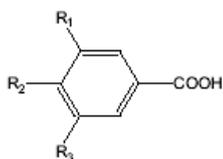
Les composés phénoliques, ne sont pas libres, ils se trouvent généralement sous forme d'esters, liés aux acides organiques, ou de glycosides, liés aux sucres (**Crozier et al., 2006; Vermerris et Nicholson, 2006**).

Ils sont synthétisés à partir de deux voies : Voie du Shikimate et Voie d'acétate (**Richter, 1993; Bruneton, 1999**):

Ils sont synthétisés au cours du développement normal ainsi qu'en réponse aux conditions du stress telles que les infections, les blessures entre autres les rayonnements UV. Les polyphénols sont capables de piéger des espèces radicalaires et de chélater les métaux de transition comme le Fer et le Cuivre qui permettent de catalyser les oxydations. Ils sont cependant présents en faible concentration dans le plasma et sont principalement retrouvés sous forme conjuguée et donc n'ont probablement que des effets indirects in vivo. Il paraît néanmoins que les polyphénols interagissent avec des cibles protéiques (enzymes, signalisation intracellulaire, récepteurs nucléaires...) ce qui leur assure des effets anti-athérogéniques, anti-inflammatoires, anti-thrombotiques, anti-cancérigènes (**Naczk et Shahidi, 2006; Roman et al., 2013**). Les principales classes de composants phénoliques sont les suivant:

a. Acide phénolique C6-C1 ou C6-C3

Un acide phénolique est un composé organique qui possède au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. Les acides phénoliques sont subdivisés en deux groupes principaux, les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques (figure 1). Les phénols possèdent des activités anti-inflammatoires, antiseptiques et analgésiques (**Bravo, 1998; Balasundram et al., 2006**).



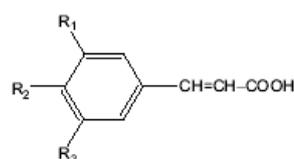
Dérivés d'acide benzoïque

$R_1=R_2=R_3=H$; acide benzoïque

$R_1=R_3=H$, $R_2=OH$; acide p-hydroxybenzoïque

$R_1=H$, $R_2=R_3=OH$; acide protocatechique

$R_1=CH_3O$, $R_2=OH$, $R_3=H$; acide vanillique



Dérivés d'acide cinnamique

$R_1=R_2=R_3=H$; acide cinnamique

$R_1=R_3=H$, $R_2=OH$; acide p-coumarique

$R_1=OH$, $R_2=R_3=H$; acide caféique

Figure n°1: Les principaux acides phénoliques (Liu, 2007).

b. Flavonoïdes C6-C3-C6

Ces composés représentent le groupe le plus vaste et le plus distribué dans le règne végétal (Chira *et al.*, 2008). Elles sont considérées comme des pigments quasi universels des végétaux qui peuvent participer dans les processus photosynthétiques (Tapiero *et al.*, 2002), dans la régulation de gène et dans le métabolisme de croissance (Havsteen, 2002). Aussi, ils sont impliqués dans les processus de défense contre les agressions des ultraviolets, la stimulation des nodules de fixation de l'azote et la résistance aux maladies (Bruneton, 1999; Marais *et al.*, 2006).

Le nom flavonoïde est issu du latin « Flavus » qui signifie jaune. Les flavonoïdes sont des pigments polyphénoliques qui contribuent, entre autres, à colorer les fleurs et les fruits en jaune ou en blanc. Les différentes couleurs dépendent de la structure mais également du pH du milieu (Guillouty, 2016; Iserin, 2001).

Les flavonoïdes contiennent 15 atomes de carbone rangés dans la configuration C₆-C₃-C₆; soit deux noyaux aromatiques A et B reliés entre eux par un hétérocycle oxygéné (C) (figure 2) (Erlund, 2004; Balasundram *et al.*, 2006).

De façon générale les flavonoïdes se trouvent soit à l'état libre, dans ce cas ils sont dits aglycones, soit sous forme de C- ou O-glycosides, et dans ce cas ils sont liés à des sucres tels que le glucose, le rhamnose, l'arabinose, ils peuvent en outre être des monomères ou des oligomères. On les trouve, d'une manière très générale, dans toutes les plantes vasculaires, où ils peuvent être localisés dans divers organes : racine, tiges, bois, feuilles, fleurs et fruits (Heim, 2002; Tsimogiannins et Oreopoulou, 2007).

Suggérant qu'ils pourraient exercer une multitude d'activités biologiques, notamment des propriétés antioxydantes, antiallergiques, vasculoprotectrices, anti hépatotoxiques, anti-

inflammatoires, antibactériennes, antiulcéreuses et même anti-tumorales significatives. (Ghedira, 2005).

Structuralement, les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes de molécules, dont les plus importantes sont les flavones, les flavonols, les flavanones, les isoflavones, les isoflavanones, les chalcones, les aurones et les anthocyanes, isoflavonoles, flavanes, isoflavanes, flavanols, isoflavanols (Tableau I) (Ghedira, 2005).

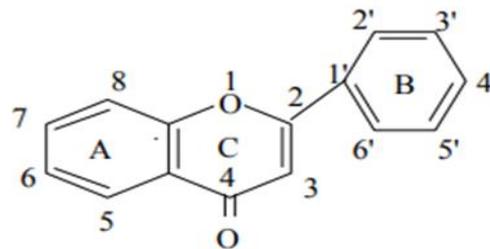


Figure n°2 : Structure de base des flavonoïdes (Alais *et al.*, 2003).

c. Tanins (C6-C3-C6) n

Cette classe désigne le nom général descriptif du groupe des substances phénoliques polymériques, ayant une masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 qui présente, à côté des réactions classiques des phénols, la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines (figure 3) (Makkar, 2003; Vermerris et Nicholson, 2006).

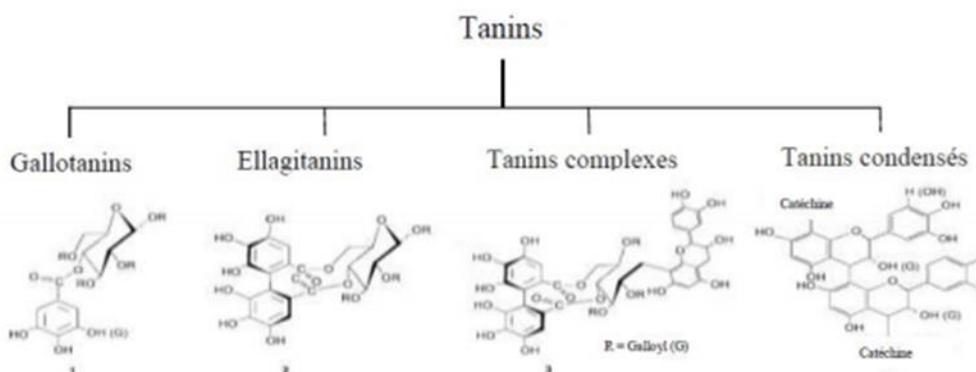


Figure n°3 : Différentes structures des tanins.

Les tanins se définissent comme des composés poly phénoliques ayant la propriété de tanner la peau, c'est-à-dire de la rendre imputrescible (Bravo, 1998).

Ils ont également le pouvoir de chélater les ions ferriques et cuivriques (Hagerman, 1998). Ils servent à protéger les végétaux contre les parasites. Ils ont un effet antioxydants ce

qui permet de lutter contre certains cancers. Ils sont également d'excellents protecteurs cardiovasculaires et ayant ainsi des propriétés anti-inflammatoires, antivirales et antiseptiques ainsi servent à réparer les tissus endommagés par un eczéma ou une brûlure (**Iserin, 2001**).

On distingue, d'après leur structure et leurs propriétés, deux types de tannins : les tannins hydrolysables et les tannins condensés (**Alkurd et al., 2008**).

d. Lignines

Ces composés de haut poids moléculaires contribuent à former, avec la cellulose et les dérivés hémicellulosiques, la paroi des cellules végétales. Ce sont des polymères tridimensionnels résultant de la condensation (copolymérisation) de trois alcools phénoliques simples. Les alcools sont oxydés en radicaux libres par une enzyme ubiquiste chez les plantes; la peroxydase. Les radicaux libres réagissent ensuite spontanément et au hasard pour former la lignine (**Macheix et al., 2006**). La lignine contribue à la résistance mécanique et à la rigidité des tiges lignifiées (**Vermerris et Nicholson, 2006**).

e. Lignanés

Ce sont des composés dont la formation implique la condensation d'unités phénylpropaniques (C6-C3) liées entre elles par différentes liaisons résultants de couplages oxydatifs (**Sainvitu et al., 2012**). Leur distribution botanique est large, plusieurs centaines de composés ont été isolés dans environ soixante-dix familles. Ils sont métabolisés par la flore colique libérant de l'entérodiol et l'entérolactone ; ils sont aussi considérés comme phytoestrogène (**Harborne, 1990; Krief, 2003**).

f. Stilbènes

Les Stilbènes sont des composés phénoliques contenant au minimum deux noyaux aromatiques reliés par une double liaison formant un système conjugué. Ils sont de type C6-C2-C6 comme les flavonoïdes. Ces molécules peuvent s'oxyder sous l'action d'enzymes, la stilbène oxydase et les peroxydases contrairement aux flavonoïdes (**Perret, 2001**). Les stilbènes existent sous leur forme aglycone comme le resvératrol (isomères *trans* et *cis*), ou encore sous leur forme glycosylée (picéïdes), ou méthylée (ptérostilbènes) (**Jeandet et al., 2002**). ce sont des phytoalexines, composés produits par les plantes en réponse à l'attaque par les microbes pathogènes fongiques, bactériens et viraux (**Bais et al., 2000; Crozier et al., 2006**). Les stilbènes sont aussi synthétisés en réponse à des stress abiotiques tels que le rayonnement UV (**Bais et al., 2000**).

I.5.1.2 Les alcaloïdes

Les alcaloïdes forment une grande famille hétérogène de métabolites secondaires, qui présentent un intérêt par leurs propriétés pharmacologiques et leurs applications en médecine.

Les alcaloïdes sont des composés organiques provenant essentiellement des plantes qui contiennent au moins un atome d'azote dans leur structure chimique, avec un degré variable de caractères basiques principalement extraits des plantes fleurissantes, mais se trouvent également chez quelques animaux comme les fourmis, les grenouilles et les coccinelles (**Harbone et Herbert, 1998**).

Les alcaloïdes renferment toujours du carbone, de l'hydrogène et de l'azote, et le plus souvent, en plus, de l'oxygène (exceptionnellement quelques alcaloïdes contiennent du soufre). Ils sont donc des produits aminés naturels qui ont des effets physiologiques sur l'organisme humain. Les alcaloïdes sont insolubles ou très peu solubles dans l'eau, solubles dans les solvants organiques apolaires (**Bruneton, 1999**).

Certains alcaloïdes sont utilisés comme moyen de défense contre les infections microbiennes (nicotine, caféine, morphine, lupinine) et des anticancéreux (vincristine et la vinblastine). Les alcaloïdes constituent la source la plus importante de nos médicaments (**Boughendjioua, 2014**).

I.5.1.3 Terpènes et stéroïdes

Les terpènes constituent une famille des hydrocarbures dérivant de l'isoprène (C₅H₈) (Figure 4). Les terpénoïdes ou isoprénoïdes constituent la famille la plus large et la plus diverse des produits naturels. Ils sont largement répandus dans le règne végétale mais on retrouve également quelques composés terpéniques complexes chez les animaux (squalène, cholestérol, hormones stéroïdiennes,...etc.) (**Bruneton, 1999**).

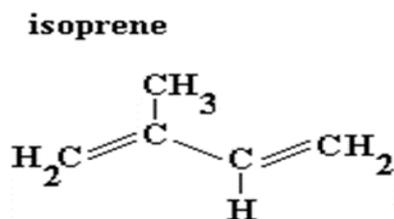


Figure n°4: Structure chimique des terpènes.

Le nombre d'unités isopréniques définit les différentes classes de terpènes : monoterpènes (C10), sesquiterpènes (C15), diterpènes (C20), sesterterpènes (C25), triterpènes (C30) et tétraterpènes (C40). Les terpènes simples en C10 et C15 sont certainement apparus tardivement au cours de l'évolution et caractérisent les plantes vasculaires ayant développé des appareils sécréteurs (**Bruneton, 1999**).

Les triterpènes sont des composés en C30 issus de la cyclisation de l'époxyqualène ou du squalène. Les stéroïdes peuvent être considérés comme des triterpènes tétracycliques ayant perdu au moins trois méthyles. Ce sont des métabolites secondaires dont l'intérêt thérapeutique et l'emploi industriel est majeur (**Bruneton et Barton, 1987**).

Les stéroïdes sont des tritèrpenestétracycliques, qui sont synthétisés à partir d'un triterpène acyclique, le squalène, bien qu'ils soient généralement modifiés et qu'ils possèdent moins de 30 atomes de carbone. Les stéroïdes qui possèdent un groupement alcool, ce qui est le cas chez pratiquement toutes les plantes supérieures sont le stigmastérol (**Hopkins, 2003**).

I.5.1.4 Saponosides

Saponine est un mot dérivé du latin « *sapo* », qui signifie savon car ses composés moussent une fois agités avec de l'eau (**Bogtter et Melzig, 2011**).

Les saponines sont des métabolites secondaires avec un vaste groupe de glycosides à poids moléculaire allant de 600 à 2000 Da (**Bogtter et Melzig, 2011**). Elles sont classées en deux groupes en fonction de la nature de leur squelette aglycone: Le premier groupe est constitué de saponines stéroïdiennes et le deuxième groupe est constitué de saponines triterpénoïdes. Les saponines brutes apparaissent sous forme de poudre blanche, avec un goût amer (**Bogtter et Melzig, 2011**).

Il semble que les saponosides jouent un rôle de défense du végétal contre les pathogènes microbiens (**Clark et Mason, 1987**). Ils ont une activité hormonale moindre et possèdent des propriétés hémolytiques et facilitent l'absorption des aliments mais parfois sont toxique à l'égard des animaux à sang froid (**Iserin, 2001**).

Les saponines ont des propriétés hémolytiques qui sont généralement attribuées à leur interaction avec les stérols de la membrane érythrocytaire (**Bogtter et Melzig 2011**). Elles sont douées d'une activité molluscicide, anti-inflammatoire (**Sparg et al., 2004**), antivirale, antifongique, herbicide, anti-hépatotoxique hypocholestérolémiant et anti-tumorale (**Man et al., 2010; Bogtter et Melzig 2011, Arslan et al., 2012**).

I.5.1.5 Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments liposolubles naturels, synthétisés par les plantes, contribuent à la coloration jaune, orange et rouge des végétaux (plantes, champignons, algues) (Stahl et Sies, 2004). Ils dérivent d'une structure basale à 40 carbones qui inclue un système de doubles liaisons conjuguées. Les caroténoïdes font partie de la famille des tétraterpénoides et ils sont divisés en deux groupes: les composés non oxygénés "les carotènes" tels que le bêta carotène et les composés oxygénés "les xanthophylles" tels que la lutéine (Tanumihardjo, 2013). La figure 5 montre quelques structures de caroténoïdes.

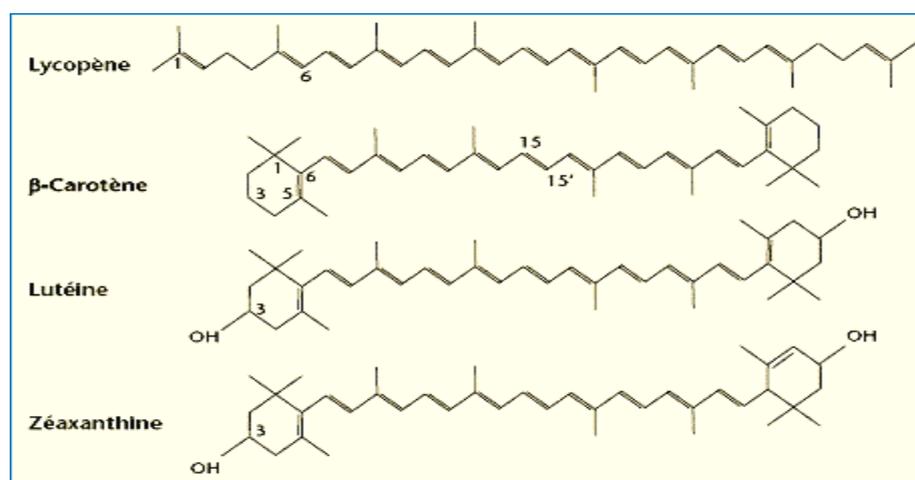


Figure n°5: Structure de quelques caroténoïdes (El- Agamey *et al.*, 2004).

Les caroténoïdes sont employés en industrie agro-alimentaire principalement pour leur pouvoir colorant (safran : *Crocus sativus* L. Iridaceae) mais on peut aussi noter qu'ils sont préconisés en cas de photodermatose puisqu'ils interfèrent avec les processus de photo-oxydation (Boughendjioua, 2014).

Les caroténoïdes sont également de puissants antioxydants capables de protéger les cellules vivantes contre des attaques de radicaux libres et des dommages oxydatifs par une action anti-mutagène, anticlastogène et anti-carcinogènes. (Beutner *et al.*, 2001). Certaines caroténoïdes sont des précurseurs de la vitamines A d'où jouent un rôle nutritionnel important et interviennent dans la perception visuelle (Pincemil *et al.*, 1998).

