

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I
Frères Mentouri Constantine I University
Université Frères Mentouri Constantine I

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

كلية علوم الطبيعة والحياة

Département de Biochimie et Biologie

قسم الكيمياء الحيوية والبيولوجيا الخلوية والجزيئية

Cellulaire et Moléculaire.

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques.

Spécialité : Biochimie.

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

Étude phytochimique des extraits aqueux et

méthanolique des rhizomes du *Curcuma longa L.*

Présenté par : SAADA Khadidja

Le 20/06/2023

SANAA Djouheina sara

Jury dévaluation :

Encadreur : Mme. DJEMAI ZOUGHLACHE Soumia (MAA- Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Examineur 1 : Mr. NECIB Youcef (Pr-UFM - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Examineur 2 : Mme. BAHY Ahlem (MCA - Université Frères Mentouri, Constantine 1)

Année universitaire
2022– 2023

REMERCIEMENTS

Cet humble travail de recherche n'aurait pu être accompli, sans l'aide d'ALLAH qui nous a donné la force de l'accomplir.

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre profonde reconnaissance à Madame **Djamai Zoughlache Soumia** qui nous a encadrées depuis les premiers instants. Sa pédagogie, son dévouement, ses précieux conseils, ses encouragements, sa patience, sa disponibilité et sa gentillesse ont été importants pour nous et on largement contribué à l'évolution de cette étude.*

*Nous tenons à remercier profondément Mesieur **Nesib Yousef** pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider le jury de notre soutenance.*

*Aussi, nous tenons à remercier profondément Madame **Bahi Ahlem** d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nos remerciements a toute l'équipe du laboratoire de biochimie d'université Frères Mentouri Constantine 1, surtout Mesieur **Bouarssa Nabil** pour nous aider dans notre étude.*

*Nous immenses remerciements vont à tous nos amis de la promotion Master 2 **Biochimie**.*

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

*Avec l'aide de **Dieu**, tout puissant, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie :*

*A Mon cher père **Laamri** qui ma appris le sens de la persévérance tout au long de mes études, pour son sacrifice ses conseils et ses encouragement.*

*A la lumière de mes yeux et le bonheur de ma vie Ma mère **Razika** qui m'a apportée son appui des mes études, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donnée confiance, courage et sécurité.*

*A Mon marie **Oussama** qui ma aidé et suppoerté dans les moments difficiles, pour l'ancouragement et pour votre amour.*

*A Ma grande mère **Fatima**.*

*A Mon seul frère **Haydar** et Mes belles sœurs **Wissam, Hadjer, Ikram** et **Safa** qui m'ont soutenue et étaient toujours avec moi.*

A tout mes amies.

Khadidja

Dédicace

*Je remercie **ALLAH** le clément pour m'avoir aidé durant toute ma vie.*

*Je dédie ce modeste travail premièrement à **mes chers parents** pour leurs Soutient, sacrifices et tout les efforts consentis à mon éducation.
Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*Ama chère sœur **Boutheyna** que j'aimeet mes frères **Ramzi** et **Abdalmalek**.*

*A mon fiançai **Mohamed** pour son soutien et sa confiance, je le remercie de tout cœur.*

*A toute **ma famille**, et **mes amis**,*

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

SANAA
djouheina sara

Table des matière

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale	

1er Partie : Synthèse Bibliographique

Chapitre I : La Phytothérapie et les Plantes Médicinales

I. La Phytothérapie.....	1
I.1. Historique de la phytothérapie	1
I.2. Définition de la phytothérapie	1
I.3. Les différents types de la phytothérapie.....	2
I.4. Les avantage et efficacité de la phytothérapie	2
I.5. Les incovénients et limites d'utilisation de la phytothérapie	3
I.6. Mode de préparation.....	4
II. Les Plante Médicinale	5
II.1. Définition des plantes médicinales.....	5
II.2. Les composant des plantes médicinale	5

Chapitre II : Généralité sur le *Curcuma longa*

II.1. Historique du <i>Curcuma longa</i>	7
II.2. Air géographique.....	7
II.3. Terminologie	8
II.4. Description de la plante.....	10
II.5. Classification.....	12
II.6. Composition chimique	13
II.7. Utilisation du <i>Curcuma longa</i>	15

II.8. Activités biologiques du <i>Curcuma longa</i>	16
II.8.1. Activité antioxydante	16
II.8.2. Anti-inflammatoire.....	16
II.8.3. Anti microbienne.....	16
II.8.4. Anticancéreuse	17
II.8.5. Antidiabétique	17
II.8.6. Autres effets possibles notables	17

Chapitre III : Les composés phénoliques

III.1. Les polyphénols	19
III.1.1. Définition	19
III.1.2. Classification	19
III.1.2.1. Acide phénolique	20
III.1.2.2. Flavonoides	20
III.1.2.3. Tanins.....	22
III.1.3. Rôle, intérêt et propriétés	22

Chapitre IV: Activité antioxydant

IV. Activités antioxydants	24
IV.1. Stress oxydatif	24
IV.2. Les radicaux libres.....	24
IV.3. Antioxydants.....	25
IV.3.1. Antioxydants enzymatique	25
IV.3.2. Antioxydants non enzymatique	26

2ème Partie : Matériel et Méthodes d'Analyse

Chapitre I : Étude phytochimique

I.1. Matériel.....	29
--------------------	----

I.1.1 Matériel végétal	29
I.2. Méthodes d'analyse	29
I.2.1. Extraction par macération à partir des rizhome du <i>Curcuma longa</i>	29
I.2.1.1. Extrait aqueux.....	29
I.2.1.2. Extrait méthanolique	31
I.2.2 Analyses des extraits du <i>Curcuma longa</i>	32
I.2.2.1. Analyse qualitative	32
I.2.2.1.1. Tests préliminaires.....	32
I.2.2.1.1.1. Caractérisation des composés phénoliques.....	32
I.2.2.1.1.2. Caractérisation des Flavonoïdes	32
I.2.2.1.1.3. Caractérisation des Tanins.....	33
I.2.2.1.1.5. Caractérisations des saponines	33
I.2.2.2. Analyse quantitative et dosages biochimiques	33
I.2.2.2.1. Dosage des polyphénols totaux (PPT) par colorimétrie	33
I.2.2.2.2. Dosage des Flavonoïdes (FV) par le trichlorure d'aluminium.....	34
I.2.2.2.3. Dosage des tanins	35
II.2. Activité antioxydante	36
II.2.1. Teste du pouvoir réducteur du fer pa la méthode de FRAP.....	36

3ème partie : Résultats et Discussion

Extraction à partir des racines du <i>curcuma longa</i>	38
I.1. Extrait aqueux et méthanolique	38
I.2. Analyse des deux extraits du <i>Curcuma Longa</i>	38
I.2.1. Analyse qualitative	38
I.2.1.1. Tests préliminaires.....	38
I.2.2. Analyse quantitative et dosages biochimiques	40

II.1. Activité antioxydant	44
II.2.1 Les résultats des deux extraits	44
II.2.1 Les résultats des deux standards.....	45

Conclusion et Perspectives

Références Bibliographiques

Résumé

Liste des abréviations

ABS : Absorbance
Ag : Acide gallique.
AlCl₃ : Trichlorure d'aluminium.
Aq : Aqueux.
Cat : Catéchine.
C longa L : *Curcuma longa L*
D.O : Densité Optique
E.Aq : extrait aqueux
E.Mét : extrait méthanolique
FCR : Réactif de Folin Ciocalteu.
Fe²⁺ : Ions Ferreux.
Fe³⁺ : Ions Ferriques.
FeCl₃ : Trichlorure de fer.
FRAP : Ferric Reducing-Antioxidant power.
FV : Flavonoïdes.
HCL : Acide Chlorhydrique.
HE : Huile Essentielle.
K₃Fe (CN)₆ : Ferricyanure de Potassium.
Mét : Méthanolique.
Na₂CO₃ : Carbonate de Sodium.
OMS : Organisation Mondiale de la Santé.
PPT : Polyphénols Totaux.
Que : Quercétine.
SD : Standard Déviation.
UV : Ultra-violet.
UV-VIS : Ultra-violet-Visible.
µg EAG/Mg d'extrait : Microgramme d'équivalent acide gallique par milligramme d'extrait.
µg ECT/Mg d'extrait : Microgramme d'équivalent catéchine par milligramme d'extrait.
µg EQ/Mg d'extrait : Microgramme d'équivalent quercétine par milligramme d'extrait.