I.5.1.6 Huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de molécules volatiles issues des organismes vivants tels que le métabolisme secondaire des végétaux (Franz et Novak, 2010).

Les huiles essentielles extraites des plantes par distillation comptent parmi les plus importants principes actifs des plantes. Elles sont largement employées en parfumerie. Les huiles essentielles contenues telles quelles dans les plantes sont des composés oxygénés, parfois d'origine terpénoïde et possédant un noyau aromatique (Iserin, 2001).

Ce sont des substances caractérisées par un ensemble d'activités biologiques prouvées par la communauté scientifique, parmi lesquelles on peut citer brièvement l'activité antimicrobienne, antioxydante (Amorati *et al.*, 2013), anti-inflammatoire (Miguel *et al.*, 2005), analgésique (Bakkali *et al.*, 2008) et immunostimulante (Alexander, 2001).

I.5.2 Utilisation des plantes médicinales

Depuis plusieurs années, l'homme utilise les plantes médicinales dans plusieurs domaines y compris la cuisine (pour des raisons d'alimentation, de conservation des viandes ainsi pour dissimuler la piètre qualité des aliments), la teinture, les cosmétiques, la médecine ainsi que dans d'autres domaines d'industrie tel l'industrie pharmaceutique qui foisonnent actuellement sur le marché. Selon la fondation Gentiana pour la connaissance des plantes médicinales, que parmi les derniers médicaments obtenus à partir des plantes, on trouve le taxol, isolé de l'if (*Taxusbaccata*) qui a sa place dans le traitement des cancers gynécologiques. L'artémisinine, substance isolée d'une armoise chinoise (*Artemisiaannua*) est utilisée dans le traitement des formes résistantes de la malaria. On peut encore citer la galanthamine, obtenue de la perce-neige (*Galanthusnivalis*), utilisée depuis peu dans le traitement de la maladie d'Alzheimer. Ces trois molécules, très toxiques bien que naturelles, ne peuvent être utilisées que sur prescription médicale et avec un dosage précis (Richaud, 2014).

Chapitre II
Curcuma longa

I. Présentations des *zingiberaceae*

Beaucoup de plantes appartenant à la famille Zingiberaceae, ont des antécédents d'utilisation médicinale dans les systèmes de médecine traditionnelle. Les plus connus sont le gingembre (*Zingiber officinale*) et le curcuma (*Curcuma longa*), qui ont fait l'objet d'études pharmacologiques et cliniques importantes au cours des trois dernières décennies, mais de nombreuses espèces moins connues sont également utilisées, principalement en Asie tropicale. La majorité est indigène. Plusieurs espèces de la famille sont aussi des épices importantes (Wohlmuth., 2008).

I.1 Habitat

La majorité des espèces de Zingiberaceae sont des plantes mouleues des forêts tropicales, ils colonisent particulièrement et en abondance la flore indo-malésienne, c'est-à-dire de l'Inde à la Nouvelle-Guinée. Ils poussent surtout dans l'humidité ainsi dans les endroits ombragés et humides. Ils se trouvent aussi rarement dans la forêt secondaire et les régions à climat tempéré. Certaines espèces peuvent pleinement s'exposer au soleil et se développer à haute altitude (Sirirugsa., 1998).

I.2 Répartition géographique

Les Zingiberaceae sont distribuées principalement dans les zones tropicales et subtropicales. Le centre de la distribution est en Asie du sud-est. La plus grande concentration de genres et d'espèces se trouve dans la région de la Malaisie (Indonésie, Malaisie, Singapour, Brunei, Philippines et Papouasie-Nouvelle-Guinée). certaines espèces de cette famille se trouve en Afrique tropicale surtout au Nigeria (Sirirugsa., 1998).

I.3 Description botanique et caractéristiques des zingibéraceae

Zingiberaceae est l'une des plus grandes familles du règne végétal. Ce sont des ressources naturelles importantes qui fournissent de nombreux produits utiles pour l'homme. Les zingibéracées rassemblent une forte concentration de plantes aromatiques et productrices d'huiles essentielles, ce sont des plantes dites angiospermes monocotylédones, c'est-à-dire : ce sont des plantes à fleurs et elles n'ont qu'un seul cotylédon (Ross., 2005).

Cette immense famille, concerne uniquement des plantes herbacées qui peuvent être pérennes ou vivaces, elles ont un rhizome souterrain, des racines tubéreuses avec un feuillage

réparti en générale régulièrement tout le long de la tige et parfois il est en spirale avec des feuilles distiques et alternées ainsi des nervures ascendantes (**Quave., 2013**).

En effet, les espèces de la famille des zingibéracées ont une inflorescence très colorée réunie en épis ou en grappe avec des fleurs bisexuées et zygomorphes qui se diffèrent d'une espèce à une autre par leurs formes, couleurs, ainsi par leurs parfums et donnent en fruit des capsules ou des baies (**Gigon., 2012**).

La particularité des zingibéracées est leur pouvoir à s'adapter au climat chaud sous les tropiques ou dans les régions subtropicales ainsi dans les zones les plus tempérées (**Gigon, 2012**).

II *Curcuma longa*

II.1 Généralités

Curcuma longa est une plante tropicale qui appartient à la famille des zingibéracées, elle comporte un rhizome qui est une source de produits naturels appelé curcuminoïdes qui sont souvent utilisés en médecine traditionnelle (**Pikulthong et al., 2016**).

Traditionnellement, le curcuma avait de nombreuses applications comme la congestion respiratoire, dépuratif sanguin, utilisé aussi pour traiter ou pour la guérison de plusieurs maladies tel que la variole, le zona, ainsi que comme pansement pour les contusions, les foulures ainsi que les coupures (**Loap., 2008**).

La production des curcuminoïdes par *Curcuma longa* montre un pouvoir antioxydant, anti-inflammatoire, anti bactériale, anti fongique, anti virale et anti cardiogénique (**Loap., 2008**).

II.2 Etymologie

Le nom scientifique *Curcuma longa* fait allusion à sa forme allongée (**Lecerf., 2012**). Le nom curcuma a été inventé par Linné dans son « espèce plantarum » en 1753, probablement le mot dérive du mot arabe « kurkum » qui signifie couleur jaune. Cela est dû à la couleur jaune prédominante de rhizome souterrain une partie importante de la plante qui a été utilisée traditionnellement depuis des temps immémoriaux pour l'humanité (**Salvi et al., 2000; Shirgurkar et al., 2001**).

Là 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 merita (terre mérite) par le mot "turmeric" (Delaveau, 1987).

La ressemblance de sa poudre avec l'ancre minérale précieuse a donné le terme turmérique. De même, son nom chinois jianghuang, signifie gingembre jaune, une allusion au fait qu'il est de la même famille botanique que le gingembre et à la remarquable couleur de son rhizome.

Nom scientifique : *Curcuma longa*, *Curcuma aromatica*.

Noms communs : Safran des Indes, turmerie sauvage (Jesus., 2017).

Tableau I: Etymologie de *Curcuma longa* (Delaveau., 1987; Swahn et Ciano., 1993; Loap., 2008).

Langue	Appellations
Allemand	Kurkumawurzel
Anglais	Turmeric
Arabe	Kurkuma كركم
Chine	Jiang huang
Français	Curcuma long, Safran des Indes, Souchet de Babylone, Terre-mérite
Hindi	Haldi
Indonésien	Kunyit, Duan Kunyit (feuilles)
Japonais	Ukon
Javanais, malais	Temoe lawak
Latin	Curcuma
Sanskrit	Hridraa
Thaïlandais	Kha min
Vietnamien	Cu nghe (frais), Bot nghe (sec et moulu).

II.3 Historique

Le curcuma était très estimé des anciens indo-européens pour la teinture d'un beau jaune doré qu'on en tirait. Toutefois, son importance pour l'être humain s'est vraiment révélé

lorsqu'on a découvert, il y a longtemps, qu'ajoute aux aliments le rhizome en poudre permettait d'en conserver la fraîcheur, la sapidité et la valeur nutritive (**Loap., 2008**).

Le curcuma serait connu en chine depuis très longtemps puisque le plus vieux traite de médecine chinoise, PEN-TSAO de sheng nung écrit vers 2600 av j-c, le mentionne dans le traitement des douleurs rhumatoïdes (**Penso., 1986**).

L'usage de curcuma en inde serait apparu en tant que substitut de la safran et autre poudre jaune apportée par les anciens aryens lorsqu'ils envahirent cette partie du continent asiatique vers 2000 av j-c (**Dymock et al., 1890**).

L'atharvaveda est le premier texte hindou en rapport avec la médecine, faisant état de causes « vitales » de la maladie et non erratiques, il relate qu'il y a 6000 ans le curcuma était utilisé pour chasser la jaunisse. Plus récemment, Marco polo en 1280 retrace le transport du curcuma entre la chine et l'inde dans son journal de bord, pendant ce siècle la, les commerçants arabes ont desservi le marché européen depuis l'inde (**Hombourger., 2010; Jourdan., 2015**).

En 1450, on le retrouve à francfort sur une liste de drogues à côté du gingembre et de zédoaires (**Loap., 2008**).

Un peu plus tard, lors du début de la colonisation de l'inde par les anglais xv siècle, le curcuma fut mélangé, entre autres, avec du cumin et de la coriandre pour former ce que l'on appelle le curry (**Jourdan., 2015**).

Les premières descriptions de la plante et de l'origine de l'épice arrivent en Europe au XVI siècle (**Girre., 1981; Loap., 2008**).

II.4 Origine et répartition géographique

Watt (1972) a signalé qu'il n'y a pas preuves concluantes pour montrer que *Curcuma longa* est originaire de l'Inde, bien que plusieurs espèces de Curcuma se trouvent en Inde.

L'origine géographique exacte du curcuma est inconnue, mais il y a fort à parier qu'il pourrait être en Asie de Sud-est (**Velayudhan et al., 1999**). La répartition géographique du genre s'étend de l'Inde à la Thaïlande, l'Indochine, la Malaisie, l'Indonésie et en fin au nord de l'Australie (**Apavatjirut et al., 1999**).

Sa culture s'est répandue dans d'autre pays. Il n'y a pas de littérature documentée disponible sur l'origine et la distribution de l'Afrique et du Sud de l'Amérique (**Islam, 2004**).

Le curcuma est cultivé essentiellement dans les régions tropicales jusqu'à 2000 mètres d'altitudes (Grugeau., 1995).

II.5 Classification

Selon Rodolphe et al., (2010) et Anil et al., (2011), la classification botanique du *Curcuma longa* est comme suit (Tableau II).

D'après la classification phylogénétique, il existe de nombreuses espèces de *Curcuma* dont les propriétés sont exploitées en santé. Parmi ces espèces peuvent être citées le *Curcuma aeruginosa*, *Curcuma amada*, *Curcuma aromatica*, *Curcuma brog*, *Curcuma malabarica* ou encore *Curcuma sylvaticas*. (Delaveau, 1987; kumar et al., 2001; Deb et al., 2013; Gurung et al., 2017).

Tableau II: Classification botanique du *Curcuma longa*

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous classe	Zingiberidae
Ordre	Zingibérales
Famille	Zingiberaceae
Sous Famille	Zingiberoideae
Genre	Curcuma
Espèce	<i>Curcuma longa</i>

II.6 Description botanique

Morphologiquement, le genre *Curcuma* est très variable dans différents caractères taxonomiquement importants (Apavatjirut et al., 1999).

Le curcuma provient d'une plante herbacée rhizomateuse de la famille des Zingiberaceae (illustration de gauche). Son rhizome (illustration en haut à droite) est séché et

Réduit en poudre pour donner le curcuma (illustration du bas à droite) (figure 6) (Perr., 2008).

Curcuma longa est une grande plante herbacée, vivace, robuste, érigée, arbustive qui pousse sous tous les climats tropicaux, pouvant atteindre 1,50 mètre de haut, pérenne par son rhizome épais, charnu, ramifié (Wichtel et Anton, 2003; Divakaruni, 2006).



Figure n°6: Illustrations de *Curcuma Longa*, la plante d'où est extrait le curcuma, de sa racine et de l'épice.

La partie utilisée est le rhizome, qui peut être globuleux, ou cylindrique et ramifié, ce qui permet de différencier *Curcuma xanthorrhiza* (Curcuma rond) de *Curcuma longa* (Loap, 2008).



Figure n°7: Rhizome de *Curcuma longa* L. (Boullard, 2001).



Figure n°8: Pot de *Curcuma longa* souche comme sous le nom de *Curcuma longa* (en haut) et de Curcuma rond (en bas) (Boullard, 2001).

La surface externe est gris-jaune, marquée par la cicatrice des racines. La section est franche et finement granuleuse, d'une couleur jaune orangé (la curcumine est un pigment orangé). Sur le plan microscopique, on distingue des cellules parenchymateuses entre lesquelles circule un réseau vasculaire. Les cellules des tissus profonds sont remplies de nombreux grains (Delaveau, 1987). Les rhizomes représentent la partie consommée comme épice (Cheikh Ali, 2012). Une odeur aromatique se dégage après section du rhizome (Delaveau, 1987).

Feuilles vertes lancéolées, longues d'une cinquantaine de centimètres, à l'extrémité en pointe et engainées à leur base. Possèdent une puissante nervure axiale et des nervures secondaires parallèles. A l'aisselle des quelles, naissent les fleurs de couleur blanche ou jaune (figure 9) (Boullard, 2001).



Figure n°9: Feuilletage de *Curcuma longa* L. (Grugeau, 1995).

Les fleurs sont généralement jaunes et assemblées en épi. Elles mesurent entre 10 à 15 cm de long et leur pédoncule mesure 15 cm mais il est généralement caché par les gaines des

pétioles (figure 10) (Boullard, 2001; Wichtel et Anton, 2003; Jansen *et al.*, 2005; Jourdan, 2015). Les fleurs possèdent :

- Un calice tubulaire, court présentant 3 dents inégales.
- Une corolle tubulaire à base, puis divisée en 3 lobes jaunes inégaux.
- Des étamines dont une seule fertile, bifide, l'anthère présentant un large éperon courbé à la base.
- Un ovaire infère, trilobulaire, surmonté d'un style terminé par un stigmate simple et en crochet.



Figure n°10: Fleur de *Curcuma longa* L.

Le fruit, rarement produit, est une capsule à trois loges, contenant de nombreuses graines arillées (Grugeau, 1995; Jansen *et al.*, 2005).

II.7 Composition chimique

La poudre de *Curcuma* issue du rhizome séché est constituée chimiquement de plusieurs fractions, une fraction volatile (huiles essentielles) et un autre non volatile (Lucie, 2010).

La partie non volatile du *Curcuma* est riche en vitamine et minéraux comme le fer et manganèse, c'est donc une épice alcalinisante qui efficace pour l'acidose tissulaire qui est souvent responsable des états inflammatoires (shahide, 2016). La partie non volatile du *Curcuma* est composé aussi des protéines, lipides, sucres et composés phénoliques (curcumines).

Ce tableau résume les valeurs énergétique et nutritionnelle pour 100 g de poudre de *Curcuma longa*.

Tableau III : Valeur nutritionnelle et énergétique de *Curcuma longa* L (shahide, 2016).

Energie.	354 calories	Minéraux		Vitamines	
Eau.	11.36g	Calcium	183.00mg	Vit B1	0.15mg
Proteine.	7.38g	Cuivre	603.00ug	Vit B2	0.23mg
Sucre.	3.21g	Fer	41.42mg	Vit B3	5.14mg
Fibre.	21.10g	magnésium	193.00mg	Vit B6	1.80mg
Omega 3.	0.48g	manganèse	7083mg	Vit B9	39.00ug
Omega 6.	1.69g	Phosphore	268.00mg	Vit E	3.10mg
Omega 9.	1.66g	potassium	2525.00mg	Vit C	13.4ug

Pour 100 g de partie comestible, la poudre de curcuma contient approximativement :

Par distillation à la vapeur d'eau, les rhizomes produisent 2 à 7% d'huile essentielle, qui est rouge orangé et légèrement fluorescente. Ses constituants principaux sont un Sesquiterpène, zingiberène (25%) et ses dérivés cétoniques : la turmérone (35%) et l'arturmérone (dehydroturmérone) (12%). L'huile essentielle de curcuma se compose également en petites quantités de monoterpènes Oxygènes, associés à de petites quantités de sesquiterpènes hydrocarbonés et de monoterpènes hydrocarbonés (figure 11) (Jansen *et al.*, 2005; Christelle, 2010).

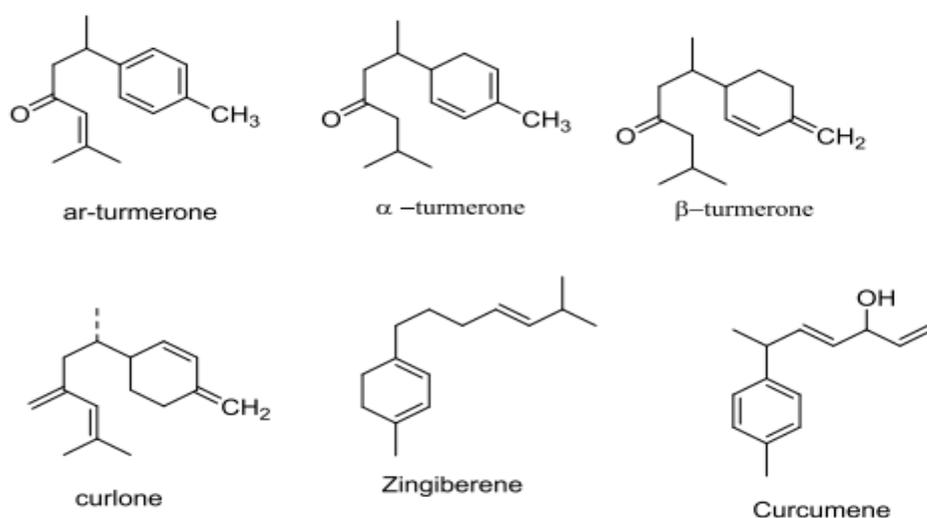


Figure n°11: Structure chimique des constituants de l'huile essentielle (dohare *et al.*, 2008).

L'extraction du rhizome à l'alcool éthylique, à l'acétone ou au chlorure de méthylène donne 6 à 10% d'oléorésine, qui contient 35 à 45% de curcumine et de ses dérivés, la déméthoxycurcumine et la bisdéméthoxycurcumine, connues sous le nom collectif de curcuminoïdes. Ces composés donnent au curcuma sa couleur jaune orangé, alors que l'huile essentielle lui confère son arôme et sa saveur typiques (Jansen *et al.*, 2005).

II.8 Curcumine

Les curcuminoïdes constituent la fraction active de l'extrait de Curcuma. Ils sont insolubles dans l'eau et doivent être extraits à l'aide de solvants (Jayaprakasha *et al.*, 2005). Les curcuminoïdes sont des molécules polyphénoliques. On en dénombre trois : la curcumine, aussi dénommée diféruloylméthane et ses molécules dérivées, la déméthoxycurcumine et la bisdéméthoxycurcumine (Kholi *et al.*, 2005; Portes, 2008).

II.8.1 Structure chimique de la curcumine

La curcumine est un polyphénole hydrophobe qui est une 1,7-bis-(4-hydroxy-3-méthoxyphenyl)-1,6-heptadiène-3,5-dione, de formule chimique $C_{21}H_{20}O_6$ (Cikrici *et al.*, 2008). La chaîne principale est aliphatique insaturée (composé carboné acyclique ou cyclique, ici insaturé, à l'exclusion de composés aromatiques) et d'un groupe aryle (groupement fonctionnel qui dérive d'un noyau aromatique, exemple le benzène) peut être substitué ou non (figure 13) (Cikrici *et al.*, 2008; Preetha *et al.*, 2008).

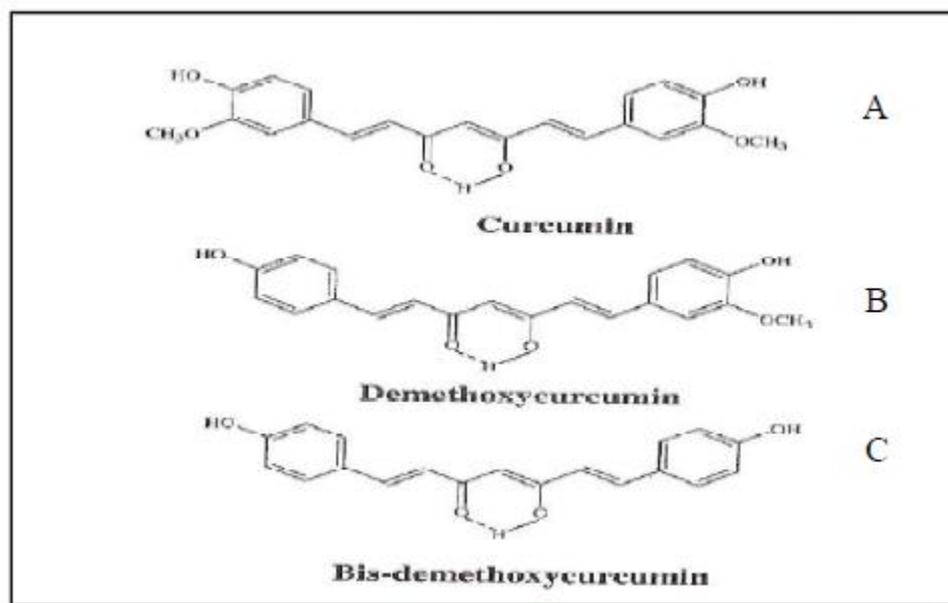


Figure n°12: Structure chimique des curcuminoïdes (Jayaprakasha *et al.*, 2005).

La curcumine disponible dans le commerce n'est pas une curcumine pure, mais plutôt est un mélange de la curcumine (approximativement 77%), du demethoxycurcumin (approximativement 18%) et du bisdemethoxycurcumin (Approximativement 5%) (**Basnet et al., 2010**).

II.8.2 Propriétés physico-chimiques

La curcumine pure se présente sous la forme d'une poudre cristalline jaune orangé, elle possède des propriétés physico-chimiques suivantes (**Grugeau, 1995; Prasad et al., 1997; Cikliçi et al., 2008; Perry, 2008; Hombourger, 2010**):

- La curcumine possède un point de fusion de 176-177°C (**Roughley et al, 1973**) mais **Cikliçi** et son équipe l'ont évalué à 184°C.
- Elle possède un poids moléculaire de 368.37g/mol (**Prasad et al., 1997**).
- Elle est insoluble dans l'eau (**aroujo et al, 2001**).
- Elle est soluble dans l'acétone, chloroforme, alcool et l'acide acétique (**aroujo et al, 2001**).
- La couleur de la curcumine est jaune à PH acide et rouge à PH alcalin (**goel et al, 2008**).
- Le maximum d'absorption de la curcumine au spectrophotomètre est à 430nm dans le méthanol et entre 415 et 420 nm dans l'acétone.

Elle est le composant majeur des activités biologiques relevées chez *Curcuma longa*. La plupart des préparations de curcuma contiennent entre 2 et 8% de curcumine.

II.9 Utilisation en médecine traditionnelle

La médecine traditionnelle représente un terrain fertile et une source d'exploration de nouveaux médicaments. La curcumine est, de cette catégorie, un colorant naturel jaune obtenu du rhizome du safran des Indes «*Curcuma longa* Linn» (**Bharat et al., 2008; Song et al., 2009**). Elle a été longtemps considérée, dans le monde entier, comme une substance alimentaire fonctionnelle en raison de ses propriétés sanitaires (**Almedia et al., 2005**).

Outre son utilisation dans la cuisine Indienne en tant qu'un colorant alimentaire et conservateur, le curcuma est utilisé en médecine ayurvédique pour traiter de nombreuses affections (**Bharat et al., 2008**), vu sa richesse en composés phénoliques à savoir les curcuminoïdes et les huiles essentielles à savoir monoterpénoïdes, sesquiterpénoïdes (**Tang et Eisenbrand, 1992**), le curcuma peut être utilisé aussi pour:

- Le traitement des otites chroniques, contre les manifestations allergiques et contre les manifestations inflammatoires (**Portes, 2008**);
- Les troubles digestifs et les flatulences (**Singh, 2007**): antiémétiques, antiulcéreux, antispasmodiques et antidispeptiques (**Hurtel, 2007**);
- Les affections broncho-pulmonaires: antiasthmatiques, antitussifs et expectorants (**Hurtel, 2007**);
- Les troubles génitaux féminins, comme «régulateur»: antiabortif, emménagogue et régulateur de la menstruation (**Hurtel, 2007**);
- Les maux de tête et rhumes (**Wichtl et Anton, 2003**);
- Les infections des yeux, de la peau, l'arthrite, acnés, entorses, blessures, jaunisse et autres (**Singh, 2007**);
- En tant que cicatrisant dont il accélère significativement la guérison des blessures et renforce la cicatrisation des plaies chez les diabétiques (**Ghanbari et al., 2008**).

De plus, il a été démontré que les composants de *Curcuma longa* ont des activités fongicides (**Kim et al., 2003**), insecticides (**Chander et al., 1991**), répulsives et antiseptiques (**Jilani et Saxena, 1990**) ainsi qu'un insecticide (**Chowdhury et al., 2000**).

II.10 Activités biologique de *Curcuma longa*

Dans les monographies de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), l'utilisation du curcuma est recommandée pour traiter les problèmes digestifs et les maladies inflammatoires (rhumatismes, arthrite, arthrose) et les troubles cardio-vasculaires, comme l'ont montré les études épidémiologiques. Le risque de cancer peut-être contenu avec ces propriétés. A ce sujet, le curcuma sert à empêcher la formation des tumeurs et à prévenir du cancer. Le curcuma aide dans le traitement de l'ostéoporose et à enrayer une perte osseuse post-ménopausique chez les femmes en déficit d'œstrogène. Le curcuma en réduisant les radicaux libres, est un antioxydant naturel. L'activité anti-oxydante et anti-inflammatoire du curcuma, utile pour éviter la maladie d'Alzheimer, contribue au bon équilibre nerveux et mental.

II.10.1 Activité anti-oxydante

Une grande partie de l'intérêt des recherches porte sur l'étude des molécules antioxydantes et leur incidence sur les radicaux libres (**Rios-Evans et al., 1997**).

L'action antioxydante de ces composés ne s'exerce pas seulement par l'inhibition des radicaux libres, mais elle se manifeste aussi par la neutralisation d'enzymes oxydantes et par la

chélation d'ions métalliques responsables de la production des espèces réactives de l'oxygène (Cotelle, 2001).

II.10.1.1 Définition d'un antioxydant

Les antioxydants sont des composés qui protègent les cellules de corps des dommages causées par les radicaux libres (Kim et al, 2003). Ces derniers sont des molécules très réactives qui seraient impliquées dans le développement des maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies liées au vieillissement (Trudeau, 2006).

Ces antioxydants peuvent avoir plusieurs origines, ils peuvent être produits dans l'organisme ou apportés par l'alimentation ou bien sont issus d'une synthèse chimique (Kalander et al., 2012).

II.10.1.2 Radicaux libres

Un radical libre est une molécule indépendante contenant un ou plusieurs électrons non appariés. Ces électrons offrent une très grande réactivité chimique aux radicaux libres qui cherchent à se stabiliser (Albert et al., 2003). Dans l'organisme l'oxygène est à l'origine des différents radicaux libres, l'ensemble de ces radicaux et de leurs précurseurs est souvent appelé espèces réactives de l'oxygène. Au niveau cellulaire les radicaux libres causent essentiellement l'oxydation des acides gras (Gladine, 2007), sur les protéines, les acides nucléiques (Ghedira 2005). Ils entraînent un stress oxydant quand ils sont en excès.

II.10.1.3 Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant

Les espèces réactives de l'oxygène (ERO) regroupent non seulement des radicaux libres (RL) (Berger, 2006), c'est-à-dire des substances chimiques (atome ou molécule) qui possèdent un électron non apparié, ce qui lui confère une grande instabilité et une forte réactivité (Ré et al., 2005), tels que l'anion superoxyde ($O_2^{\circ-}$) ou le radical hydroxyle ($^{\circ}OH$) mais également des dérivés non radicalaires tels que le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) ou les hydroperoxydes ($ROOH$) (Koechlin-Ramonatxo, 2006).

Le stress oxydatif est défini comme étant le déséquilibre entre la génération des espèces réactives de l'oxygène et la capacité du corps à neutraliser et à réparer les dommages oxydatifs. Ce phénomène entraîne des dommages au niveau de la structure des protéines, des lipides et des acides nucléiques. L'accumulation de ces lésions au cours du temps contribue au vieillissement cellulaire accéléré (Ghedira 2005; Benhammou 2009).

II.10.1.4 Mode d'action

Les activités chimiques des polyphénols en terme de leurs propriétés réductrices prédisent leur potentiel pour une action antioxydante (**Rice-Evans *et al.*, 1997**) due à leur capacité à piéger les ERO, donner des atomes d'hydrogène ou d'électrons, chélater les ions métalliques et moduler l'activité des enzymes (**Balasundram *et al.*, 2006**). L'efficacité antioxydative des polyphénols dépend de leur structure chimique (**Moure *et al.*, 2001**).

Acides phénoliques

Ce sont de puissants antioxydants qui peuvent piéger les ERO et chélater les métaux de transition. Leur activité dépend du nombre et de la position des groupements hydroxyles en relation avec le groupement fonctionnel carboxylique (**Barreira *et al.*, 2008**).

Flavonoïdes

Ces composés phénoliques sont des agents antioxydants capables de piéger les RL en agissant comme des donneurs d'hydrogène et d'électrons. Certains flavonoïdes peuvent aussi agir comme antioxydants par réaction directe avec les radicaux pour former des produits moins réactifs (**Le *et al.*, 2007**). Ils chélatent les métaux et inhibent les réactions de Fenton et Haber-Weiss, qui sont des sources importantes d'ERO (**Lugasi *et al.*, 2003**).

Tannins

Les tannins sont des antioxydants souvent caractérisés par le pouvoir réducteur et les activités de piégeage (**Rahim *et al.*, 2008**). Les tannins hydrolysables inhibent la peroxydation des lipides et les tannins condensés inhibent la formation des superoxydes.

Les extraits de curcuma présentent une activité anti-oxydante significative bien connue depuis longtemps, bien que les extraits aqueux et huileux aient montré dans les études *in vitro* et les modèles *in vivo* une réelle activité anti-oxydante, la curcumine représente le composé étudié le plus efficace,

Osawa *et al.* (1995) ont étudié et comparé l'activité antioxydante des trois curcuminoïdes naturels issus du curcuma que sont la curcumine C1, la déméthoxycurcumine C2 et la bisdéméthoxycurcumine C3 et de leurs dérivés hydrogénés THC1, THC2, THC3, *in vitro* en utilisant l'acide linoléique dans un système éthanol / eau, comme substrat modèle ainsi que des membranes d'érythrocytes de lapins et rats vivants. La tétrahydrocurcumine THC1 s'est avérée avoir la plus forte activité antioxydante parmi les 6 molécules testées, dans

chaque système. Les auteurs en ont conclu que ces résultats suggéraient que THC1 joue un rôle important dans le mécanisme antioxydant *in vivo*.

Augustine Amalraj et al. (2016) ont révélés que des extraits étudiés avec le test de DPPH présentaient une capacité de piégeage des radicaux libres, la plus élevée étant observée chez *Curcuma longa* et *Zingiber officinale*, ce qui est en accord avec les travaux antérieurs de **(Aruoma et al., 1997)**.

L'effet de la curcumine sur la peroxydation lipidique a également été étudié dans divers modèles par plusieurs auteurs. La curcumine est un bon antioxydant et inhibe la peroxydation des lipides dans les microsomes hépatiques du rat, les membranes érythrocytaires. La peroxydation lipidique a un rôle principal dans l'inflammation, les maladies cardiaques et le cancer **(Araújo et Leon 2001)**.

II.10.2 Activité antimicrobienne

Les composés phénoliques sont des précurseurs des polymères structurels, ils servent de molécules de signalisation ou fonctionnent comme agents antimicrobiens **(Hammerschmidt, 2005)**.

II.10.2.1 Mode d'action

Le mode d'action des polyphénols sur les microorganismes peut être lié à l'inhibition des enzymes hydrolytiques (protéases et carbohydrases) ou d'autres interactions inactivant les adhésines microbiennes, les protéines de l'enveloppe cellulaire et des interactions non spécifiques avec des hydrates de carbone, etc. **(Cowan, 1999; Mohamed et al., 2009)**.

Acides phénoliques

L'action des phénols sur les microorganismes est liée au (x) site (s) et au nombre de groupements hydroxyles. En effet, l'augmentation d'hydroxylation augmente leur toxicité. En outre, les phénols les plus oxydés sont plus inhibiteurs. Les mécanismes responsables de leur toxicité comprennent une inhibition d'enzymes par les composés oxydés, par réaction de groupements sulfhydryles ou par des interactions non spécifiques avec des protéines **(Cowan., 1999)**.

Les phénylpropanoïdes développent leur action contre les bactéries à travers l'interaction avec la membrane cellulaire, cette activité est due au caractère hydrophobe des

hydrocarbures cycliques, ce qui leur permet d'interagir avec les membranes cellulaires et de s'accumuler dans la bicouche lipidique des bactéries.

Cette interaction provoque la fluidification de la membrane et son expansion, ce qui entraîne une diminution du gradient ionique transmembranaire (**Calsamiglia et al., 2007**).

Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont synthétisés par les plantes en réponse aux infections microbiennes (**Lopez-Lazaro, 2009**). Il a été montré *in vitro*, que ce sont des substances antimicrobiennes efficaces contre une large gamme de microorganismes (**Ullah et Khan, 2008**).

L'action des flavonoïdes sur la cellule bactérienne est pléiotropique, c'est à dire qu'un même composé peut agir sur différentes cibles. Les flavonoïdes peuvent cibler la paroi bactérienne, la membrane cytoplasmique, inhiber la synthèse de l'ADN et interférer avec des voies métaboliques (**Cushnie et Lamb, 2005a**).

Les catéchines s'intercalent entre les phospholipides membranaires et provoquent une réduction de la fluidité de la membrane, générant une inhibition de certaines fonctions membranaires (**Huber et al., 2003; Blanco et al., 2005; Stapleton et al. 2007**). Ces composés sont aussi connus pour leur capacité à potentialiser les effets de certains antibiotiques (**Blanco et al., 2005**).

La synthèse de l'ADN peut être inhibée par certains flavonoïdes. La quercétine inhibe la topoisomérase II (ADN gyrase) d'*E.Coli* en se liant à la sous unité GyrB (**Cushnie et Lamb, 2005a**). Le site de fixation de l'ATP et de la quercétine est chevauchant, il en résulte une inhibition de son activité ATPasique. (**Cushnie et Lamb, 2006**).