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre	Page
1	Les dénominations du Curcuma (Loap, 2008)	9
2	Place du taxon dans la classification APG III (Jacques Fournet & al. 2012)	12
3	Valeurs nutritionnelles et énergétique du Curcuma Longa L (Shahide ,2016)	13
4	Principales classes des composés phénoliques (Jean-Jacques., 1996)	19
5	La couleur et l'aspect des deux extraits méthanolique et aqueux des racines du curcuma longa L	38
6	Résultats des tests préliminaires de quelques métabolites secondaires de l'extrait aqueux du Curcuma Longa L	39
7	Résultats des tests préliminaires de quelques métabolites secondaires de l'extrait méthanolique du Curcuma Longa L	39
8	La teneur en composés phénoliques des deux extraits aqueux et méthanolique	40
9	réduction du fer des deux extraits	44
10	La réduction du fer des deux extraits	45

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
1	Aire de répartition du <i>Curcuma longa</i> L(Site 4)	8
2	Image représentative du <i>Curcuma longa</i> (Jourdan.,2015)	10
3	Le rhizome de <i>Curcuma longa</i> L (Site 5)	11
4	Les feuille de <i>Curcuma longa</i> L(Site 6)	11
5	Fleur de <i>Curcuma longa</i> (Site 7)	12
6	Structure chimique des principaux constituants de l'huile essentielle de curcuma . (dohare et al., 2008)	15
7	Structure chimique de la curcumine (Jourdan.2015)	15
8	principaux acides phénoliques	20
9	Structure de base des flavonoïdes.	21
10	Les différentes classes des flavonoïdes(Gamet-Payraste., 1999)	21
11	Structure chimique des tanins hydrolysables (a) et des tanins condensés(b)(Site8)	22
12	Différentes structures chimiques de la vitamine C et réaction avec les radicaux	27
13	Exemples de carotène et xanthophylle (Rezaire., 2012).	28
14	Mécanisme d'action des antioxydants phénoliques (Nkhili., 2009)	28
15	La poudre du <i>Curcuma longa</i> en vrac	29
16	Extrait aqueux après la macération	30
17	Lyophilisation de l'université des Frères MentouriConstantine I (Avril2023)	31
18	Extrait méthanolique après la macération	31

19	Evaporateur rotatif(Avril 2023)	32
20	Différentes étapes du dosage des polyphénols totaux (PPT)	34
21	Différentes étapes du dosage des flavonoïdes (FV) des deux extraits aqueux et méthanolique	35
22	Différentes étapes du dosage des tanins dans deux extraits aqueux et méthanolique	36
23	L'extrait méthanolique après évaporation sous vide	38
24	L'extrait aqueux après lyophilisation	38
25	La teneur en polyphénols, en tanins et en flavonoïdes (g/Eq Standard/mg) dans l'extrait aqueux	41
26	La teneur en polyphénols, en tanins et en flavonoïdes (g/Eq Standard/mg) dans l'extrait méthanolique	41
27	Droite d'étalonnage de l'acide gallique (moyenne \pm SD de deux essais)	43
28	Droite d'étalonnage de la quercétine (moyenne \pm SD de deux essais)	43
29	Droite d'étalonnage de la catéchine (moyenne \pm SD de deux essais)	44
30	L'évolution de la réduction du fer des deux extraits	45
31	L'évolution de la réduction du fer des deux standards	46

Introduction



Introduction

Les sociétés humaines ont été en contact étroit avec leur environnement depuis le début de leur formation et ont utilisé les composants de l'environnement pour obtenir de la nourriture et des médicaments. La prise de conscience et l'application des plantes pour préparer la nourriture et les médicaments ont été réalisées par essais et erreurs, et progressivement l'homme est devenu capable de répondre à ses besoins à partir de son environnement (**Jamshidi et al., 2018**).

Les épices sont classées parmi les plantes médicinales lorsqu'au moins une partie possède des propriétés curatives ou préventives d'une ou plusieurs maladies. Ce sont des parties des plantes aromatiques à la saveur forte ou des préparations, notamment des mélanges faits à partir de ces plantes. Elles sont utilisées dans différents domaines, en cuisine, comme conservateur ou colorant. Elles peuvent provenir de différentes parties de la plante, de rhizome (exemple du curcuma et du gingembre), des fruits (fraise), des écorces (la cannelle), de graines (la coriandre et la cardamome), de feuilles (la mélisse).

Ces épices renferment de nombreux principes actifs ou métabolites secondaires, qui sont largement utilisés en thérapeutique, comme des agents préventifs. Parmi ces métabolites, on trouve les composés phénoliques (polyphénols totaux) qui constituent une richesse largement exploitée par les industries agro-alimentaire, cosmétique et pharmaceutique (**Manandhar, 1995 ; Boukri, 2014**).

Récemment, l'attention s'est portée sur les herbes et les épices comme source d'antioxydants, qui peuvent être employés pour se protéger contre les effets du stress oxydant (**Mata et al., 2007**). Les épices en générale, sont très riches en métabolites antioxydants, une revue scientifique reconnue a classé le Curcuma au quatrième rang parmi les 50 aliments renfermant le plus d'antioxydants (**Halvorsen et al., 2006**).

Le Curcuma est une plante vivace appartenant à la famille Zingibéracée, Le rhizome est la partie utilisée de la plante en tant qu'épice alimentaire, conservateur, et comme colorant des aliments et des textiles. Cependant, on l'utilise aussi depuis des siècles en médecine traditionnelle indienne et chinoise (**Sikha et al. 2015**). La couleur jaune caractéristique de la poudre de rhizome est donnée par les curcuminoïdes (**Christelle, 2010**).

Dans ce cadre, l'objectif principal de ce travail consiste dans la caractérisation phytochimique et biologique de quelque métabolite secondaire extraits issue de la plante *Curcuma longa*. En se basant sur des travaux de recherches antérieures.

Notre travail a été divisé en deux parties :

La première partie est une étude bibliographique qui se scinde en 4 chapitres :

- Le premier chapitre commencé par des généralités sur les plantes médicinales et la phytothérapies.
- Le deuxième chapitre donne un aperçu général de la plante «*Curcuma longa*».
- Le troisième chapitre concernant les polyphénols comme des principes actifs du *Curcuma longa*
- Le quatrième chapitre : donne quelques informations sur l'activité antioxydante

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

- Le premier regroupe l'ensemble de matériels et méthodes : préparation des extraits aqueux et méthanolique de rhizome de curcuma longa, l'étude in vitro Analyses qualitatif (les tests préliminaires) , l'analyses quantitatif et l'évaluation de l'activité antioxydante (FRAP).
- Le deuxième présente les résultats obtenus et leurs discussions et conclusion.