Les flavonoïdes interfèrent avec la voie de biosynthèse des acides gras, l'EGCg inhibe de façon compétitive les enzymes bactériennes de synthèse des acides gras FabG et Fab I (bacterial fatty acid synthase) par liaison au site de fixation du cofacteur NAD(P) H, comme il inhibe aussi le complexe déjà formé; le FabG-NADPH (**Zhang et Rock, 2004**).

Tannins

La toxicité des tannins pour les microorganismes peut être liée à leur propriété astringente qui peut induire une complexation avec les enzymes ou les substrats, à leur action

sur les membranes des microorganismes et à leur capacité à complexer les ions métalliques (Akiyama *et al.*, 2001).

L'intégrité et la fonction de la membrane plasmique peuvent être affectées par les tannins, à des concentrations sub-inhibitrices d'acide tannique la respiration de *Cellvibrio fulvus* est inhibée (Henis *et al.*, 1964). Funtagawa *et al.* (2004) ont rapporté l'effet bactéricide des tannins hydrolysables sur *Helicobacter pylori*, dû à leur agrégation avec la membrane cytoplasmique. Jones *et al.* (1994) ont démontré l'inhibition des protéases de *Streptococcus bovis* et de *Butyrivibrio fibrisolvens* par les tannins condensés, confirmant ainsi l'action des tannins sur les enzymes bactériennes.

Les vertus antimicrobiennes des huiles essentielles sont bien connues et bien documentées. En effet, de nombreux travaux de recherche ont mis en évidence leur puissante activité antiseptique agissant aussi bien sur les bactéries, les champignons pathogènes que les virus leur conférant ainsi diverses indications thérapeutiques. L'huile essentielle de *Curcuma longa* inhibe le développement de plusieurs micro-organismes.

Une étude de poussins infectés par le parasite *Eimeria maxima* a démontré que les régimes complétés avec 1% de curcuma ont entraîné une réduction de lésions intestinales et un gain de poids amélioré (Akram *et al.*, 2010).

Thongsson (2005) a rapporté que l'huile essentielle de curcuma et de gingembre est efficace sur *Listeria monocytogenes* mais non sur les salmonelles. Chattopadhyay *et al.*, (2004) rapporte que la fraction huileuse de *Curcuma longa* et la curcumine suppriment la croissance de plusieurs bactéries comme *Streptococcus*, *Staphilococcus*, *Lactobacillus*

La curcumine joue un rôle dans l'inhibition de la croissance de *Helicobacter pilori* (Wessler *et al.*, 2005).

L'activité antibactérienne a été déterminée pour l'extrait de curcuma et la curcumine pure. Aucun des échantillons n'a eu d'activité contre les bactéries gram négatives *E. Coli* et *Pseudomonas aeuroginosa* (Cikrici *et al.*, 2008).

La curcumine a une action bactériostatique sur le staphylocoque, alors que l'extrait alcoolique ainsi que l'huile essentielle sont bactéricides. L'intérêt grandissant pour le curcuma est lié à son efficacité sur les staphylocoques multi-résistants, fréquents dans les infections nosocomiales, et sa capacité à rendre l'oxacilline efficace quand il est administré concomitamment.

II.10.3 Activité anti-inflammatoire

Dans de nombreux modèles expérimentaux, la fraction huileuse volatile (huile essentielle) de *Curcuma longa* montre une activité anti inflammatoire (**arora et al., 1971 ; chandra et al., 1972**). Son effet dans ces études est comparable à la cortisone et à la phénylbutazone (dans le traitement de l'arthrite rhumatoïde. Quant, la curcumine ce révèle très efficace lors des inflammations aigue, avec une activité aussi importante que la phénylbutazone, alors que sur les modèles d'inflammation chronique son activité n'est que de 50 %. Cependant, elle a l'avantage de ne pas présenter de toxicité (**ghatak et al., 1972; mukhopadhyay et al., 1982 ; srimal et al., 1973**).

Le curcuma peut ainsi soigner l'arthrose, les tendinites, les névralgies, les sciaticues. Dans les pays d'Asie, il est prescrit contre toutes les douleurs (musculaires, articulaires), les rhumatismes, la polyarthrite, l'artériosclérose, les complications cérébrales et coronariennes, les maladies neurodégénératives (Alzheimer, Parkinson). Des études ont montré qu'au cours des radiothérapies et chimiothérapie, l'association de la curcumine a permis de réduire les inflammations et les lésions de la peau (**Shahid., 2016**).

Dans la première étude clinique sur l'efficacité de la curcumine en tant qu'antirhumatisme, les chercheurs ont comparé son pouvoir antirhumatisme à celui de la phénylbutazone chez 18 personnes. Chaque personne a reçu une dose journalière soit de 1200 mg de curcumine, soit de 300 mg de phénylbutazone pendant 2 semaines. La curcumine était bien tolérée à cette dose et exerçait une activité comparable à la phénylbutazone. Ces résultats confirment ceux obtenus au cours d'un essai préliminaire qui avait montré des effets bénéfiques de la curcumine sur la maladie de Crohn (**Hombourger., 2010**).

Deodhar et al (1980) ont étudié l'action anti-inflammatoire de la curcumine chez les patients atteints de polyarthrite rhumatoïde. L'étude a démontré une amélioration significative de la durée de la raideur matinale, du temps de marche et du gonflement des articulations, avec la curcumine, qui était presque comparable à la phénylbutazone.

Satoskar et al (1986) ont évalué la propriété anti-inflammatoire de la curcumine chez des patients souffrant d'une inflammation postopératoire. L'effet du médicament sur les paramètres individuels a révélé que la phénylbutazone et la curcumine avaient de meilleures réponses anti-inflammatoires chez ces patients par rapport au placebo.

II.10.4 Activité anticancéreuse

Les phytothérapeutes ont eu accès depuis des centaines d'années a des données d'observation sur l'activité anticancéreuse de nombreuses plantes, retranscrites dans des textes traditionnels (**Li et al., 2004**).

Cette action anticancéreuse est due à la présence de composés phytochimiques tels que les composés sulfurés, les terpènes, les saponines et les Polyphénols (curcuminoïdes, flavonoïdes et catéchines) (Dorai *et al.*, 2004; Sharma *et al.*, 1994).

La curcumine est connue depuis longtemps pour son pouvoir à prévenir le cancer de la peau, du sein, des poumons, de la vessie, du colon, et plus récemment de la prostate. **Li et ses collaborateurs** ont étudié l'effet du curcuma sur les lignées cellulaires de carcinome du pancréas et ils ont montré que la curcumine inhibe sa croissance (Li *et al.*, 2004).

Curcuma longa et son principe actif, la curcumine, exercent des propriétés antitumorales à différents stades de développement des tumeurs. Cette action a dans un premier temps été observée avec la plante entière. En effet, *Curcuma longa*, contenu a une concentration de 1% dans un régime alimentaire supprime chez les souris des tumeurs spontanées siégeant un niveau des glandes mammaires (Grugeau., 1995).

Évaluation de l'activité anticancéreuse La curcumine a un effet sur une variété de voies biologiques impliqué dans la mutagenèse, l'expression oncogène, le cycle cellulaire régulation, apoptose, tumorigenèse et métastase. Il montre un effet antiprolifératif dans plusieurs cancers et agit comme inhibiteur du facteur de transcription NF- κ B et produits géniques en aval. Dans de plus, il affecte une variété de récepteurs de facteurs de croissance et molécules d'adhésion cellulaire impliquées dans la croissance tumorale, angiogenèse et métastase (Gurung *et al.*, 2017).

II.10.5 Activité antidiabétique

Les curcuminoïdes et les sesquiterpénoïdes du curcuma ont récemment montré une activité hypoglycémiant dans le diabète de type 2.

Nishiyama et al travaillant sur le développement d'aliments fonctionnels, ont publié une étude sur des souris avec des extraits par éthanol et par hexane du curcuma. En quatre semaines, la complémentation a empêché l'augmentation du taux de glycémie observé dans le groupe témoin. Cette activité hypoglycémiant est due à l'activation des PPAR γ (Proliferative-ActivatedReceptoe-gamma) par l'intermédiaire de son ligand GAL-4- PPAR γ (kuroda *et al.*, 2005; nishiyama *et al.*, 2005).

Chapitre III

Caractérisation

phytochimiques et étude

de l'activité

antibactérienne

Chapitre III Caractérisation phytochimiques et étude de l'activité antibactérienne.

III.1 Présentation de l'étude

Notre étude prévue être réalisée au niveau du Centre d'Analyse et contrôle de qualité et fraude, Bouira porte sur :

1. Préparation des différents extraits du *Curcuma longa* (rhizome) (extrait aqueux, éthanolique)
2. Dosage des antioxydants (Composés phénoliques, Flavonoïdes, Caroténoïdes) des extraits *Curcuma longa*.
3. Extraction des huiles essentielles
4. L'évaluation l'activité antibactérienne des extraits *Curcuma longa*.

Vu la situation mondiale stressante due à l'ampleur et aux conséquences du COVID-19, difficiles à concevoir, notre stage n'a pas été accompli. Pour cela et afin de développer ces objectifs, on a opté pour ce présent chapitre dans lequel on va essayer de décrire la démarche général à poursuivre en se basant sur des travaux antérieurs et données bibliographiques.

III.2 Préparation de la poudre

Les rhizomes de *Curcuma longa* ont été lavés deux fois à l'eau de robinet et une troisième fois à l'eau distillée pour éliminer les impuretés éventuelles. Puis séchées à l'air libre, Selon **Ribéreau-Gayon, 1968**, le séchage a une importance majeure pour l'extraction des composés phénoliques, car les cellules végétales contiennent des enzymes susceptibles de provoquer des modifications dans la composition phénoliques de la plante. Les rhizomes ont été coupés en petits morceaux, puis broyés à l'aide d'un broyeur électrique. Les poudres ainsi obtenues ont été tamisées à l'aide d'un tamiseur automatique, pour obtenir des poudres fines et homogènes dont la granulométrie est inférieure ou égale à 125 µm. Ces poudres ont été conservées dans des bocaux en verre teintés, hermétiquement scellés et à l'abri de la lumière (**Shameli et al., 2012; Jain et Parihar, 2018**).

III.3 Préparation des extraits

III.3.1 Extraction aqueuse

➤ Extraction par décoction

Pour préparer la décoction, 500 g poudre de rhizome de *Curcuma longa* ont été placés dans des béciers en quartz et 500 ml d'eau bouillante ont été ajoutés; On a fait bouillir les

Chapitre III Caractérisation phytochimiques et étude de l'activité antibactérienne.

échantillons pendant 15 minutes puis on les a filtrés (papier Whatman n ° 4). Puis le filtrat est centrifugé à 3600 rpm pendant 10 minutes, le surnageant contenant les composés phénoliques est récupéré. Cet extrait obtenu est évaporé à sec sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif. Puis conservé dans des flacons fumés à 4°C à l'obscurité.

➤ Extraction par infusion

Pour préparer l'infusion, on a placé 500 g poudre de rhizome de *Curcuma longa* dans des béchers en quartz et on a ajouté 500 ml d'eau bouillante; Les échantillons ont été laissés au repos à la température ambiante pendant 15 minutes puis filtrés (papier Whatman n ° 4). Le filtrat est centrifugé à 3600 rpm pendant 10 minutes, le surnageant contenant les composés phénoliques est récupéré. Cet extrait obtenu est évaporé à sec sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif. Puis conservé dans des flacons fumés à 4°C à l'obscurité.

III.3.2 Extraction éthanolique

L'extrait éthanolique a été préparé comme décrit par **Talbi et al. (2014)**. 500 g poudre des rhizomes de *Curcuma longa*, sont extraits au moyen de 200 ml d'éthanol à la température ambiante pendant 24 heures sous agitation mécanique et à l'abri de la lumière. Ensuite le mélange est filtré sur le gaz et une deuxième fois sur papier Whatman N°3. Après macération, l'extrait est filtré avec du papier Whatman n ° 4 et l'éthanol a été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif à une température de 40 ° C. Les extraits obtenus sont conservés à 4°C à l'abri de l'humidité et de la lumière.

III.4 Mise en évidence des principaux constituants chimiques

Le but de mettre en évidence la présence ou l'absence des principaux métabolites secondaires. Les tests sont réalisés soit sur la poudre, soit sur le décocté ou infusé soit sur l'extrait éthanolique (**Moyse, 1976**).

L'examen phytochimique a été réalisé essentiellement afin de détecter les différentes classes de composés chimiques existants dans la plante (alcaloïdes, tanins, flavonoïdes, saponines, coumarines...)

III.4.1 Recherche des stérols et polytèrènes

La mise en évidence des stérols et des polytèrènes s'est faite grâce à la réaction de liebermann-Burchard.

Chapitre III Caractérisation phytochimiques et étude de l'activité antibactérienne.

2 mg d'extrait sec ont été dissous dans de l'anhydride acétique, chauffés à ébullition, refroidis et ensuite 1 ml d'acide sulfurique concentré a été ajouté. La formation de couleur verte a indiqué la présence de stéroïdes et la formation d'un anneau de couleur violette a indiqué la présence de triterpénoïdes (**Pooja et Vidyasagar, 2016**).

Ou bien on utilise le **test de Slakowski**: dans un tube à essai, ajouter à 1ml d'extrait, 0,4 ml de chloroforme et 0,6 ml d'acide sulfurique concentré. La formation d'un anneau marron-rouge à l'interphase indique la présence des terpénoïdes (**Harborne et Herbert, 1998**).

III.4.2 Recherche et Dosage des polyphénols

Pour la recherche et la caractérisation des composés appartenant au groupe des polyphénols nous utilisons la réaction au chlorure ferrique.

0,5 ml de solution de FeCl₃ (p / v) ajouté dans 2 ml de solution d'essai, formation d'une couleur intense indique la présence de phénols.

Pour le dosage des polyphénols, la méthode utilisée est basée sur la réaction des composés phénoliques avec le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMO₁₂O₄₀). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. La coloration produite, dont l'absorption maximale est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux (**Cicco et al., 2009**).

La teneur en composés phénoliques totaux, des extraits préparés ci-dessus, est déterminée par une méthode spectrophotométrique décrite par **Li et al. (2007)**, en mélangeant 200 µl d'extrait dilué avec 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué 1/10 dans de l'eau distillée. Après 4 minutes on ajoute 800 µl de carbonate de sodium saturé (75g/l), Après 2 heures d'incubation à température ambiante et à l'obscurité l'absorbance est mesurée à 765 nm. Les concentrations en composés phénoliques des extraits sont déterminées en se référant à une courbe d'étalonnage, obtenue avec l'acide gallique. Les résultats sont exprimés en mg équivalents d'acide gallique par g de matière sèche (mg EAG/g MS).

III.4.3 Recherche et Dosage des flavonoïdes

Les composés appartenant au groupe des flavonoïdes sont mis en évidence grâce à la réaction shinoda.

Chapitre III Caractérisation phytochimiques et étude de l'activité antibactérienne.

La réaction de Shinoda (ou réaction de la cyanidine) est basée sur l'obtention de couleurs caractéristiques du noyau flavonoïdique après sa réduction par l'hydrogène naissant issu d'un métal plongé dans la solution en milieu acide.

Dans un tube à essai contenant 0,5 ml de l'extrait, 10 gouttes d'acide chlorhydrique dilué suivies d'un petit morceau de magnésium ont été ajoutées. La formation de couleur rouge, orange ou violet a indiqué la présence de flavonoïdes.

Les flavonoïdes possèdent des groupements hydroxydes OH libre en position 5, susceptibles de donner en présence du chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) un complexe très stable de couleur jaunâtre. Ce dernier peut être dosé par un spectrophotomètre UV-VIS à une longueur d'onde 415 nm (**Djeridane et al., 2006**).

Pour 2ml d'une solution d'extrait (3mg/ml) de plante, un volume équivalent du trichlorure d'aluminium à 2% préparé dans du méthanol, est ajouté. Le mélange est vigoureusement homogénéisé et laissé reposer pendant 15minutes à l'obscurité, la lecture est effectuée à 430 nm. Les concentrations en flavonoïde sont déterminées en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec la quercétine. Les résultats sont exprimés en mg équivalents quercétine par g de matière sèche (mg EQ/g MS).

III.4.4 Recherche des tannins

Pour la recherche de la présence des tanins, on utilise deux tests :

Test de chlorure ferrique: 1,5 g de matériel végétal sec sont placés dans 10 ml de MeOH 80 %. Après 15 minutes d'agitation, les extraits sont filtrés et mis dans des tubes. L'ajout de $FeCl_3$ 1 % permet de détecter la présence ou non de tanins. La couleur vire au bleu noir en présence de tanins galliques et au brun verdâtre en présence de tanins catéchiques (**Rizk et al., 1982**).

Test de gélatine: à 2 ml de solution de test, une solution de gélatine à 1% contenant 10% de chlorure de sodium a été ajoutée pour obtenir un précipité blanc (**Deb et al., 2013**).

III.4.5 Recherche et extraction des curcuminoïdes

Le *Curcuma longa* contient des composés connus sous le nom de curcuminoïdes qui comprend la curcumine, la déméthoxycurcumine et la bisdéméthoxycurcumine. La curcumine est le composé principal des curcuminoïdes (**Chainani-Wu, 2003**). Il est responsable de la

Chapitre III Caractérisation phytochimiques et étude de l'activité antibactérienne.

majorité de ces activités biologiques (Joe *et al.*, 2004). La couleur des curcuminoïdes est jaune brillante à pH acide et rouge à pH alcalin (Chirnomas *et al.*, 2006).

Pour la recherche, on dépose 5g de poudre de curcuma dans 10 ml de l'eau javel, la coloration rouge indique la présence des curcuminoïdes.

III.4.5.1 Extraction de la curcumine par macération à froid

La macération (extraction solide-liquide) est une opération qui consiste à laisser séjourner la Matière végétale de Curcuma (poudre) dans les solvants pour extraire les principes actifs (Curcumine). Cette méthode d'extraction a été effectuée selon le protocole décrit par Romani *et al.* (100):

40 g de la poudre de curcuma sont macérés à température ambiante pendant 5 jours avec 100 ml de solutions des solvants : Ethanol et Acétone. Après filtration sur un papier filtre N° 1, les filtrats ont été évaporés à l'aide d'un évaporateur rotatif, qui est programmé à 79° C pour l'éthanol et à 59°C pour l'acétone, pendant 20 min à 4000 t/min à température ambiante. Nous avons obtenu des extraits bruts secs qui sont sous forme d'une pate marron orange, et conservés à 4 °C jusqu'à utilisation (figure 13).



figure13: dispositif d'évaporateur rotatif

III.4.5.2 Extraction des curcuminoïdes par soxhlet

Pour l'extraction des curcuminoïdes la technique de soxhlet a été mise à profit. C'est une technique connu comme l'extraction par solvant des échantillons solides aussi communément appelé « extraction solide-liquide », elle sert non seulement à éliminer et

Chapitre III Caractérisation phytochimiques et étude de l'activité antibactérienne.

séparer les composés d'intérêt des fractions insolubles de haut poids moléculaire, mais aussi d'autres composés qui pourraient interférer avec les étapes suivantes du processus analytique (Soxhlet 1879).

Les curcuminoïdes sont extraits avec l'utilisation de l'appareil de Soxhlet, le matériel végétale a été coupé en petits morceaux et réduit en poudre (figure 14) (Naz *et al.*, 2010; Patil *et al.*, 2011), puis 40g d'échantillons est entassé dans une cartouche qui est déposée dans le Soxhlet, 150g solvant méthanol sont versés directement sur le broyat , l'extraction dure 6h pour assurer l'extraction complète des curcuminoïdes, le solvant a été partiellement évaporé pour obtenir la solution sursaturé des curcuminoïdes, Puis cette solution a été soumise à un refroidissement à 4 °C, après la cristallisation, les cristaux des curcuminoïdes formé de couleur jaune orangé ont été séparé par filtration. Les curcuminoïdes ont été séchés et mesure pour calculer le rendement (Patil *et al.*, 2011).

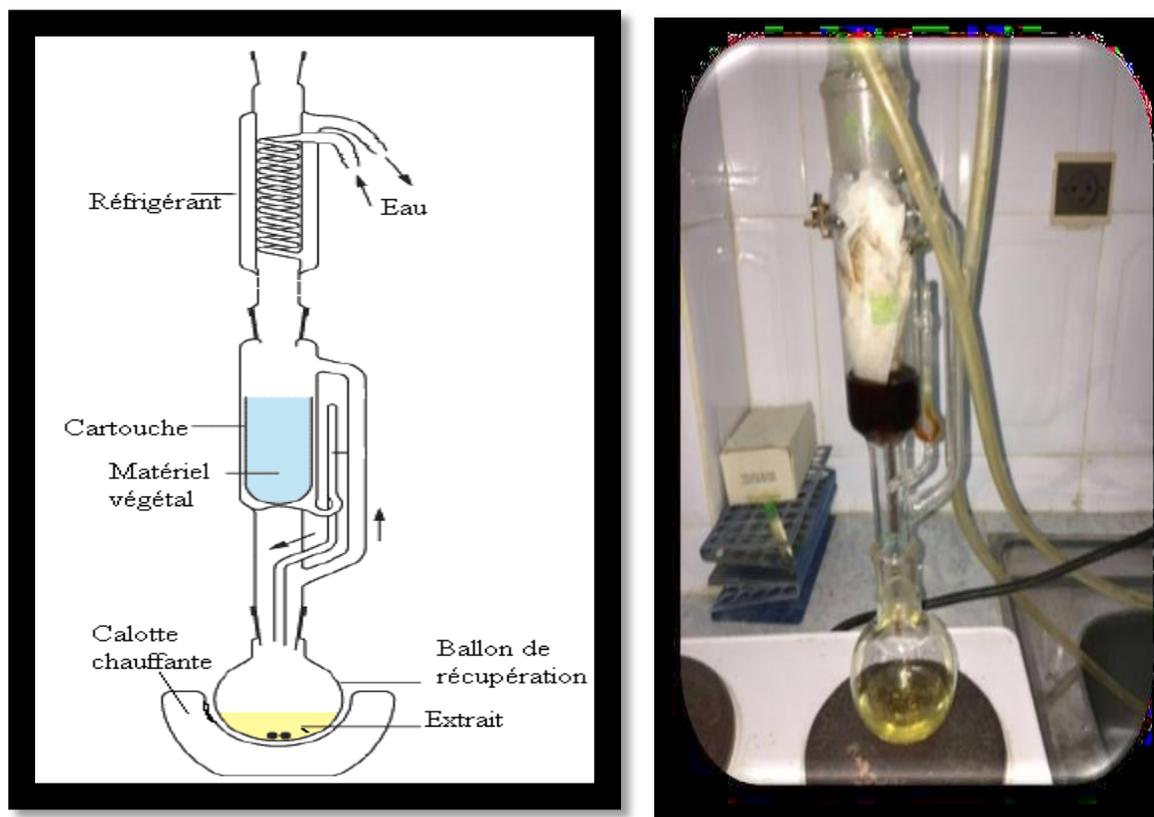


Figure 14: Extraction au Soxhlet.

Chapitre III Caractérisation phytochimiques et étude de l'activité antibactérienne.

III.4.6 Recherche des saponosides

Leur présence est déterminée quantitativement par le calcul de l'indice de mousse, degré de dilution d'un décocté aqueux donnant une mousse persistante dans des conditions déterminées (**Dahou *et al.*, 2003**).

Leur mise en évidence dans une drogue végétale est basée sur leur pouvoir aphrogène c'est-à-dire, la possibilité qu'ont leurs solutions aqueuses de mousser par agitation (**Bruneton, 1993**).

5 ml d'extrait ont été mélangés avec 20 ml d'eau distillée puis agités dans un cylindre gradué. Pendant 15 minutes, la formation de mousse indique la présence de saponine (**Kulip *et al.*, 2010; Sawant et Godghate, 2013**).

III.4.7 Recherche des glucosides

La recherche des glucosides se fait par plusieurs tests:

- **Keller-Killiani:** 2 ml de chloroforme est ajouté à 1 ml de l'extrait, l'apparition d'une coloration brun-rougeâtre après l'ajout de H₂SO₄ indique la présence des glucosides (**Yam *et al.*, 2009**).

- **Test de fehling:**

Dans un tube à essai, ajouter 2 ml de liqueur de Fehling (1 ml réactif A et 1 ml de réactif B) à 1 ml d'extrait, les tubes sont incubés au bain marie bouillant pendant 8min. L'apparition d'un précipité rouge brique indique la présence des composés réducteurs (**Deb *et al.*, 2013**).

- **Test de Legal:** L'extrait a été dissous dans de la pyridine, une solution de nitroprusside de sodium y a été ajoutée et rendue alcaline. la couleur rose ou rouge indique la présence de glycosides (**Pawar *et al.*, 2014**).

III.4.8 Recherche des alcaloïdes

La mise en évidence des alcaloïdes est basée sur leur capacité à former des précipités ou des complexes insolubles avec des métaux lourds et/ou des métalloïdes (Bi, Hg, I₂, etc.) contenus dans les « réactifs généraux des alcaloïdes » (Mayer, Bouchardat, Dragendorff, etc.).

Chapitre III Caractérisation phytochimiques et étude de l'activité antibactérienne.

- **Test de Dragendorff**

Introduire 10 g de poudre végétale sèche dans un erlenmeyer, à laquelle 50ml de H₂SO₄ dilué au 1/10 avec de l'eau distillée est ajouté. Ce mélange a été agité et macéré pendant 24 h. Ensuite, dans 1ml du filtrat, 5 gouttes de réactif de Dragendorff sont ajoutées. L'apparition d'un précipité orange, révèle la présence d'alcaloïdes (**Azzi, 2013**).

- **Test de Wagner**

Un volume de 2 mL de chaque extrait a été mélangé avec 0.5 mL de réactif de Wagner. La formation d'un précipité brun rougeâtre indique la présence d'alcaloïdes (**Kokate et al., 2001**).

- **Test de Mayer**

Ce test est réalisé pour mettre en évidence les alcaloïdes, 1ml de chaque extrait (séparément) est ajouté à 3ml de l'acide sulfurique (1%), le mélange est placé au bain marie à 100°C pendant 5 minutes, on a ajouté ensuite 5 gouttes de réactif de Mayer, la formation d'un précipité blanc a indiqué une réaction positive (**Alilou et al., 2014**).

- **Test de Hager**

Dans un tube à essai, verser de 2ml d'extrait et quelques gouttes de réactif de Hager. La formation d'un précipité jaune confirme la présence d'alcaloïdes (**Pooja et Vidyasagar, 2016**).

III.4.9 Extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont extraites de diverses parties de la plante (feuilles, fleur, tige, écorces). Dans le cas du curcuma, elles sont contenues dans les rhizomes. Leur synthèse et leur accumulation s'effectuent dans les cellules et canaux sécréteurs (**Rakotomalala, 2004; Malecky, 2008**).

Il existe diverses techniques d'extraction d'HE contenues dans les matériels végétaux. Parmi ces méthodes, on peut citer : l'hydrodistillation, l'entraînement à la vapeur, l'expression, l'enfleurage, l'extraction par solvant, et l'extraction par CO₂ supercritique (**Rkotalalala, 2004**).

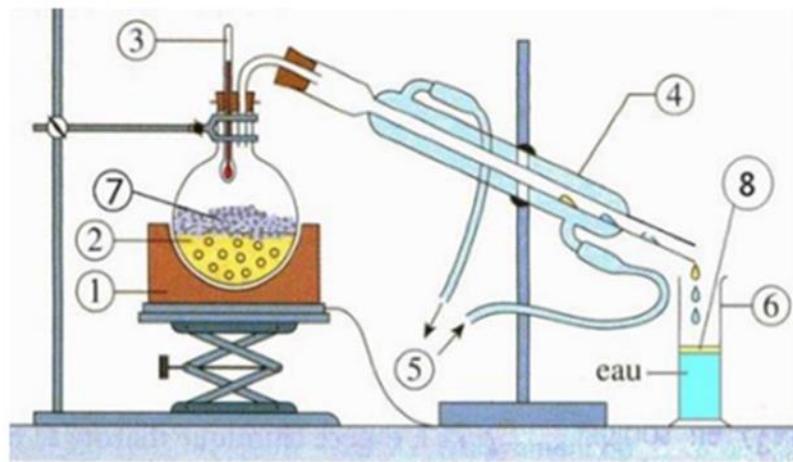
Étant donné que les HE sont très peu solubles dans l'eau, la méthode de l'hydrodistillation a été mise à profit.

Il s'agit d'une distillation simultanée de deux substances non miscibles (huile essentielle et eau). L'ébullition de ces deux substances se produit à une température inférieure

Chapitre III Caractérisation phytochimiques et étude de l'activité antibactérienne.

au point d'ébullition de la substance la plus volatile, c'est-à-dire l'essence contenue dans la plante.

Sous l'effet de la chaleur, les cellules de stockage libèrent les principes aromatiques qui sont entraînés par la vapeur d'eau. Cette vapeur hétérogène passe par un circuit réfrigérant. Une fois condensés, les deux liquides sont recueillis et forment deux phases, l'huile, plus légère, surnageant au-dessus de l'eau.



- | | |
|------------------|---|
| 1-Chauffe ballon | 5-Entrer et sortie d'eau de refroidissement |
| 2-Ballon | 6-Eprouvette graduée |
| 3-Thermomètre | 7-Matière à extraire l'essence |
| 4-Réfrigérant | 8-La couche d'HES |

Figure 15: schéma d'un montage d'hydrodistillation.

- **le protocole d'extraction**

Le matériel végétal séché est soumis à une hydrodistillation au moyen d'un dispositif d'extraction type Clevenger (figure15) (**Clevenger, 1928**).

L'opération consiste à introduire 100 g de masse végétale séchée (rhizome de curcuma découpé en petits morceaux puis moulu) dans un grand ballon en verre, on y ajoute une quantité suffisante d'eau distillée sans pour autant remplir le ballon et éviter les débordements de l'ébullition. Le mélange est porté à ébullition à l'aide d'un chauffe ballon. Les vapeurs chargées d'huile essentielle passent à travers le tube vertical puis dans le serpentin de refroidissement où aura lieu la condensation. Les gouttelettes ainsi produites s'accumulent.

Chapitre III Caractérisation phytochimiques et étude de l'activité antibactérienne.

L'huile essentielle de faible densité par rapport à l'eau, surnage à la surface de cette dernière. L'huile ainsi obtenue est récupérée puis conservée dans des flacons opaques bien scellés à température basse (4-5 C°). L'opération d'extraction dure trois heures à partir du début d'ébullition (figure 17) (Bousbia, 2011).

III.5 Activité antimicrobienne

III.5.1 Souches tests

Pour l'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de *Curcuma longa*, des curcuminoïdes et l'huile essentielle, on utilise des souches bactériennes soit Gram positif ou bien Gram négatif (Singh *et al.*, 2017).

III.5.2 Standardisation des souches

L'activité de tout agent antimicrobien dépend de la densité de la suspension cellulaire de la souche cible utilisée. La taille de l'inoculum bactérien est un élément primordial contribuant de façon essentielle à la qualité des résultats de l'antibiogramme, d'où la nécessité de standardiser l'inoculum bactérien. Ce dernier est préparé, dans de l'eau physiologique, à partir d'une culture pure de 18h. Cette suspension bactérienne est soumise à un balayage entre 380-780 nm afin de déterminer la longueur d'onde maximale de chaque souche. Une suspension bactérienne initiale, d'une opacité équivalente à une absorbance de 0,5 à différentes longueurs d'ondes de chaque suspension bactérienne, est préparée. Ensuite une série de dilutions décimales est réalisée dans de l'eau physiologique stérile (10^{-1} à 10^{-9}). Un volume de 0,1 ml de chaque dilution est ensemencé en surface (gélose PCA) se servant d'un râtelier étaleur. Après incubation à 37°C pendant 24 heures un dénombrement est réalisé.

III.6 Evaluation de l'activité antibactérienne

III.6.1. Antibiogrammes

L'activité antimicrobienne des extraits de *Curcuma longa* est évaluée en utilisant la méthode de diffusion sur milieu gélosé " méthode de l'antibiogramme".

Le protocole suivi dans la présente étude, pour réaliser cet antibiogramme, est rapporté par plusieurs auteurs Chevalier *et al.*, 2003; Kablan *et al.*, 2008 ou les disques d'antibiotiques sont remplacés par des disques imprégnés avec les différents extraits. A partir d'une culture jeune de 18 à 24 heures, des colonies isolées sont prélevées puis mises dans 9ml d'eau physiologique, après homogénéisation de la suspension bactérienne, l'absorbance de la

Chapitre III Caractérisation phytochimiques et étude de l'activité antibactérienne.

suspension est ajustée à une absorbance de 0,5 à 625nm. Des boîtes de pétri coulées avec le milieu gélosé Mueller Hinton de 4mm d'épaisseur, sontensemencées, par écouvillons, à partir de suspensions de souches tests de 10^8 UFC/ml, des disques de papier stériles sont déposés dans des boîtes de pétri stérile puis imprégnés avec un volume de 20 μ l des différents extraits de plante à différents concentrations. Les boîtes de Pétri sont mises au réfrigérateur à 4°C pendant trois heures pour une pré-diffusion .Des zones d'inhibition autour des disques sont mesurées en millimètres après incubation à 37°C/24heures pour les souches bactériennes (**Bansemir *et al.*, 2006**).

Les solvants d'extraction (éthanol absolu et eau) sont utilisés comme témoin négatif. un standard de polyphénol (acide gallique) est testée vis-à-vis de toutes les souches cibles.

III.6.2. Détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI)

La CMI est définie comme la plus faible concentration inhibant toute croissance bactérienne visible à l'œil nu, après 18 à 24 heures d'incubation (**Caquet, 2004**). La CMI des extraits de plante (extrait éthanolique, décoction et l'infusion) des souches tests est déterminée par la méthode de micro dilution).

✚ Préparation de la microplaque

Distribution de 100 μ l de bouillon Muller Hinton dans chaque cupule à part pour la première colonne où l'on met 200 μ l à l'aide de la micropipette multicanaux de préférence. Dans la cupule contenant 200 μ l de bouillon Muller Hinton, on y ajoute un volume de l'extrait.

✚ Les dilutions

Bien mélanger l'extrait avec le MHB à l'aide de la micropipette et prélever 100 μ l de ce mélange et l'ajouter à la cupule adjacente et ainsi de suite jusqu'à l'avant dernière cupule et jeter les 100 μ l restant (c. à. d de la cupule 1 à la cupule 10). Les deux cupules (cupule 11 et 12) serviront des témoins positif et négatif pour le control de l'inoculum et l'extrait.