1ère partie : Synthèse Bibliographique

I. La phytothérapie et les plantes médicinales



I. La phytothérapie

I.1. Historique de la phytothérapie

Le premier texte connu sur la médecine par les plantes est gravé sur une tablette d'argile, rédigé par les Sumériens en caractères cunéiformes 3000 ans av. J.-C. Ils utilisaient des plantes telles que : le myrte, le chanvre, le thym, le saule en décoctions filtrées. Le Papyrus Ebers, du XVI^e siècle av. J.-C. est le premier recueil connu consacré aux plantes médicinales. De loin le plus volumineux connu de l'Égypte ancienne avec « 110 pages ». Il fait référence à de plus anciens documents citant des dizaines de plantes accompagnés d'un mode d'utilisation.

Les Grecs et les Romains utilisaient également de nombreuses plantes. On en retrouve des références, entre autres, dans l'œuvre de Dioscoride (médecin grec du I^{er} siècle).

En Europe, les plantes représentent l'essentiel de la pharmacopée jusqu'à la fin du XIX^e siècle et l'avènement de la chimie moderne. Encore largement utilisées après la Seconde guerre mondiale, elles furent ensuite supplantées par les médicaments de synthèse plus simple d'emploi.

En France, le diplôme d'herboriste a été supprimé en septembre 1941 par le gouvernement de Vichy. De 4 500 herboristes en 1941, ils sont désormais une dizaine tandis qu'en Allemagne ou en Italie, on compte plusieurs milliers d'herboristes.

Alors que depuis l'Antiquité les spécialistes des plantes étaient clairement identifiés, du médecin à l'herboriste, et que cette séparation est encore en vigueur dans d'autres sociétés de par le monde : certaines plantes sont sacrées, préparées uniquement par la personne qui remplit la fonction de guérisseur (**Ghabiche, 2009**)

I.2. Définition de la phytothérapie

D'un point de vue étymologique, le terme "phyto" de phytothérapie provient du grec ancien avec le terme plus précis de "phyton" et signifie "végétal". La phytothérapie est donc la thérapie par le végétal ou par le monde végétal", aujourd'hui nous considérons davantage la phytothérapie comme la "thérapie par les plantes" ou plus exactement la méthode thérapeutique utilisant des plantes médicinales dans le traitement de maladies.

Selon l'OMS, la phytothérapie est le traitement médical le plus utilisé au monde (**Site1**) 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.3. Différents types de la Phytothérapie

I.3.1. Aromathérapie

Est une thérapeutique qui utilise les essences des plantes, ou huiles essentielles, substances aromatiques secrétées par de nombreuses familles de plantes.

I.3.2. Gemmothérapie

Se fonde sur l'utilisation d'extrait alcoolique de tissus jeunes de végétaux tels que les bourgeons et les radicules.

I.3.3. Herboristerie

Correspond à la méthode de phytothérapie la plus classique et la plus ancienne. L'herboristerie se sert de la plante fraîche ou séchée ; elle utilise soit la plante entière, soit une partie de celle-ci (écorce, fruits, fleurs). La préparation repose sur des méthodes simples, le plus souvent à base d'eau : décoction, infusion, macération.

I.3.4. Homéopathie

A recours aux plantes d'une façon prépondérante, mais non exclusive ; les trois quarts des souches sont d'origine végétale, le reste étant d'origine animale et minérale.

I.3.5. Phytothérapie pharmaceutique

Utilise des produits d'origines végétales obtenus par extraction et qui sont dilués dans de l'alcool éthylique ou un autre solvant. Ces extraits sont dosés en quantités suffisantes pour avoir une action soutenue et rapide. Ils sont présentés sous forme de sirop, de gouttes, de gélules, de lyophilisats (**Strang, 2006**).

I.4. Avantages et efficacité de la phytothérapie

De nombreuses études scientifiques relatent les effets bénéfiques des plantes, parfois mêmes supérieurs aux médicaments, et ce dans les plus grandes revues médicales.

Quatre organismes aujourd'hui s'attachent à démontrer leur efficacité :

L'EMA, l'ESCP, l'OMS et la Commission E en Allemagne.

Ces 4 instances répertorient les vertus médicinales des plantes, étudient les usages traditionnels et se prononcent sur leur utilité dans le traitement de certains symptômes ;

-La phytothérapie couvre un très large champ de maladies et l'industrie pharmaceutique utilise de nombreux principes actifs végétaux pour traiter toutes sortes de maladies. Par exemple le taxol (molécule utilisée pour le traitement du cancer) extraite de l'écorce d'If (**Gayet et. Michel. 2013**)

-Les médicaments chimiques provoquent souvent des effets néfastes (responsables de 10 à 20% des hospitalisations), contrairement aux phytomédicaments qui ne présentent quasi pas d'effets secondaires si utilisés avec précaution :

- ✓ Les plantes médicinales sont beaucoup moins chères que les médicaments de synthèse.
- ✓ La phytothérapie peut être utilisée comme un moyen de prévention.
- ✓ La phytothérapie est accessible pour tout le monde et ne nécessite pas d'obtenir une ordonnance.
- ✓ Le corps humain est mieux adapté à un traitement à base de plantes qu'à une thérapie essentiellement chimique.
- ✓ La production des plantes est très peu polluante contrairement aux médicaments chimiques. (**Iserin.2001**)(**Grunwald et Janick.2006**) (**Site 2**).

I.5. Inconvénients et limites d'utilisations de la phytothérapie

- ✓ Il est particulièrement difficile d'apporter des preuves d'efficacité des plantes.
- ✓ Il y a aussi beaucoup d'herbes qui ne sont pas recommandées pour les enfants et sont dangereuses pour eux, ainsi que pour les femmes enceintes ; (**Baba-Aissa ,1991**) (**Site 3**)
- ✓ Certaines plantes renferment des toxines si puissantes que l'ingestion d'une quantité infime risque de se révéler mortelle.
- ✓ La toxicité peut être aussi due à l'utilisation d'une dose excessive ou une erreur d'identification de la plante, vu que pour deux plantes qui se ressemblent sur le plan botanique l'une peut être toxique. Une mal-interprétation des symptômes peut être très dangereuse du fait que la phytothérapie repose le plus souvent sur l'automédication. Les préparations domestiques ne peuvent pas être conservées pour une longue durée donc une préparation mal conservée peut donner des intoxications au lieu de nous guérir.
- ✓ Les plantes contiennent des fois des substances allergisantes ; Heureusement aujourd'hui, les phytothérapeutes connaissent le degré d'efficacité des plantes médicinales et leurs limites dans le traitement de certaines pathologies. Ils ne se risqueraient jamais à juguler une maladie infectieuse aiguë sans l'aide d'antibiotiques ni à soigner une affection sévère, comme le diabète, uniquement avec des plantes. Toutefois, ils peuvent traiter et soulager efficacement leurs patients atteints de maladies bénignes avec un traitement à base de plantes comme par exemple les affections gastro-intestinales, les problèmes dermatologiques ou d'affections légères du système nerveux (stress et insomnie). (**Iserin ,2001**)(**Nico ,2003**) (**Site 2**).

I.6. Mode de préparation

I.6.1. Infusion

Une infusion se fait essentiellement avec les fleurs et feuilles des plantes, en versant l'eau bouillante sur la plante et en laissant infuser entre 10 et 20 minutes (**Nogaret, 2003**).

I.6.2. Décoction

Cette méthode s'applique essentiellement aux parties souterraines de plante et écorces, qui libèrent difficilement leurs principes actifs lors d'une infusion dans l'eau qu'on porte à ébullition, laisser refroidir et filtrer (**Nogaret, 2003**).

I.6.3. Macération

Ces préparations s'obtiennent en mettant à tremper une certaine quantité d'herbes sèches ou fraîches dans un liquide : eau, alcool et en laissant en contact pendant un temps plus ou moins long, puis chauffer doucement, filtrer et boire sans sucrer. Cette méthode est particulièrement indiquée pour les plantes riches en huiles essentielles pour profiter pleinement des vitamines et minéraux qu'elles contiennent (**Delille, 2007**).