✚ Préparation de l'inoculum

La suspension bactérienne dans le bouillon Muller Hinton à une Absorbance de = 0,08 – 0,1 et à une longueur d'onde de 625 nm, équivalent à 5.10^8 UFC/ml. Inoculation de 5 μ l de la suspension dans chaque . Les microplaques ont été incubées à 37°C/24h.

✚ Lecture

D'abord vérifier s'il y croissance dans la cupule témoin négatif (milieu avec l'extrait) et témoin (milieu bouillon Muller Hinton).La CMI étant la plus faible concentration où il n'y a plus de croissance.

Chapitre III Caractérisation phytochimiques et étude de l'activité antibactérienne.

III.7 Travaux antérieurs sur l'activité antibactérienne

La fraction huileuse de *Curcuma longa* et la curcumine suppriment la croissance de plusieurs bactéries comme *Streptococcus*, *Staphilococcus*, *Lactobacillus*... (**Araujo et Leon, 2001; Chattopadhyay et al., 2004; Naz et al., 2010**).

L'extrait aqueux aurait des effets antibactériens, et la curcumine pourrait prévenir la croissance d'*Helicobacterpylori*, *in vitro* (**Chattopadhyay et al., 2004**).

L'activité antibactérienne a été déterminée pour l'extrait de *curcuma* et la curcumine pure. Aucun des échantillons n'a eu d'activité contre les bactéries gram négatives *E Coli* et *Pseudomonas aeuroginosa* (**Cikrici et al., 2008**). Wessler a conclu au très fort pouvoir antibactérien de la curcumine face au germe gram négatif *Neisseria gognorrhoeae* (**Wessler et al., 2005**).

Une modeste activité a été mesurée pour *S. aureus* et *E. feacalis*. Quelques signes positifs face à des mycobactéries non tuberculeuses, telles que *M smegmatis*, *M lerrae*, *M simiae*, *M kansasii*, *M szulgai* (**Cikrici et al., 2008**).

L'extrait du *Curcuma longa* montre une zone d'inhibition importante à une concentration de 300 mg/ml sur la souche bactérienne *Bacillus subtilis* avec un diamètre de 7.5 mm, mais l'extrait est moins efficace pour *staphylococcus aureus* qui montre une zone d'inhibition de 7 mm, en comparaison aux autres souches bactérienne qui montre une zone d'inhibition variant de 6.1 à 6.7mm, l'extrait du *Curcuma longa* ne possède pas un pouvoir inhibiteur contre *klebsiella pneumonia* a des concentrations variant de 20 à 200 mg/ml, mais montre une zone d'inhibition de 6.5 mm a une concentration variant de 250 à 300 mg/ml (**Singh et al., 2017**).

L'extrait du rhizome de *Curcuma longa* a montré une activité antibactérienne efficace, son rhizome a souvent été utilisé pour l'étude de ces propriétés antimicrobienne, il a également rapporte que les curcuminoïdes isolées des rhizomes de *c.longa* présente une activité antibactérienne importante contre *B.subtilis*, *E. Coli*, *S.aureus*, alors qu'il a montré une activité modérées contre *k. pneumonia*, ainsi que *pseudomonas aeroginosa* (**Naz et al., 2010**).

Shaima et al, (1997) ont enregistré un diamètre important de 28 mm vis-à-vis de la souche *s.aureus* en étudiant l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Curcuma longa* qui a dépassé même celui de la gentamycine qui a enregistré un diamètre de 17 mm contre la même souche bactérienne.

Chapitre III Caractérisation phytochimiques et étude de l'activité antibactérienne.

Gille et al, (2002) ont trouvé que l'huile essentielle de *Curcuma longa* a exercé une importante activité antimicrobienne que celles des composées majoritairement utilisé seules. Ce constat conduit à dire que les composées minoritaires peuvent avoir un rôle actif ou synergétique.

Conclusion

Conclusion

Au terme de ce travail, nous pouvons donc dire que l'utilisation des plantes médicinales pour prévenir ou guérir des maladies était l'une des premières pratiques thérapeutiques dans l'histoire de l'humanité.

Les plantes médicinales restent toujours la source fiable des Principes actifs connus par leurs propriétés thérapeutiques, notre travail permet de statuer sur l'effet potentiel de la plante *Curcuma longa* sur les microorganismes pathogènes

L'étude bibliographique a montré que le principe actif majeur du *Curcuma longa* est la curcumine, agit sur de nombreuses cibles et a le potentiel de traiter diverses maladies.

En effet, la curcumine protègerait contre le cancer, les maladies cardiovasculaires, la maladie d'Alzheimer, la cataracte, le paludisme, la toxicité liée aux médicaments et bien d'autres pathologies.

Le curcuma a montré une activité antibactérienne puissante et d'autres actions pharmacologiques au cours des 50 dernières années. Il fait partie de notre alimentation quotidienne et son utilisation en grande quantité depuis l'Antiquité a prouvé qu'il était un produit sûr. Le curcuma a été commercialisé en tant que complément de santé principalement pour ses propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. En outre, il a également un fort potentiel pour être développé dans un antibiotique contre diverses souches bactériennes à l'avenir. Cependant, les défis mentionnés dans les sections précédentes doivent être pris en considération pour ouvrir la porte au développement de dérivés de curcuma plus biologiquement actifs. Des recherches plus approfondies sont nécessaires afin de mieux comprendre l'action générale de curcuma avant de développer ce composé ou ses dérivés en un antibiotique potentiel.

Des études antérieures sur l'effet antimicrobien de *C. longa* ont montré une activité assez importante sur *B.subtilis*, *E. Coli*, *S.aureus* et une activité modérée sur *K.pneumoniae* et *E.feacalis*.

Toutefois, il serait souhaitable de compléter la présente étude par une expérimentation pour caractériser le Curcuma du marché Algérien et isoler et identifier les principes actifs responsables des activités antibactériennes et enfin l'évaluation des différentes activités biologiques *in vivo*.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

A

- **Aggarwal, B. B., Sundaram, C., Malani, N., & Ichikawa, H. (2007).** Curcumin: the Indian solid gold. In *The molecular targets and therapeutic uses of curcumin in health and disease* (pp. 1-75). *Springer, Boston, MA.*
- **Ait youcef M. (2006).** Plantes médicinales de kabylie. *Édition Ibis press* .349p
- **Akharaiyi, F.C. and Boboye, B. (2010).** Antibacterial and phytochemical evaluation of three medicinal plants. *Journal of Natural Products* **3**: 27-34.
- **Akiyama H., Fujii K., Yamazaki O., Oono T. and Iwatsuki T. (2001).** Antibacterial action of several tannins against *Staphylococcus aureus*. *Journal of Antimicrobial chemotherapy*, **48**: 487-491.
- **Akram, M., Shahab-Uddin, A. A., Usmanghani, K. H. A. N., Hannan, A. B. D. U. L., Mohiuddin, E., &Asif, M. (2010).** *Curcuma longa* and curcumin: areview article. *Rom J Biol Plant Biol*, **55(2)** : 65-70.
- **Alais, C., Linden, G., &Miclo, L. (2003).** Biochimie alimentaire. 5ème édition de l'abrégé. Dunod, Paris.
- **Albert, M. G., Rousselot, D. B., Abedinzadeh, Z., &Jore, D. (2003).** Espèces réactives de loxygène: Comment l'oxygène peut-il devenir toxique. *L' Actualité Chimique*, 11-12.
- **Alexander, M. (2001).** Aromatherapy & immunity: how the use of essential oil aids immune potentiality: part 3 immune responses to inflammation and essential oils useful in inhibiting them. *International Journal of Aromatherapy*, **11(4)**: 220-224.
- **Alilou, H., Bencharki, B., Hassani, L. I., & Barka, N. (2014).** Screening phytochimique et identification spectroscopique des flavonoïdes d'*Asteriscusgraveolens*subsp. *odorus*. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, **10(3)**.
- **Alkurd, Refat&Tacruri, Hamed & Al-Sayyed, Hiba. (2008).** Tannin contents of selected plants used in Jordan. *Jord. J. Agric. Sci.* **4** : 265-274.
- **Almedia L. P., Cherubino A. P. F., Dufosse L. & Gloria M. B. A. (2005).** *Food Res. Int.* **38**: 1039-1044.
- **Amalraj, A., Pius, A., Gopi, S., & Gopi, S. (2017).** Biological activities of curcuminoids, other biomolecules from turmeric and their derivatives—A review. *Journal of traditional and complementary medicine*, **7(2)**: 205-233.

- **Amorati, R., Foti, M. C., & Valgimigli, L. (2013).** Antioxidant activity of essential oils. *Journal of agricultural and food chemistry*, **61**(46) : 10835-10847.
- **Anil K., Jyotsna D., Anup S. (2011).** A review on spice of life *Curcuma longa* (turmeric). *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, **2**. ISSN 0976-4550: 372.
- **Apavatjirut, P., Anuntalabhochai, S., Sirirugsa, P., & Alisi, C. (1999).** Molecular markers in the identification of some early flowering *Curcuma L.* (Zingiberaceae) species. *Annals of Botany*, **84**(4) : 529-534.
- **Araujo, C. A. C., & Leon, L. L. (2001).** Biological activities of *Curcuma longa L.* *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, **96**(5): 723-728.
- **Arslan, I., Celik, A., Chol, J.H. 2012.** A cytotoxic triterpenoid saponin from under-ground parts of *Gypsophila pilulifera* Boiss & Heldr. *Filoterapia*, **83**: 699-703.
- **Aruoma, O. I., & Cuppett, S. L. EDS. (1997).** Antioxidant methodology: in vivo and in vitro concepts. *The American Oil Chemists Society*.
- **Ashraf, M. Z., Hussain, M. E., & Fahim, M. (2005).** Antiatherosclerotic effects of dietary supplementations of garlic and turmeric: Restoration of endothelial function in rats. *Life sciences*, **77**(8) : 837-857.
- **Azzi, R. (2013).** Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien: enquête ethnopharmacologique; Analyse pharmaco-toxicologique de Figuier (*Ficus carica*) et de coloquinte (*Citrullus colocynthis*) chez le rat Wistar (Doctoral dissertation).

B

- **Bais, AJ, Murphy, P.J. and Dry, I. 2000.** The molecular regulation of stilbene phytoalexin biosynthesis in *Vitis vinifera* during grape berry development. *Plant Physiology*, **27**: 425–433.
- **Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008).** Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, **46**(2) : 446-475.
- **Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006).** Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food chemistry*, **99**(1): 191-203.

- **Barreira J.C.M., Ferreira I.C.F.R., Oliveira M.B.P.P. and Pereira J.A. 2008.** Antioxidant activities of the extracts from chestnut flower, leaf, skins and fruit. *Food Chemistry*, **107**: 1106-1113.
- **Basnet P.; Tho I.; Skalko B, N. (2010).** Curcumin, a Wonder Drug of 21st Century: Liposomal Delivery System Targeting Vaginal Inflammation. 5th International Congress on Complementary Medicine Research. Tromsø. Norway. Abstract Number A9M2K9C
- **Bendich, A., & Shapiro, S. S. (1986).** Effect of β -carotene and canthaxanthin on the immune responses of the rat. *The Journal of nutrition*:**116**(11):2254-2262.
- **Berger M.M. 2006.** Manipulations nutritionnelles du stress oxydant: Etat des connaissances. *Nutrition clinique et métabolisme*, **20**: 48-53.
- **Beutner, S., Bloedorn, B., Frixel, S., Blanco, I., Hoffmann, T., Martin, H., Mayer, B., Noack, P., Ruck, C., Schmidt, M., Schu"lke, I., Sell, S., Ernst, H., Haremza, S., Seybold, G., Sies, H., Stahl, W. and Walsh, R. (2001).** Quantitative assessment of antioxidant properties of natural colorants and phytochemicals: carotenoids, flavonoids, phenols and indigoids. The role of carotene in antioxidant functions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **81**: 559-568.
- **Bharat B., Aggarwal B. &Bokyung S. (2008).** Pharmacological basis for the role of curcumin in chronic diseases: an age-old spice with modern targets. *Revue: article in press (Cell)*.1-10.
- **Blanco R.T., Sudano-Roccaro A. and Spoto G.C. 2005.** Epigallocatechin gallate inhibits biofilm formation by ocular Staphylococcal isolates. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, **49**(10): 4339-4343.
- **Böttger, S., &Melzig, M. F. (2011).** Triterpenoid saponins of the Caryophyllaceae and Illecebraceae family. *Phytochemistry Letters*, **4**(2): 59-68.
- **Boughendjioua, H. (2014).** Les plantes médicinales utilisées pour les soins de la peau. Composition chimique, activité antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de citrus limon, cinnamomum zeylanicum et thymus numidicus. Doctorat en sciences spécialité: Biologie végétale. Université Badji Mokhtar d'Annaba, 144, 125-130.
- **Bravo, L.(1998).** Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews*, **56**(11), 317-333.4
- **Bruneton, J., & Barton, D. H. R. (1987).** Eléments de Phytochimie et de Pharmacognosie. Technique et documentation.

- **Bruneton, J. 1993.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 2^oEd. *Lavoisier Thechnique et documentation, Paris.* p 200-279.
- **Bruneton, J. (1999).** Pharmacognosie. Phytochimie. Plantes medicinales, París, Ed. Tec-Doc. 1120 p.
- **Boullard, B. (2001).** Plantes médicinales du monde: Réalités et Croyances. Estem.
- **Bousbia, N. (2011).** Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires (Doctoral dissertation).

C

- **Calsamiglia S., Busquet M., Cardozo P.W., Castillejos L. & Ferret A. (2007).** Invitedreview: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science.* **90**: 2580–2595.
- **Caquet R. 2004.** 250 examens de laboratoire: Prescription et interprétation. Ed. *Masson.* Paris, 453 p.
- **Chainani-Wu, N. (2003).**Safety and anti-inflammatoryactivity of curcumin: a component of tumeric (*Curcuma longa*). *The Journal of Alternative &ComplementaryMedicine,* **9**(1): 161-168.
- **Chander, H., Kulkarni, S. G., & Berry, S. K. (1991).** Effectiveness of turmericpowder and mustardoil as protectants in storedmilledriceagainst the riceweevil, *Sitophilusoryzae.* *International pest control,* **33**(4):94-97.
- **Chandra D, Gupta SS (1972)** Anti-inflammatory and anti-arthriticactivity of volatile oil of *Curcuma longa* (Haldi). *Indian J Med Res,* **60**: 138-42.
- **Chattopadhyay I., Bis was K., Bandypadhyay U., Banerjee R.K. (2004):** Turmeric and curcumin: Biological actions and medecinal applications. *Curr.Sci.India.***87** (1): P44-53.
- **Chevallier,A.(2001).** Encyclopedia of Medicinal plants. 2ème Edition Dorling Kindersieg Limited, Londres. Pp.9-205.
- **Cheikh Ali, Z. (2012).** Études chimiques et biologiques d'Aframomum sceptrum (*Zingiberaceae*) et de la curcumine (Doctoral dissertation, Paris 11).
- **Chira, K., Such, J.H., Teissède, P.L.2008.** Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie,* **6**:75-82.
- **Chirnomas, D., Taniguchi, T., de la Vega, M., Vaidya, A. P., Vasserman, M., Hartman, A. R., ... & D'Andrea, A. D. (2006).** Chemosensitization to cisplatin by

inhibitors of the Fanconi anemia/BRCA pathway. *Molecular cancer therapeutics*, **5(4)** :952-961.

- **Christelle, H. (2010).** *Le curcuma de l'épice au médicament* (Doctoral dissertation, Thèse doctorat université Henri Poincare Nancy: 17.18).
- **Chowdhury, H., Walia, S., & Saxena, V. S. (2000).** Isolation, characterization and insect growth inhibitory activity of major turmeric constituents and their derivatives against *Schistocerca gregaria* (Forsk) and *Dysdercus koenigii* (Walk). *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, **56(12)**:1086-1092.
- **Cicco, N., Lanorte, M.T., Paraggio, M., Viggiano, M. and Lattanzio, V. 2009.** A reproducible, rapid and inexpensive Folin Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchemical Journal*, **91**:107-110.
- **Cikrikci, S., Mozioglu, E., & Yilmaz, H. (2008).** Biological activity of curcuminoid isolated from *Curcuma longa*. *Records of Natural Products*, **2(1)**:19.
- **Clark, L., & Mason, J. R. (1987).** Olfactory discrimination of plant volatiles by the European starling. *Animal Behaviour*, **35(1)** : 227-235.
- **Clevenger, J. F. (1928).** Apparatus for the determination of volatile oil. *Journal of the American Pharmaceutical Association*, **17(4)** :345-349.
- **Cotelle, N., 2001.** Role of flavonoids in oxidative stress. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, **1(6)**: 569-590.
- **Cowan M.M. (1999).** Plant products as antimicrobial agents. *American Society for Microbiology*, **12(4)**:12-14.
- **Crozier A., Jaganath I.B. and Clifford M.N. (2006).** Phenols, Polyphenols and Tannins: An Overview in Plant secondary metabolites occurrence, structure and role in the human diet. Ed.Ltd. Singapore, P: 1-24.
- **Csupor. (2015).** *Phytotherapy: a text book for pharmacystudents*, 237p.
- **Cushnie T.P.T. and Lamb A.J. 2005.** Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, **26**: 343-356.