I.6.4. Cataplasme

Les plantes sont hachées grossièrement, puis mises à chauffer dans une casserole recouvertes d'un peu d'eau. Laissez frémir deux à trois minutes. Presser les herbes, puis les placer sur l'endroit à soigner, couvrez d'une bande (**Nogaret, 2003**).

I.6.5. Poudre

Les plantes préparées sous forme de poudre obtenue par pulvérisation, dans un mortier ou dans un moulin, peuvent s'utiliser pour un soin interne ou externe (**Delille, 2007**).

I.6.6. Teinture

Les teintures présentent essentiellement deux avantages : elles peuvent se conserver pendant trois ans et les principes actifs qu'elles contiennent sont rapidement absorbés par l'organisme. Le principe de la teinture consiste à capter les principes actifs de plante en la faisant macérer dans l'alcool ou un mélange alcool-eau, pendant plusieurs semaines, mettre des plantes sèches à macérer, car certaines plantes fraîches peuvent être toxiques (**Nogaret, 2003**).

I.6.7. Crèmes

On prépare une crème en associant de l'huile ou un autre corps gras à de l'eau, par un processus d'émulsion (**Iserin et Masson, 2001**).

I.6.8. Inhalations

De la vapeur d'infusions à base de plantes médicinales qui contiennent des huiles étherées (**Kunkele et Lobmeyer, 2007**). Les inhalations sont efficaces contre la bronchite, la sinusite, le rhume des foins et l'asthme.

II. Les plantes médicinales

II.1. Définition

La définition d'une plante médicinale est très simple, En fait il s'agit d'une plante qui est utilisée pour prévenir, soigner ou soulager divers maux, Les plantes médicinales sont des drogues végétales dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses (**Farnsworth et al.1986**)

Environ 35 000 espèces de plantes sont employées par le monde à des fins médicinales, ce qui constitue le plus large éventail de biodiversité utilisé par les êtres humains, Les plantes médicinales continuent de répondre à un besoin important malgré l'influence croissante du système sanitaire moderne (**Elqaj et Al,2007**).

Des plantes médicinales peuvent avoir également des usages alimentaires ou condimentaires, ou encore hygiéniques (**jean, 2010**).

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**).

II.2. Composant des plantes médicinales

II.2.1.Principes actifs

Les principes actifs d'une plante médicinale sont des composants biochimiques naturellement présents dans une plante, ils lui confèrent son activité thérapeutique. Les principes actifs se trouvent dans toutes les parties de la plante, mais de manière inégale et Ils n'ont pas les mêmes propriétés (**Adouane, 2016**).

Le principe actif est contenu dans une drogue végétale ou dans une préparation à base de drogue végétale utilisée seule ou avec des excipients pour la préparation des médicaments (**Merad et Mahiout, 2019**).

II.2.2. Les huiles essentielles

Ce sont des molécules à noyau aromatique et caractère volatil offrant à la plante une odeur caractéristique et on trouve ces molécules dans les organes sécréteurs (**Iserin et Masson,2001**). Ces huiles Jouent un rôle de protection des plantes contre un excès de lumière et attirent les insectes pollinisateurs (**Dunstan et al, 2013**).

Ils sont utilisés pour soigner des maladies inflammatoires telles que les allergies, eczéma et les problèmes intestinaux (**Iserin et Masson, 2001**). Ainsi que dans l'industrie cosmétique et alimentaire (**Kunkele et Lobmeyer, 2007**).

II.2.3. Les flavonoïdes

Ils sont à l'origine de la coloration des feuilles, fleur, fruit ainsi que d'autres parties végétales, les flavonoïdes sont des antibactériennes (**Wichtl et Anton, 2009**), certains flavonoïdes ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales (**Iserin et Masson, 2001**).

II.2.4. Les alcaloïdes

Sont des substances naturelles azotées à réaction basique fréquente issus d'acides aminés (**Kunkele et Lobmeyer, 2007**). Tous les alcaloïdes ont une action physiologique intense, médicamenteuse ou toxique. Très actifs, les alcaloïdes ont donné naissance à de nombreux médicaments (**Ali-Delille, 2013**).

II.2.5. Substances Amères

Qui forment un groupe très diversifié de composants dont le point commun est l'amertume de leur goût. Cette amertume stimule les sécrétions des glandes salivaires, ces sécrétions augmentent l'appétit et améliorent la digestion et l'absorption des éléments nutritifs adaptés, le corps est de ce fait mieux nourri (**Iserin et Masson, 2001**).

II.2.6. Tanins

C'est une substance amorphe contenue dans de nombreux végétaux. Elle est employée dans la fabrication des cuirs car elle rend les peaux imputrescibles. Elle possède en outre des propriétés antiseptiques mais également antibiotiques, anti-inflammatoires, anti-diarrhéiques, hémostatiques et vasoconstrictrices (diminution du calibre des vaisseaux sanguins) (**Ali Delille, 2013**).

Les plantes contenant du tanin sont par exemple le chêne (**Kunkele et Lobmeyer, 2007**).

II. Généralité sur

Le *Curcuma longa* L



II.1. Histoire du curcuma

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 6 000 ans le curcuma était utilisé pour « chasser » la jaunisse (**Ravindran et al., 2007**).

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-là, les commerçants Arabes ont desservi le Marché Européen depuis l'Inde. Un peu plus tard, lors du début de la colonisation de l'Inde par les Anglais (XVe Siècle), le curcuma fut mélangé, entre autres, avec du cumin et de la coriandre pour former ce que l'on appelle le curry.

Le pays d'origine du *Curcuma* n'est pas clairement identifié aujourd'hui. On peut penser qu'il est Originaire d'Inde ainsi que les autres espèces du genre *curcuma* mais les différents rapports traitant de *Curcuma longa* L. depuis 1810 ne font état que de sa culture agricole à des fins industrielles. Il existe une théorie établissant que le curcuma est originaire de Cochinchine (aujourd'hui représenté géographiquement par le sud du Vietnam) et qu'il aurait été exporté dans le Nord Est de l'Inde par des Tribus Bouddhistes durant la période post-Buddha (**Jourdan.2015**)

II.2. Air géographique

Watt (1972) a signalé qu'il n'y a pas de 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'autres 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**).



Figure 1:Aire de répartition du *Curcuma longa L*(**Site 4**)

II.3. Terminologie

La terminologie générale de « *curcuma* » se réfère à un groupe de pigments polyphénoliques provenant de plantes, à la couleur jaune canari caractéristique, qui sont à l'origine de ses propriétés multiples bénéfiques pour la santé (**Loap., 2008**)

Le terme «*Longa* » se réfère à la forme allongée de son rhizome. Le fait qu'il s'agisse d'une plante domestique a conduit le botaniste, Valetton, à donner le nom *Curcuma domestica*, par contre le nom anglais de *curcuma* est tiré du sanskrit et signifie «jaune», en référence à la couleur qui provient des substances colorées du rhizome, et avec lesquelles les Hindous ont coloré leurs vêtements pour des actes de cérémonie (**Lecerf., 2012**).

La ressemblance de sa poudre avec l'ocre minéral précieux a donné le terme turmerique (turmeric en anglais) souvent utilisé aux Indes et par les Anglais et qui dérive du latin *terra-mérita* et du français médiéval *terre-mérite* (**Lecerf., 2012**).