- **Deb, N., Majumdar, P., & Ghosh, A. K. (2013).** Pharmacognostic and phytochemical evaluation of the rhizomes of *Curcuma longa* Linn. *Journal of PharmaSciTech*, **2**(2): 81-86.
- **Delaveau, P. (1987).** Les épices: Histoire, description et usage des différents épices, aromates et condiments. A. Michel.
- **Dervendzi, V. (1992).** Contemporary treatment with medicinal plants. Skopje: Tabernakul, 5-43.
- **Deodhar SD, Sethi R, Srimal RC.** Preliminary study on antirheumatic activity of curcumin (Diferuloyl methane). *Indian J Med Res*, **1980**;71:632-43
- **Divakaruni C.B. (2006)** : La maitresse des épices (trad.M0 Probst). Toit d'épices.
- **Djeridane A., Yous. M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P. and Vidal N. 2006.** Antioxidant activity of some medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, **97**: 654-660.
- **Dohare, P., Garg, P., Jagannathan, N. R., & Ray, M. (2008).** Neuroprotective efficacy and therapeutic window of curcuma oil: in rat embolic stroke model. *BMC complementary and alternative medicine*, **8**(1): 55.
- **Dohou, R., Yamni, K., Tahrouch, S., Hassani, L. I., Badoc, A., & Gmira, N. (2003).** Screening phytochimique d'une endémique iberomarocaine, *Thymelaea lythroides*. *Bulletin-Société de Pharmacie de Bordeaux*, **142**(1/4) : 61-78.
- **Dorai T., Aggarwal B. B. 2004.** Rôle of chemo-preventive agents in cancer therapy. *Cancer*: **215**(2):129-140.
- **Dymock, W., Warden, C. J. H., & Hooper, D. (1890).** Pharmacographia indica history of the principal drugs of vegetable origin met within British India.

E

- **Edeas, M. 2007.** Les polyphénols et les polyphénols de thé. *Phytotherapie*, **5**: 264-270.
- **El-Agamey, A., Lowe, G.M., McGarvey, D.J. Mortensen, V., Phillip, D.M. and Truscott, T.G. (2004).** Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties, *Archives. of Biochemistry and Biophysics*, **430** (1): 37-48.
- **Erlund I. (2004).** Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. *Nutrition Research*, **24**: 851-874.

F

- **Franz, C., & Novak, J. (2010).** Sources of essential oils. Handbook of essential oils science, technology, and applications, 39-81.
- **Funatogawa, K., Hayashi, S., Shimomura, H., Yoshida, T., Hatano, T., Ito, H., & Hirai, Y. (2004).** Antibacterial activity of hydrolyzable tannins derived from medicinal plants against *Helicobacter pylori*. *Microbiology and immunology*, **48**(4): 251-261.

G

- **Gad, H. A., & Bouzabata, A. (2017).** Application of chemometrics in quality control of Turmeric (*Curcuma longa*) based on Ultra-violet, Fourier transform-infrared and ¹H NMR spectroscopy. *Food chemistry*, **237** : 857-864.
- **Ghanbari H., Saghravanian N., Zakery M., Mahdavi S. N., Baradaran N. E., Zareian J. M. & Parsaei H. (2008).** Histological evaluation of *Curcuma longa*-ghee formulation and hyaluronic acid on gingival healing in dog. *Journal of Ethno pharmacology*, **120**: 335-341.
- **Ghatak N, Basu N (1972)** Sodium curcuminates as an effective antiinflammatory agent. *Indian J Exp Biol*, **10**: 235-6.
- **Ghedira, K. (2005).** Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, **3**(4) : 162-169.
- **Gigon, F. (2012).** Le gingembre, une épice contre la nausée. *Phytothérapie*, **10**(2) : 87-91.
- **Gladine, C., Morand C., Rock, E. and Durand, D. (2007).** The antioxidative effect of plant extracts rich in polyphenols differs between liver and muscle tissues in rats fed n-3 PUFA rich diets. *Animal Feed Science and Technology*, **139**: (34) 257-272.
- **Goutard, F. L., Bordier, M., Calba, C., Erlacher-Vindel, E., Góchez, D., de Balogh, K., ... & Vong, S. (2017).** Antimicrobial policy interventions in food animal production in South East Asia. *bmj*, 358, j3544.
- **Grugeau C., 1995.** *Curcuma longa L.* Thèse de doctorante en pharmacie. Université Limoges.
- **Guillouty, A. (2016).** Plantes médicinales et antioxydants. Thèse en doctorat, Université Toulouse III-Paul Sabatier).
- **Gurib-Fakim, A. (2006).** Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular aspects of Medicine*, **27**(1) :1-93.

- **Gurung, R. B., Gong, S.Y., Dhakal, D., Le, T.T., Jung,N.R., Jung, H.J., Jin Oh,T and Sohng, J.K.(2017).** Synthesis of Curcumin Glycosides with Enhanced Anticancer Properties Using One-Pot Multienzyme Glycosylation Technique. *J.Microbiol. Biotechnol*, **27**(9):1639–1648.

H

- **Hagerman, A. E. (1988).** Extraction of tannin from fresh and preserved leaves. *Journal of chemical Ecology*, **14**(2), 453-461.
- **Hammerschmidt R. (2005).** Phenols and plant-pathogen interactions: The saga continues. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, **66**:77-78.
- **Harbone, J.B. 1990:** Constraints on the Evolution of Biochemical pathways. *Biol.J of the Linnean Societ*, **39**:135-151.
- **Harbone, J.B., Herbert, B. (1998).** *Phytochemical Dictionary: A Handbook of Bioactive Compounds from Plants*. 2eme Edition. USA.
- **Havsteen, B.H. (2002).** The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacology and Therapeutics* **96**: 67-202.
- **Heim K.E., Tagliaferro A.R. and Bobilya D.J. (2002).** Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *Journal of Nutritional Biochemistry*, **13**: 572-584.
- **Hennebelle, T., Sahpaz, S., & Bailleul, F. (2004).** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, **2**(1): 3-6.
- **Henis, Y., Tagari, H., & Volcani, R. (1964).** Effect of water extracts of carob pods, tannic acid, and their derivatives on the morphology and growth of microorganisms. *Applied microbiology*, **12**(3):204-209.
- **Hombourger, C. (2010).** *Le Curcuma, de l'épice au médicament* (Doctoral dissertation, UHP-Université Henri Poincaré).
- **Hopkins, W. G. (2003).** *Physiologie végétale*. De Boeck Supérieur.
- **Huber, B., Eberl, L., Feucht, W., & Polster, J. (2003).** Influence of polyphenols on bacterial biofilm formation and quorum-sensing. *Zeitschrift für Naturforschung C*, **58**(11-12): 879-884.
- **Huhman, D. V., & Sumner, L. W. (2002).** Metabolic profiling of saponins in *Medicago sativa* and *Medicago truncatula* using HPLC coupled to an electrospray ion-trap mass spectrometer. *Phytochemistry*, **59**(3) : 347-360.

- **Hurtel J. M. (2007).** Phytothérapie, plantes médicinales, aromathérapie, huiles essentielles. Art. Revue NAFAS. Edition de santé. 5(1): 3-26.

I

- **Iserin, P. (2001).** Larousse encyclopédie des plantes médicinales. Identification, Préparations, soins. 2nd edition, Dorling Kindersley Limited, Londres. 335p.
- **Islam, M. (2004).** Genetic diversity of the genus *Curcuma* in Bangladesh and further biotechnological approaches for in vitro regeneration and long-term conservation of *C. longa* germplasm, these de doctorat. 149p.

J

- **Jain, A., & Parihar, D. K. (2018).** Antibacterial, biofilm dispersal and antibiofilm potential of alkaloids and flavonoids of *Curcuma*. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, **16**:677-682.
- **Jancic, R. (2002).** Botanika farmaceutika. Farmaceutski fakultet, Zavod za botaniku, Beograd.
- **Jansen P.C.M., Grubben G.J.H., Cardon D., 2005.** Ressources végétales de l'Afrique tropicale 3. Colorants et tanins. Wageningen, Pays-Bas, PROTA. 238p.
- **Jayaprakasha, G.K., Jagan Mohan Rao, L., Sakariah, K.K. 2005.** Chemistry and biological activities of *C. longa*. *Trends in Food Science & Technology*, **16**:533-548.
- **Jeandet, P., Douillet-Breuil, A. C., Bessis, R., Debord, S., Sbaghi, M., & Adrian, M. (2002).** Phytoalexins from the Vitaceae: biosynthesis, phytoalexin gene expression in transgenic plants, antifungal activity, and metabolism. *Journal of Agricultural and food chemistry*, **50**(10) : 2731-2741.
- **Jesus C. (2017).** Curcuma. Disponible sur : <https://www.doctissimo.fr>. Consulté le 18 mai 2020.
- **Jilani G. & Saxena R. C. (1990).** Repellent and feeding deterrent effects of turmeric oil, sweet flag oil, neem oil and a neem-based insecticide against lesser grain borer (Coleoptera: Bostrychidae). *J. Econ. Entomol.* **83**: 629-634.
- **Joe, B., Vijaykumar, M., & Lokesh, B. R. (2004).** Biological properties of curcumin-cellular and molecular mechanisms of action. *Critical reviews in food science and nutrition*, **44**(2), 97-111.

- **Jones, G. A., McAllister, T. A., Muir, A. D., & Cheng, K. J. (1994).** Effects of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) condensed tannins on growth and proteolysis by four strains of ruminal bacteria. *Applied and environmental microbiology*, **60**(4): 1374-1378.
- **Jordan J. (2015).** Curcuma et curcumine: de l'histoire aux intérêts thérapeutiques. Thèse doctorat université de CAEN. 141p.

K

- **Kalander, Y., Kayaa, S., Durakb, D., Uzuma, F.G., Demira, F. (2012).** Protective effects of catechin and quercetin on antioxidant status, lipid peroxidation and testis-histoarchitecture induced by chlorpyrifos in male rats. *Environmental toxicology and pharmacology*, **33**:141-148.
- **Kaplan, A. (2008).** Pollen morphology of some paronychispecies (*Caryophyllaceae*) from Turkey. *Biologia*, **63** (1): 53-60.
- **Khan, H., Saeed, M., & Muhammad, N. (2012).** Pharmacological and phytochemical updates of genus *Polygonatum*. *Phytopharmacology*, **3**(2) : 286-308.
- **Kholi K., ALL.J. Ansari m.J., Raheman Z. (2005).** Curcumin: A natural antiinflammatory agent. *Indian J. Pharmacol.*, **37**(3): 141 - 147.
- **Kim M. K., Choi G. J. & Lee H. S. (2003).** Fungicidal property of *Curcuma longa* L. rhizome-derived curcumin against phytopathogenic fungi in greenhouse. *J. Agric. Food chem*, **51**: 1578-1581.
- **Koehlin-Ramonatxo C. (2006).** Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydantes ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. *Nutrition clinique et métabolisme*, **20**: 165-177.
- **Kokate, C. K., Purohit, A. P., & Gokhale, S. B. (2001).** Carbohydrate and derived Products, drugs containing glycosides, drugs containing tannins, lipids and protein alkaloids. *Text book of Pharmacognosy*, **7**:133-166.
- **Krief, S. (2003).** Métabolismes secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation de chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Thèse de Doctorat. 349 p.
- **Kulip, J., Fan, L. N., Manshoor, N., Julius, A., Said, I. M., Gisil, J., & Tugin, W. F. (2010).** Medicinal plants in Maliau Basin, Sabah, Malaysia. *Journal of Tropical Biology & Conservation (JTBC)*.

- **Kumar, A., Dora, J., & Singh, A. (2011).** A Review on Spice of Life *Curcuma longa* (turmeric). *Int. J. Appl. Biol. Pharmaceut. Tech*, **2**:371-379.
- **Kuroda M, Mimaki Y, Nishiyama T, et al. (2005).** Hypoglycemic effects of turmeric (*Curcuma longa* L. Rhizomes) on genetically diabetic KK-Ay mice. *Biol Pharm Bull*, **28**(5): 937-945.

L

- **Lecerf, J. M. (2012).** Effets métaboliques du Curcumin (obésité, lipides circulants, insulino-résistance, diabète et athérosclérose). *Phytothérapie*, **10**(2), 100-104.
- **Lhuillier, A.(2007).** Contribution à l'étude phytochimique de quatre plantes malgaches: *Agauriasalicifolia* Hook. f ex Oliver, *Agauriapolyphylla* Baker (Ericaceae), *Tambourissatrichophylla* Baker (Monimiaceae) et *Embeliaconcinna* Baker (Myrsinaceae) Thèse de doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse (France).200p.
- **Lesley, B.(2005).** *Plantes Aromatiques et Médicinales: 700 espèces.* Edition Larousse. Paris: 306p.
- **Li L, Aggarwal BB, Shishodia S, et al. (2004).** Nuclear factor-kappaB and IkappaB kinase are constitutively active in human pancreatic cells, and their down-regulation by curcumin (diferuloylmethane) is associated with the suppression of proliferation and the induction of apoptosis. *Cancer*, **101**(10): 2351-2362.
- **Liu R.H. (2007).** Whole grain phytochemicals and health. *Journal of Cereal Science*, **46**: 207-219.
- **Loap, S. (2008).** Curcuma (partie I). *Phytothérapie*, **6**(1) : 22-28.
- **Lopez-Lazaro, M. 2009.** Distribution and biological activities of the flavonoids luteolin. *Mini-reviews in Medicinal Chemistry*, **9**: 31-59.
- **Lucie V. (2010) :** Intérêt d'un nouveau nutriment à visée anti-inflammatoire dans la gestion des troubles locomoteurs chez le cheval. Aspects bibliographiques et étude clinique. Doctorat vétérinaire. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort. Faculté de médecine de Gréteil. P199.
- **Lugasi A., Hóvári J., Sági K.V. and Bíró L. (2003).** The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta biologica szegediensis*, **47**(1-4): 119-125.

M

- **Macheix, J.T., Fleuriet, A. et Sarni_Manchado, P. 2006.** Composés Phénoliques de la Plante- Structure, Biosynthèse, Répartition et Rôle. *In* « les Polyphénols en agro-alimentaires », Ed Lavoisier, p.1-27.
- **Maciel, M. A. M., Pinto, A. C., Veiga, V. F., Grynberg, N. F., &Echevarria, A. (2002).** Medicinal plants: The need for multidisciplinary scientific studies. *Química Nova*, **25**(3): 429-438.
- **Makkar, H.P.S. (2003).** Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research-Elsevier* **49**: 241-256.
- **Malecky, M. (2008).** Métabolisme des terpénoïdes chez les caprins (Doctoral dissertation, Paris, AgroParisTech).
- **Man, S., Gao, w., Zhang, Y., Huang, L., Liuc. 2010.** Chemical study and medical application of saponins as anticancer agents. *Fitoterapia*, **81** (7): 703-714.
- **Marais J.P.J., Deavours B., Dixon R.A. and Ferreira D. (2006).** The Stereochemistry of Flavonoïds *In* The science of flavonoïds. Ed. *BS/DH. USA*: 1-46.
- **Mohamed, A. A., Khalil, A. A. and El-Beltagi, H. E. S. 2009.** Chemical compositions and antioxidant/antimicrobial activities of kaff maryam (*Anastatica hierochuntica*) and doum palm (*Hyphaene thebaica*) cultivated in Egypt. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, **2** (2): 71-79.
- **Moure, A., Cruz, J. M., Franco, D., Dominguez, J. M., Sineiro, J., Dominguez, H., Nuriez, M. J. and Parajo J.C. 2001.** Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*, **72**: 145-171.
- **Mueller, L., & Boehm, V. (2011).** Antioxidant activity of β -carotene compounds in different in vitro assays. *Molecules*, **16**(2) :1055-1069.
- **Mukhopadhyay A, Basu N, Ghatak N, et al. (1982)** Anti-inflammatory and irritant activities of curcumin analogues in rats. *Agents Action*, **12**: 508-15

N

- **Nacz, M., & Shahidi, F. (2004).** Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of chromatography A*, **1054**(1-2) : 95-111.

- **Naczk, M., & Shahidi, F. (2006).** Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, **41(5)** : 1523-1542.
- **Naz, S., Jabeen, S., Ilyas, S., Manzoor, F., Aslam, F., & Ali, A. (2010).** Antibacterial activity of *Curcuma longa* varieties against different strains of bacteria. *Pak J Bot*, **42(1)** : 455-62.
- **Nishiyama T, Mae T, Kishida H, et al. (2005).** Curcuminoids and sesquiterpenoids in turmeric (*Curcuma longa L.*) Suppress and increase in blood glucose level in type 2 diabetic KK-Ay mice. *J Agric Food Chem*, **53(4)**: 959-63.

O

- **Osawa, T., Sugiyama, Y., Inayoshi, M., & Kawakishi, S. (1995).** Antioxidative activity of tetrahydrocurcuminoids. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, **59(9)**: 1609-1612.