De nos jours, on connaît pour cette plante diverses appellations suivant les langues :

Tableau 1 : Les dénominations du *Curcuma*(Loap, 2008)

Langue	Dénomination
Français	Curcuma longa, safran des Indes, souchet de Babylone, terre-merite
Arabe	Kurkum
Allemand	Kurkumawurzel
Anglais	Turmeric , Indian saffron
Chinois	Wong geung, yu chin
Hindi	Haldi
Indonésien	Kunyit, daun Kunyit (feuilles)
Japonais	Ukon
Javanais, Malais	Temoe lawak
Sanskrit	Haridra
Thailandais	Kha min
Vienamien	Cu nghe (frais), bot nghe (sec et moulu)

II.4. Description de la plante

Curcuma longa est une plante vivace atteignant un mètre, pérenne par son rhizome (Cheikh Ali Z.2012)



Figure 2 : Image représentative du *Curcuma longa*(Jourdan.2015)

Le rhizome : se compose de plusieurs parties (**Figure 3**). Le rhizome commercialisé est le rhizome primaire, il est ovale, oblong, piriforme et communément appelé « ampoule » ou curcuma « rond ». Les rhizomes secondaires sont plus cylindriques, mesurent 4 à 7 cm de long pour 1 à 1,5 cm de large et sont appelés « doigts ». Ils sont de couleur jaunâtre à brun jaunâtre à l'extérieur et jaune ou jaune orange à l'intérieur. Leur odeur est aromatique, leur goût chaud et légèrement amer.(Jourdan.2015)



Figure 3: Le rhizome de *Curcuma longa L* (Site 5)

Feuille : grande feuille lancéolée, de couleur vert uniforme faisant jusqu'à 50cm de long et 7 à 25cm de large (Bruneton, 2009).



Figure 4: Les feuille de *Curcuma longa L*(Site 6)

Fleur : Tige longue, inflorescence sortant du cœur des feuilles de 12 à 20cm contenant beaucoup de fleurs. Couleurs de fleurs : blanche. Période de floraison : de mai à septembre. Floraison non parfumée. Possèdent : Un calice tubulaire court présent 3 dents

Inégales, une corolle tubulaire à sa base, puis divisée en 3 lobes jaunes inégaux, un ovaire

Infère, triloculaire, surmonté d'un style terminé par un stigmate simple et en crochet (Itokawa et al., 2008)



Figure 5 : Fleur de *Curcuma longa* (Site 7)

Le fruit du *curcuma* est une capsule globuleuse, mais il n'est pas produit chez l'espèce *Curcuma longa*, plante stérile disséminée par division de son rhizome. (Loap., 2008)

II.5. Classification

Tableau 2 : Place du taxon dans la classification APG III (Jacques Fournet & al. 2012)

Rang	Nom scientifique	Num Nom
Super-Règne	Plantae	14647
Classe	Equisetopsida	14950
Ordre	Zingiberales	14943
Famille	Zingiberaceae	14500
Genre	<i>Curcuma</i>	13400
Espèce	<i>Curcuma longa</i>	3150

On dénombre près de 110 espèces de genre *Curcuma*. Seuls environ 20 espèces ont été étudiées du point de vue phytochimique, parmi ces espèces (*curcuma longa L*) est l'espèce la plus étudiée chimiquement jusqu'à présent (Li et al, 2011) mais en retrouvant également *curcuma xanthorrhiza roxburgh* dit tanoé lawak et la Zédoaire décrite sous le nom de *curcuma zédoaire rexoe* ou *curcuma zurumbert roxburgh* (Hombourger, 2010)

II.6. Composition chimique

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

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

La partie non volatile du *Curcuma* est composée aussi des protéines, lipides, sucres et composés phénoliques (curcumines).

Ce tableau résume les valeurs énergétiques et nutritionnelles pour 100 g de poudre de rhizome de *Curcuma longa L*.

Tableau 3 : Valeurs nutritionnelles et énergétiques du *Curcuma Longa L* (Shahide, 2016)

Energie	354kcal	Minéraux		Vitamines	
L'eau	11,4 g	Calcium	183 mg	Vit B1	0,15mg
Protéine	7,8 g	Magnésium	193 mg	Vit B2	0,23 mg
Lipide	9,9 g	Phosphore	268 mg	Vit B3	5,14 mg
Glucide	64,9 g	fer	41,4 mg	Vit B6	1,80 mg
Fibre	21,1 g	zinc	44 mg	Vit B9	39 mg
Omega 9	3,12 g	Potassium	2525 mg	Vit C	26 mg
Omega 3	0,48 g	Manganèse	7,8 mg	Vit E	3,1 mg
Omega 6	1,69 g	Cuivre	603 mg	Vit K	13,4mg

Deux composants actifs du *curcuma* sont l'huile volatile et les curcuminoïdes et les deux sont présents dans l'oléorésine extraite de la racine du *curcuma*. Les huiles essentielles sont principalement constituées de sesquiterpènes, dont beaucoup sont spécifiques au genre *curcuma*. L'arôme de cette épice est principalement dérivé des turmomères α et β et de la Turmerone aromatique (Ar-turmerone). Les groupes

aromatiques fournissent une Hydrophobie et le leur donne une flexibilité. Les structures tautomériques influencent

Egalement l'hydrophobicité et la polarité (Amalraj et al., 2017).

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'artumérone (dehydroturmérone) (12%) (Figure 6).

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. La contribution relative de chaque composant à l'arôme et à la saveur est mal connue. L'arôme de l'huile essentielle distillée à la vapeur est différent de celui de l'épice, ce qui serait dû à la formation d'artefacts lors de la distillation. (Jansen et al., 2005 ; Christelle, 2010).

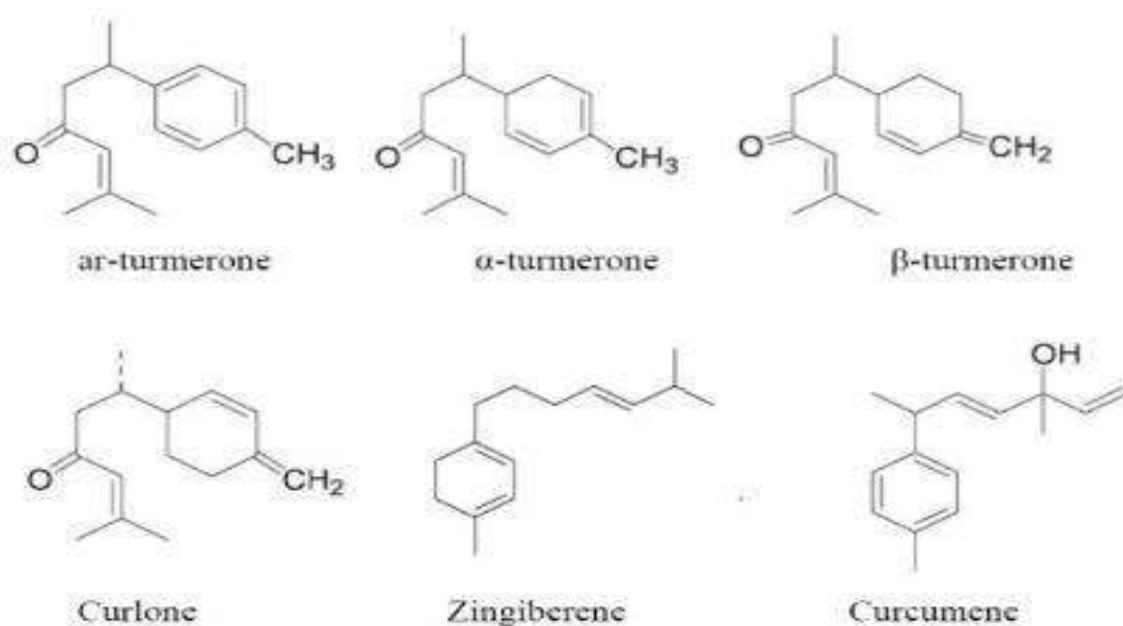


Figure 6 : Structure chimique des principaux constituants de l'huile essentielle de curcuma. (dohare et al., 2008)

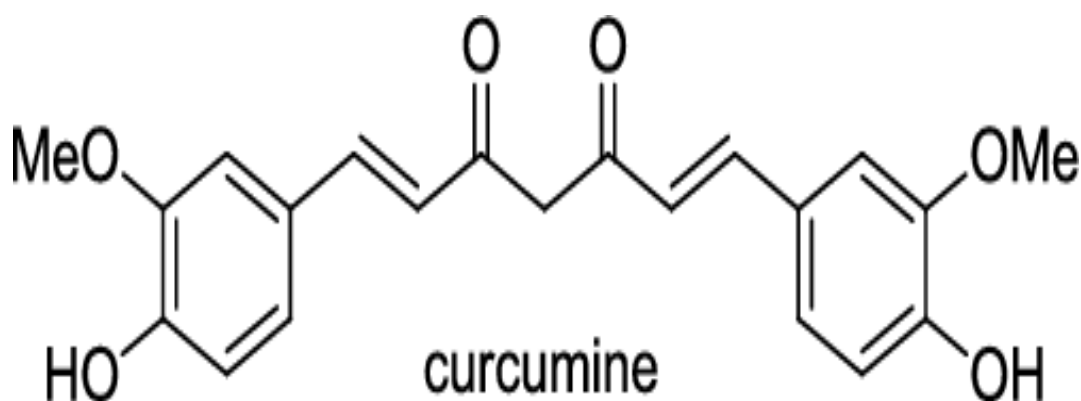


Figure 7 : Structure chimique de la curcumine(Jourdan,2015).

II.7. Utilisation de *Curcuma longa L*

II.7.1. Utilisation alimentaire :

Le rhizome est la partie utilisée de la plante. Le rhizome réduit en poudre est utilisé en tant qu'épice alimentaire pour renforcer la saveur des aliments et les conserver, et On utilise les épices comme aromates, essentiellement végétales, pour l'assaisonnement, la coloration et la conservation des aliments ou des boissons, certaines épices sont aussi utilisées comme suppléments diététiques, (Wichtl et Anton, 2003).

II.7.2. Utilisation médicinale :

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

On lui attribut même des effets thérapeutiques semblables aux classes de médicaments suivants : (Wun., 2003)

- ✓ Les médicaments anti-inflammatoires
- ✓ Antidépresseurs (Prozac)
- ✓ Chimiothérapie
- ✓ Anticoagulants (aspirine)
- ✓ Antidouleur
- ✓ Médicaments contre le diabète (Metformine)
- ✓ Médicaments contre l'arthrite
- ✓ Médicaments contre les maladies inflammatoires de l'intestin
- ✓ Médicaments contre le cholestérol (Lipitor)
- ✓ Les stéroïdes

II.7.3. Utilisation cosmétique :

Le *Curcuma* a été utilisé comme un produit de beauté depuis des siècles. Il est un moyen peu coûteux et naturel de traiter plusieurs problèmes de peau, et de cheveux, il est aussi bien utilisé dans les recettes de grands-mères que dans le commerce sous forme de crèmes, masques, savons, huiles et shampooings (Gupta et al., 2013).

II.8. Activité biologiques de *Curcuma Longa*

II.8.1. Activité antioxydante

Le rôle des radicaux libres a été établi dans différentes maladies telles que l'athérosclérose, le cancer, le diabète, la cirrhose, le vieillissement, etc. (Halliwell et Gutteridge., 1985). Par conséquent, les composés qui peuvent balayer ces radicaux libres ont de grands potentiels pour prévenir ou inhiber ces maladies dégénératives. Les antioxydants sont un tel composé avec une activité de piégeage des radicaux.

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)

II.8.2. Activité anti-inflammatoire

Le *curcuma* inhibe in vivo le NF-B articulaire, un facteur de transcription activé dans l'endothélium vasculaire et les cellules synoviales dans les articulations RA, et des principaux gènes inflammatoires directement ou indirectement activés par NF-B, tout cela suggère que l'inhibition de NF-B est un mécanisme critique de l'effet protecteur antiarthritique du curcuma. Des résultats d'études in vitro antérieures démontrant l'inhibition de l'activation de NF-B par le blocage de voies en amont par des produits à base de curcumine (c'est-à-dire L'inactivation du complexe IB kinase) (Funk et al.,2006).

II.8.3. Activité antimicrobienne

Les huiles essentielles sont des produits de composition généralement complexes, renfermant des métabolites secondaires représentés par des principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de leur extraction. Les huiles essentielles (HE) sont biosynthétisées par les végétaux supérieurs en réponse à des conditions de stress et surtout pour combattre les agents infectieux ou parasitaires (Goetz et Ghedira.,2012).

L'huile essentielle de *Curcuma longa*. L inhibe le développement de plusieurs micro-organismes. 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.

Thongsson(2005) a rapporté que l'huile essentielle de curcuma et de gingembre est efficace sur *Listéria monocytogènes* mais non sur les salmonelles (**Loap.,2008**)

II.8.4. Activité anticancéreuse

Les phytothérapeutes ont eu accès depuis des centaines d'années à des données d'observation sur l'activité anticancéreuse de nombreuses plantes, retranscrites dans des textes traditionnels.

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**).

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(2004) ont étudié l'effet du *curcuma* sur les lignées cellulaires de carcinome du pancréas et ils ont montré que la curcumine inhibe sa croissance.

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 à une concentration de 1% dans un régime alimentaire supprime chez les souris des tumeurs spontanées siégeant au niveau des glandes mammaires.

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

II.8.5. Activité antidiabétique

Les curcuminoïdes et les sesquiterpénoïdes du *curcuma* ont récemment montré une activité hypoglycémisante 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 hypoglycémisante est due à l'activation des PPAR γ (Proliferative-Activated Receptor- γ) par l'intermédiaire de son ligand GAL-4-PPAR γ (**kuroda et al. 2005; nishiyama et al. 2005**).

II.8.6. Autres effets possibles notables

Le curcuma est considéré comme un aliment naturel. Son activité thérapeutique est décuplée en présence de poivre (pipérine), sa biodisponibilité étant ainsi augmentée.

✓ Les effets du *curcuma* sont étudiés dans son rôle protecteur contre la maladie d'Alzheimer¹, contre le Diabète de type 2 et d'autres troubles cliniques. En effet, la curcumine pourrait également aider à stimuler les cellules du système immunitaire qui englobent les protéines du cerveau qui marquent la maladie d'Alzheimer.

✓ *Le curcuma* pourrait améliorer la mémoire des personnes présentant un risque de déficience cognitive lié au diabète.

- ✓ Consommé avec du thé vert et du poivre noir, le *curcuma* serait utilisé contre l'obésité. Son efficacité dans les syndromes dépressifs majeurs n'est pas démontrée.
- ✓ Le *curcuma* est utilisé comme médicament traditionnel pour le traitement des maladies de peau, en particulier en Inde et à l'île Maurice dans le traitement de la gale (**Lizbeth M. Jiménez-Flores et al, 2014**).

III. Les composés phénoliques



II.1. Les polyphénols

III.1.1. Définition

Les polyphénols constituent une famille de molécules organiques largement présente dans le règne végétal. Ils sont caractérisés, comme l'indique le nom, par la présence de plusieurs groupements phénoliques associés en structures plus ou moins complexes généralement de hautes poids moléculaire. Ces composés sont les produits des métabolismes secondaires des plantes.