P

- **Patil, M. B., Taralkar, S. V., Sakpal, V. S., Shewale, S. P., & Sakpal, R. S. (2011).** Extraction, isolation and evaluation of anti-inflammatory activity of Curcuminoids from *Curcuma longa*. *International Journal of Chemical Sciences and Applications*, **2(3)**:172-174.
- **Pawar, H., Karde, M., Mundle, N., Jadhav, P., & Mehra, K. (2014).** Phytochemical evaluation and curcumin content determination of turmeric rhizomes collected from Bhandara District of Maharashtra (India). *Med. Chem*, **4(8)** :588-591.
- **Pelt, J. M. (2014).** La médecine par les plantes. Fayard.
- **Penso, G. (1986).** Les plantes médicinales dans l'art et l'histoire. R. Dacosta.
- **Perret, C. (2001).** Analyses de tannins inhibiteurs de stilbène oxydase produite par *Btrytis cinerea* Pers.:FR. Thèse de Doctorat. Université de Neuchâtel. 173p.
- **Perry, M. C. (2008).** Évaluation de la curcumine comme agent anti-cancéreux dans le traitement des tumeurs cérébrales.
- **Petrovska, B. B. (2012).** Historical review of medicinal plants' usage. *Pharmacognosy reviews*, **6(11)** : 1.

- **Pikulthong, V., Teerakathiti, T., Thamchaipenet, A., & Peyachoknagul, S. (2016).** Development of somatic embryos for genetic transformation in *Curcuma longa* L. and *Curcuma mangga* Valetton & Zijp. *Agriculture and Natural Resources*, **50**(4): 276-285.
- **Pincemail, J., Meurisse, M., Limet, R. et Defraigne J.O. (1998).** Mesure et utilisation des antioxydants en médecine humaine. *Medi-Sphere*, **73**: 1-4.
- **Pooja, S., & Vidyasagar, G. M. (2016).** Phytochemical screening for secondary metabolites of *Opuntia dillenii* Haw. *Journal of Medicinal Plants Studies*, **4**(5) : 39-43.
- **Portes E., 2008.** Synthèse et Etudes de Tétrahydrocurcuminoïdes. Propriétés Photochimiques et Antioxydantes, Applications à la Préservation de Matériaux d'Origine Naturelle. Thèse de doctorat Université Bordeaux I. 44-46.
- **Prasad N S., Sarasija S. (1997).** Spectrophotometric estimation of curcumin. *Indian Drugs*. **34**: 227-228.
- **Preetha A ., Chitra S., Sonia J., Ajaikumar B. K., Bharat B. Aggarwal. (2008).** Curcumin and cancer: An “old-age” disease with an “age-old” solution *Revue Elsevier. Cancer Letters*, **267**:133.

Q

- **Quave, C.L., Planol.R.W., Pantuso, T., Bennett, B.C. (2013):** Effects of extracts from Italian medicinal plants on planktonic growth, biofilm formation and adherence of methicillin resistant *Staphylococcus aureus*. *J. Ethnopharmacol.* **118**: 418-428.

R

- **Rahim A.A. and Kassim J. 2008.** Recent development of vegetal tannins in corrosion protection of iron and steel. *Recent Patents on Materials Science*, **1**: 223-231.
- **Rahman I, Biswas S.K. and Kirkham P.A. (2006).** Regulation of inflammation and redox signaling by dietary polyphenols. *Biochemical pharmacology*, **72**: 1439-1452.
- **Rakotomalala, H. (2004).** Etude des huiles essentielles de *Cedrelopsis grevei*. Caractérisation–identification des constituants, activités biologiques (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat de troisième cycle. Faculté des Sciences. Option Chimie physique).

- **Rauter, A. P., Branco, I., Tosrão, Z., Pais, M. S., Gonzalez, A. G., & Bermejo, J. B. (1989).** Flavonoids from *Artemisia campestris* subsp. *maritima*. *Phytochemistry*, **28(8)** : 2173-2175.
- **Ribéreau-Gayon P. (1968).** Les composés phénoliques des végétaux. Ed. *Dunod*. Paris, P: 173-201.
- **Richaud.(2014).** Marion. Mini guide illustré des Plantes médicinales. Marabout. Paris : 192p.
- **Richter,G. (1993).** Composés phénoliques. Métabolismes des végétaux: physiologie et biochimie. Edition. Press polytechnique et universitaire, Rommand. pp.319-339.
- **Rios-Evans, C., Miller, N., Paganga, G.C. 1997.** Antioxidant properties of phenolic compound. *Trend in Plant Sciences* **2** (4):152-159.
- **Rizk, A. M., AM, R., AL NAGDY, S. A., & EL MISSIRY, M. M. (1982).** Constituents of plant growing in qatar.
- **Roman, M.C., Hildreth, J., Bannister, S. 2013.** Determination of Catechins and Caffeine in *Camillia Sinensis* Raw Materials, Extracts, and Dietary Supplements by HPLC-UV: Single-Laboratory Validation, *J AOAC Int.*: 933–41.
- **Romani A., Pinelli P., Cantini C., Cimato A. and Heimler D. (2006).** *J. Food Chem*, **95**: 221-225.
- **Ross, Ivan A. (2005).** Medicinal Plants of the World. Chemical Constituents, Traditional and Modern Medicinal Uses. 1ere Edition.Totowa, New Jersey : *HumanaPress*, **3**: 648. (ISBN: 1-59259-887-0).
- **Roughley, P. J., & Whiting, D. A. (1973).** Experiments in the biosynthesis of curcumin. *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions*, **1**: 2379-2388.

S

- **Saidi, B., Ali, L., Zoheir, M., Zahra, H., Mohamed, D., & Boukeur, A. (2015).** Floristic, Ethnobotanical and Phytotherapy Studies of Medicinal Plants Spontaneous in the Area of Mountains Tessala, Western Algeria. *Global Journal of Medicinal Plants Research*, **3(5)**: 1-16.
- **Sainvitu, P., Nott, K., Richard, G., Blecker, C., Jérôme, C., Wathelet, J.-P., Paquot, M. & Deleu, M. (2012).** Structure, properties and obtention routes of flaxseed lignan secoisolariciresinol: a review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **16(1)**: 115-124.

- **Salvi, N. D., George, L., & Eapen, S. (2000).** Direct regeneration of shoots from immature inflorescence cultures of turmeric. *Plant cell, tissue and organ culture*, **62**(3): 235-238.
- **Sanago, R. (2006).** Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle. Université Bamako (Mali), 53p.
- **Sanders, P., Bousquet-Mélou, A., Chauvin, C., & Toutain, P. L. (2011).** Utilisation des antibiotiques en élevage et enjeux de santé publique.
- **Satoskar RR, Shah SJ, Shenoy SG.** Evaluation of anti-inflammatory property of curcumin in patients with post-operative inflammation. *Int J Clin Pharmacol Ther Toxicol* 1986;24:651-4.
- **Sawant, R. S., & Godghate, A. G. (2013).** Qualitative phytochemical screening of rhizomes of *Curcuma longa* Linn. *International Journal of Science, Environment and Technology*, **2**(4) : 634-641.
- **Shahide, N. (2016).** Valeurs thérapeutique de curcuma. Laboratoire phytomisan France. 98p.
- **Shameli, K., Ahmad, M. B., Zamanian, A., Sangpour, P., Shabanzadeh, P., Abdollahi, Y., & Zargar, M. (2012).** Green biosynthesis of silver nanoparticles using *Curcuma longa* tuber powder. *International journal of nanomedicine*, **7**: 5603
- **Sharma S, Kulkarni SK, Chopra K (2006).** Curcumin, the active principle of turmeric (*Curcuma longa*), ameliorates diabetic nephropathy in rats. *Clin Exp Pharmacol Physiol* **33**(10): 940-5
- **Shirgurkar, M. V., John, C. K., & Nadgauda, R. S. (2001).** Factors affecting in vitro microrhizome production in turmeric. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, **64**(1) :5-11.
- **Singh, S. (2007).** From exotic spice to modern drug?. *Cell*, **130**(5): 765-768.
- **Sirirugsa, P. (1998).** Thai Zingiberaceae: Species Diversity and Their Uses. *U P A C Journals*, **70**(11): 2111.
- **Song, Y. M., Xu, J. P., Ding, L., Hou, Q., Liu, J. W., & Zhu, Z. L. (2009).** Syntheses, characterization and biological activities of rare earth metal complexes with curcumin and 1, 10-phenanthroline-5, 6-Dione. *Journal of inorganic biochemistry*, **103**(3): 396-400.
- **Soxhlet, F. (1879).** Die gewichtsanalytische bestimmung des milchfettes. *Polytechnisches J*, **232**: 461-465.
- **Sparg, S.G., Light, M.E. and Van Staden, J. 2004.** Biological activities and distribution of plants saponins. *Journal of Ethnopharmacology*, **94**: 219-243.

- **Stahl, W. and Sies, H. 2004.** Bioactivity and protective of natural carotenoids. *Biochimica and Biophysica Acta (BBA)*, **1741**: 101-107.
- **Stapleton P.D., Shah S., Hara Y., Ehlert K. and Taylor P.W. 2007.** The β -lactam-resistance modifier (-)-epicatechin gallate alters the architecture of the cell wall of *Staphylococcus aureus*. *Microbiology*, **153**: 2093-2103.
- **Swahn, J. Ö., & Ciano, M. (1993).** Lés épices. Gründ.

T

- **Talbi H., Boumaz A.K., El-mostafa J., Talbi, A. (2014).** Evaluation of antioxidant activity and physico-chemical composition of methanolic and aqueous extracts of *Nigella sativa* L. 05.
- **Tang, W., & Eisenbrand, G. (1992).** Panax ginseng CA Mayer. Chinese drugs of plant origin.
- **Tanumihardjo, S.A. 2013.** Carotenoids: Health Effects. *Reference Module in Biomedical Sciences Encyclopedia of Human Nutrition (Third Edition)*. P 292–297.
- **Tapiero, H., Tew, K.D., Nguyen, B.G., and Mathé, G. 2002.** Polyphenol do they play a role in the prevention, of the human pathologies? *Biomed.pharmacother.* **56**: 200-207. (cited in Djemai Zoueglache S, 2008).
- **Thongson, C., Davidson, P. M., Mahakarnchanakul, W., & Vibulsresth, P. (2005).** Antimicrobial effect of Thai spices against *Listeria monocytogenes* and *Salmonella typhimurium* DT104. *Journal of food protection*, 68(10), 2054-2058.
- **Toplak Galle, K. (2005).** Domestic medicinal plants. Zagreb: Mozaic book, 60-1.
- **Trudeau C. (2006).** Curcuma: principes actifs et propriétés. Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels (INAF), Université Laval. 46 10.
- **Tsimogiannis D., Samiotaki M., Panayotou G. and Oreopoulou V. (2007).** Characterization of Flavonoid Subgroups and Hydroxy Substitution by HPLC/MS/MS. *Molecules*, **12**:593-606.
- **Tucakov, J. (1964).** Farmakognozija. Zavod za izdavanje udžbenika Socijalističke Republike Srbije.

U

- **Ullah, M. F., & Khan, M. W. (2008).** Food as medicine: potential therapeutic tendencies of plant derived polyphenolic compounds. *Asian Pac J Cancer Prev*, **9**(2):187-196.

V

- **Velayudhan, K. C., Muralidharan, V. K., Amalraj, V. A., Gautam, P. L., Mandal, S., & Kumar, D. (1999).** *Curcuma* genetic resources. Scientific monograph, 4.
- **Vermerris, W. et Nicholson R., (2006).** Phenolic compound biochemistry. . Ed. *Springer*. USA, P: 267.
- **Versari, A., Parpinello, G. P., Tornielli, G. B., Ferrarini, R., & Giulivo, C. (2001).** Stilbene compounds and stilbene synthase expression during ripening, wilting, and UV treatment in grape cv. Corvina. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49(11)** : 5531-5536.

W

- **Watt, G. (1972).** Dictionary of the Economic Products of India, reprinted edition, Periodical Expert, Delhi, Vol. VI (*Pt. IV*), 83.
- **Wessler, S., Muenzner, P., Meyer, T. F., & Naumann, M. (2005).** The anti-inflammatory compound curcumin inhibits *Neisseria gonorrhoeae*-induced NF- κ B signaling, release of pro-inflammatory cytokines/chemokines and attenuates adhesion in late infection. *Biological Chemistry*, **386(5)**: 481-490.
- **Wichtl M. & Anton R. (2003).** *Plantes thérapeutiques-Tradition, Pratique officinale, science et thérapeutique*. Ed. Tec et Doc et EMI.
- **Wuthi-Udomler, M., Grisanapan, W., Luanratana, O., & Caichompoo, W. (2000).** Anti-fungal activities of plant extracts. *South East Asian J Trop Med Public Health*, **31**: 178-182.
- **Wohlmuth, H. (2008).** Phytochemistry and pharmacology of plants from the ginger family, Zingiberaceae.

Y

- **Yam, M. F., Ang, L. F., Ameer, O. Z., Salman, I. M., Aziz, H. A., & Asmawi, M. Z. (2009).** Anti-inflammatory and analgesic effects of *Elephantopus tomentosus* ethanolic extract. *Journal of acupuncture and meridian studies*, **2(4)** : 280-287.
- **Wuthi-Udomler, M., Grisanapan, W., Luanratana, O., & Caichompoo, W. (2000).** Anti-fungal activities of plant extracts. *South East Asian J Trop Med Public Health*, **31**: 178-182.

Z

- **Zhang, Y. M., & Rock, C. O. (2004).** Evaluation of epigallocatechin gallate and related plant polyphenols as inhibitors of the FabG and FabI reductases of bacterial type II fatty-acid synthase. *Journal of Biological Chemistry*, **279**(30) : 30994-31001.

Résumé

Les épices tropicales sont exploitées par l'Homme depuis des temps ancestraux. Leurs vertus s'expriment aux travers de leurs intérêts culinaires, colorants, odorants mais également en médecine traditionnelle. *Curcuma longa* est une plante dont les rhizomes broyés et extraits fournissent l'épice éponyme tant connue. La science magnifie les médecines traditionnelles au service de la recherche et les nombreuses propriétés de cette épice sont attribuées à une molécule se trouvant dans le curcuma: la curcumine.

Dans la médecine indienne traditionnelle, le curcuma est employé comme remède contre la toux, les désordres biliaires, l'anorexie, les plaies des diabétiques, les désordres hépatiques, les rhumatismes et les sinusites. Plus récemment, des études, effectuées *in vitro* et *in vivo*, ont montré que la curcumine possédait des activités biologiques intéressantes pour la santé humaine incluant un effet antioxydant, anti-inflammatoire et anti-cancer et antibactérienne.

L'objet de ce travail est d'établir les propriétés physico-chimiques de la plante *Curcuma longa* permettant d'expliquer ses propriétés biologiques plus précisément l'activité antibactérienne.

Depuis ces dix dernières années, le nombre d'études sur le curcuma et surtout sur son constituant majeur, la curcumine, n'a cessé d'augmenter afin de comprendre ses mécanismes d'actions et dans l'espoir de traiter de nombreuses maladies.

Mots clés : *Curcuma longa*, Propriétés phytochimiques, Curcumine, Activité antibactérienne.

Abstract

Tropical spices are exploited by humans since ancient times. Their virtues are expressed through to their culinary interests, dyes and odorants, but also in traditional medicine. *Curcuma longa* L. is a plant whose crushed and extracted ground rhizomes provide the eponymous spice known as. Science magnifies traditional medicine in the service of research and many properties of this spice are attributed to a molecule found in turmeric: curcumin.

In traditional Indian medicine, turmeric is used as a remedy for coughs, biliary disorders, anorexia, wounds of diabetics, liver disorders, rheumatism and sinusitis. More recently, studies, carried out *in vitro* and *in vivo*, have shown that curcumin possesses interesting biological activities for human health including an antioxidant, anti-inflammatory and anti-cancer and antibacterial effect.

The purpose of this work is to establish the physicochemical properties of *Curcuma longa* to explain its biological properties, more precisely its antibacterial activity.

Over the last ten years, the number of studies on turmeric and especially on its major constituent, curcumin, has continued to increase in order to understand its mechanisms of action and in the hope of treating many diseases.

Key words: *Curcuma longa*, Phytochemical properties, Curcumin, Antibacterial activity.

ملخص

استغل الإنسان التوابل الاستوائية منذ العصور القديمة. يتم التعبير عن فضائلهم من خلال اهتماماتهم في الطهي والتلوين والعطر، ولكن أيضًا في الطب التقليدي. *Curcuma longa* هو نبات توفر جذوره المسحوق والمستخرجة التوابل التي تحمل اسمًا معروفًا. يعمل العلم على تضخيم الأدوية التقليدية في خدمة البحث وتنسب الخصائص العديدة لهذه التوابل إلى جزيء موجود في الكركم: Curcumine في الطب الهندي التقليدي، يستخدم الكركم كعلاج للسعال واضطرابات القناة الصفراوية وفقدان الشهية وجروح مرضى السكر واضطرابات الكبد والروماتيزم والتهاب الجيوب الأنفية. في الأونة الأخيرة، أظهرت الدراسات التي أجريت في المختبر وفي الجسم الحي أن Curcumine يمتلك أنشطة بيولوجية مثيرة للاهتمام لصحة الإنسان بما في ذلك تأثير مضاد للأكسدة ومضاد للالتهابات ومضاد للسرطان ومضاد للبكتيريا.

الهدف من هذا العمل هو تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية لنبات كركم لونها *Curcuma longa*، مما يسمح بشرح خصائصه البيولوجية، بدقة أكبر النشاط المضاد للبكتيريا.

على مدى السنوات العشر الماضية، استمر عدد الدراسات حول الكركم وخاصة المكون الرئيسي له، Curcumine، في الزيادة من أجل فهم آليات عمله وعلى أمل علاج العديد من الأمراض.

الكلمات المفتاحية: كركم/لونها، خواص كيميائية نباتية، Curcumine، نشاط مضاد للجراثيم،