Les polyphénols prennent une importance croissante, notamment grâce à leurs effets bénéfiques sur la santé (**Stanley et al., 2003**). En effet, leur rôle d'antioxydants naturels suscite de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement du cancer (**Chen et al., 2004**), des maladies inflammatoire, cardiovasculaires et neurodégénératives. Ils sont également utilisés comme additifs pour l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique (**Isanh., 2006**).

Ils sont divisés en plusieurs catégories :

- ✓ Les acides phénoliques.
- ✓ Les flavonoïdes.
- ✓ Les tanins.

III.1.2. Classification

Tableau 4: Principales classes des composés phénoliques (**Macheix et al., 2005 ; Daayf et Lattanzio., 2008**)

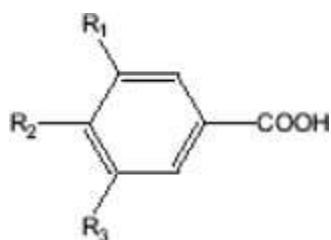
Nombre d'atomes de carbones	Squelette de base	Classe	Plante alimentaire (exemple)
6	C ₆	Phénols simple	Busseroles.
7	C ₆ -C ₁	A-hydrobenzoïques	Epices, fraise
8	C ₆ -C ₂	Acétophénonnes Acides benzoïques	/
9	C ₆ -C ₃	A-hydroxycinamiques Coumarines	Pomme, P de terre Citrus
10	C ₆ -C ₄	Naphthoquinones	Noix
13	C ₆ -C ₁ -C ₆	Xanthonnes	Mangue
15	C ₆ -C ₅ -C ₆	Flavonoïdes Isoflavonoïdes	Fruits, légumes Soja, pois
18	(C ₆ -C ₃) ₂	Lignanes Néolignana	Pin
30	(C ₆ -C ₂ -C ₂) ₃	Biflavonoïdes	Carcinia

n	(C ₆ -C ₃) _n	Lignines	Fruits à noyau
n	(C ₁₅) _n	Tanins	Raisin rouge, Kaki

III.1.2.1. Acide phénolique C6-C1 ou C6-C3

Les acides phénoliques sont des substances phytochimiques ayant au moins un groupe carboxyle et un groupe hydroxy-phénolique (Chanforan., 2010). Ils sont nécessaires pour les fonctions normales des plantes, où ils jouent un rôle important dans la résistance des plantes aux agents pathogènes et les herbivores, la croissance des plantes, la couleur et les caractéristiques organoleptiques des plantes et la prévention du stress oxydatif (Kawsar et al., 2008 ; Challacombe et al., 2012) . Ces composés existent principalement sous forme d'acides hydroxybenzoïques et d'acides hydroxycinnamiques qui peuvent se produire soit sous leur forme libre ou conjuguée (Martins et al., 2011 ; Garrido et Borges et al., 2013). Ces composés existent principalement sous forme d'acides hydroxybenzoïques et d'acides hydroxycinnamiques qui peuvent se produire soit sous leur forme libre ou conjuguée

(Martins et al., 2011 ; Garrido et Borges, 2013).



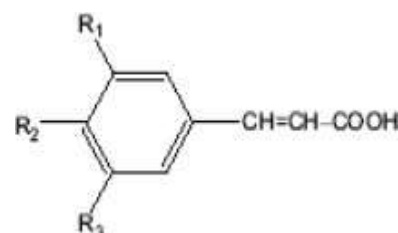
Dérivés d'acide benzoïque

R₁=R₂=R₃=H; acide benzoïque

R₁=R₃=H, R₂=OH; acide p-hydroxybenzoïque

R₁=H, R₂=R₃=OH; acide protocatechuique

R₁=CH₃O, R₂=OH, R₃=H; acide vanillique



Dérivés d'acide cinnamique

R₁=R₂=R₃=H; acide cinnamique

R₁=R₃=H, R₂=OH; acide p-coumarique

R₁=OH, R₂=R₃=H; acide caféique

Figure 8: Les principaux acides phénoliques

III.1.2.2. Flavonoïdes C6-C3-C6

Les flavonoïdes représentent la majorité des composés phénoliques qui sont caractérisés par leur faible poids moléculaires. En effet, plus de 4000 flavonoïdes sont responsables de la pigmentation des plantes, comme les anthocyanosides donnant la coloration rouge ou bleu ainsi que les chalcones, les aurones et les flavonols qui ont la couleur jaune (Imen., 2008) .

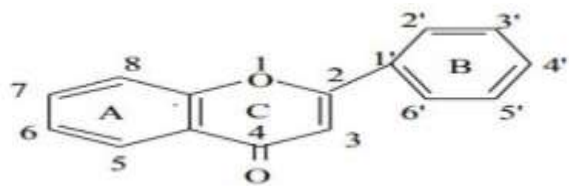
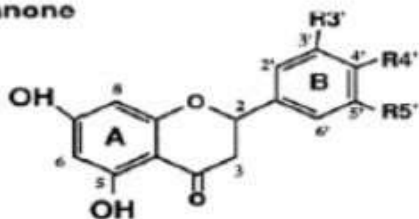


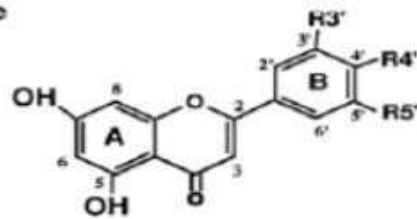
Figure 9: Structure de base des flavonoïdes.

Les flavonoïdes peuvent être divisés en différentes classes, qui sont déterminées par l'état d'oxydation de l'unité de liaison (C), et la position du noyau benzénique (B) (Narayana *et al.*, 2001), tandis que les composés de la même classe sont déterminés par le point d'hydroxylation, ou d'autre substitution du noyau A ou B (OH, OCH₃ et/ou glycosyl) (Verpoorte *et Alfermann*, 2000 ; Havsteen, 2002 ; Edenharder *et Grünhage*, 2003).

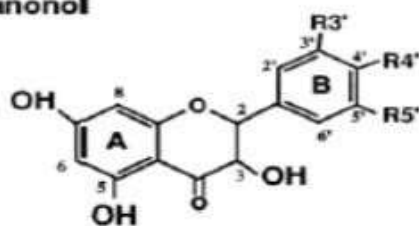
flavanone



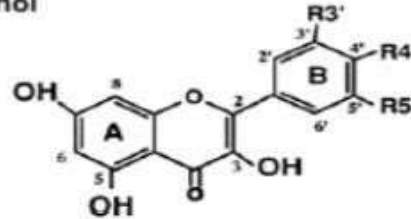
flavone



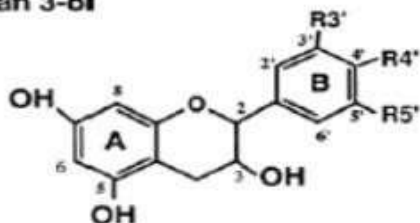
flavanonol



flavonol



flavan 3-ol



isoflavone

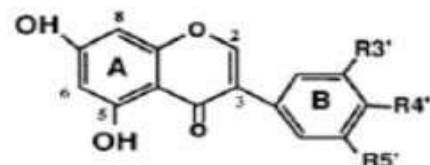


Figure 10 : Les différentes classes des flavonoïdes (Gamet-Payraste, 1999)

III.1.2.3. Tanins (C₆-C₃-C₆) n

Les tanins sont des polyphénols polaires d'origines végétales, existent dans presque chaque partie de la plante : écorce, bois, feuilles, fruits et racines

Ils diffèrent des flavonoïdes par leur poids moléculaires élevé (entre 500 et 3000). Il est difficile de les séparer dans un extrait végétal, parce que de nombreux isomères avec une base moléculaire très semblable coexistent (**Imen., 2008**).

On distingue habituellement chez les végétaux supérieurs deux groupes basés sur des différences structurales : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (**Fiorucci., 2006**)

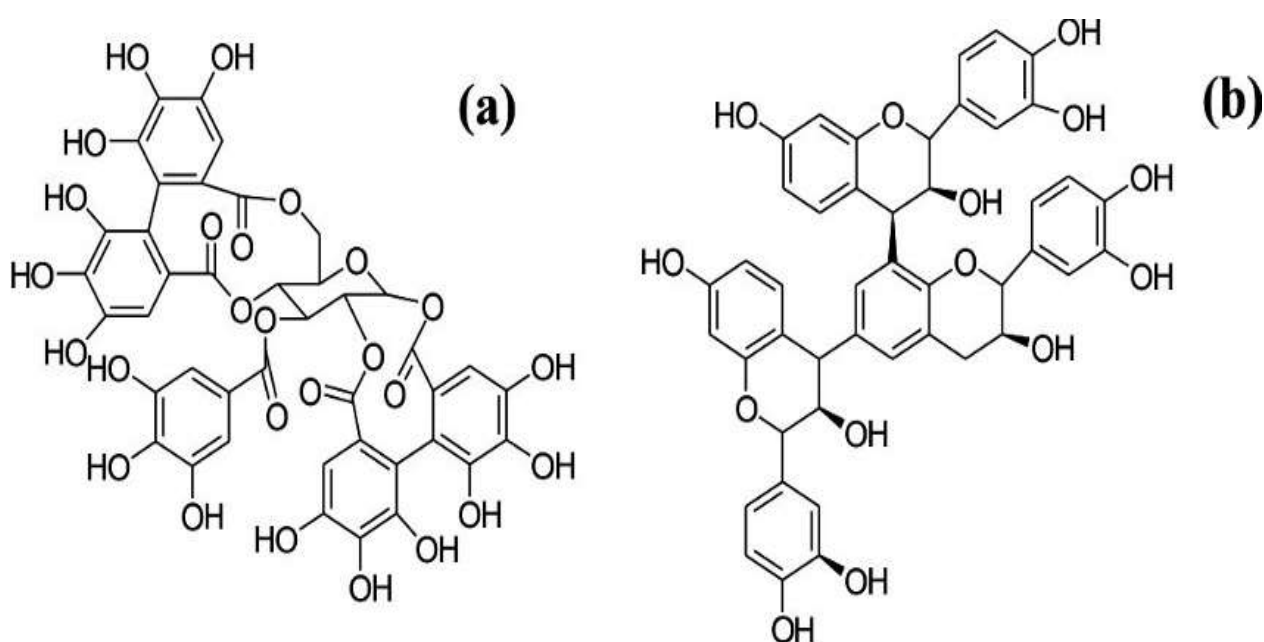


Figure 11 : Structure chimique des tanins hydrolysables **(a)** et des tanins condensés**(b)** (**Site 8**)

III.1.3. Intérêt et rôles des composés phénoliques

Chez les végétaux

Les composés phénoliques peuvent intervenir dans certains aspects de la physiologie de la plante (lignification, régulation de la croissance, interactions moléculaires avec certains microorganismes symbiotiques ou parasites...), dans les interactions des plantes avec leur environnement biologique et physique (relations avec les bactéries, les champignons, les insectes, résistance aux UV); soit directement dans la nature soit lors de la conservation après récolte de certains végétaux; dans les critères de qualité (couleur, astringence, amertume, qualités nutritionnelles...) qui orientent les choix de l'homme dans sa consommation des organes végétaux (fruits, légumes, tubercules...) et des produits qui en dérivent par la transformation; dans les variations de certaines

caractéristiques des végétaux lors des traitements technologiques (préparation des jus de fruits, des boissons fermentées...) pendant lesquels apparaissent fréquemment des brunissements enzymatiques qui modifient la qualité du produit fini(**Fleuriet et al ., 2005**)

Chez les humains

Le rôle des composés phénoliques est largement montré dans la protection contre certaines maladies en raison de leur interaction possible avec de nombreuses enzymes et de leurs propriétés antioxydantes . Spécifiquement, on attribue aux flavonoïdes des propriétés variées: veinotonique, antitumorale, anti-radicalaire, anti-inflammatoire, analgésique, antiallergique, antispasmodique, antibactérienne, hépatoprotectrice, estrogénique et/ ou anti-estrogénique. Ils sont également connus pour moduler l'activité de plusieurs enzymes ou de récepteurs cellulaires. Les flavonoïdes favorisent la relaxation vasculaire et empêchent l'agglutinement des plaquettes sanguines. Par conséquent, ils réduisent la coagulation du sang et le rendent plus fluide. Ils limitent l'oxydation des lipides sanguins et contribuent à la lutte contre les plaques d'athérome. Ils sont aussi anxiolytiques et protèges nos artères contre l'athérosclérose et réduit la thrombose (caillots dans les artères)(**François., 2010**)

IV. Activité Antioxydante



IV. Activités antioxydants

De nos jours, Il existe un intérêt croissant vis-à-vis de la biologie des radicaux libres. Ce n'est pas seulement dû à leur rôle dans des phénomènes aigus tels que le traumatisme ou l'ischémie, mais aussi à leur implication dans de nombreuses pathologies chroniques associées au vieillissement tels que le cancer, les maladies cardiovasculaires et inflammatoires et la dégénérescence du système immunitaire (**Guinebert et al., 2005**).

IV.1. Stress oxydatif

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

Le stress oxydant se définit comme étant un déséquilibre entre la balance des pro-oxydants ERO ou ROS et les systèmes de défense (antioxydants), en faveur des premiers avec comme conséquence l'apparition de dégâts irréversibles pour la cellule (**Favier., 1997**). Le stress oxydant est la conséquence d'une augmentation dans la génération des espèces réactives (dans le cas par exemple des intoxications aux métaux lourds, dans l'irradiation (**Favier., 2003**), tabagisme, les maladies inflammatoires, le stress ... etc) (**Koehlin-Ramonatxo., 2006**) et /ou d'une défaillance dans les systèmes antioxydants (**Roberts et Sindhu., 2009**) à cause soit ; d'un déficit nutritionnel en antioxydants comme les vitamines ou aux anomalies génétiques responsables d'un mauvais codage d'une protéine, soit enzymatiquement antioxydant, soit synthétisant un antioxydant, soit régénérant un antioxydant (**Favier., 2003**).

IV.2. Les radicaux libres

Un radical est un atome ou une molécule dont la structure chimique est caractérisée par la présence d'un électron libre, rendant cette espèce chimique beaucoup plus réactive que l'atome ou la molécule dont elle est issue. (**Pincemail et al., 2001**). Cette propriété rend ces éléments très réactifs du fait de la tendance de cet électron à se réappairier, déstabilisant ainsi d'autres molécules. Les molécules ainsi transformées deviennent alors d'autres radicaux libres et initient ainsi une réaction en chaîne. C'est typiquement ce qui se passe lors de la peroxydation lipidique (**Dacosta., 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 et al., 2007**), sur les protéines, les acides nucléiques (**Ghedira., 2005**). Ils entraînent un stress oxydant quand ils sont en excès.

Les sources de production de radicaux libres sont classées en deux catégories :

- ✓ Les sources endogènes : où les RL sont des produits des réactions de l'organisme.
- ✓ Les sources exogènes : tels que le tabagisme, les radiations UV, les médicaments, les réactifs chimiques, les solvants industriels et la pollution (**Pastre., 2005**)

IV.3. Antioxydantes

Les antioxydants sont des substances capables de neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme et permettent de maintenir au niveau de la cellule des concentrations non cytotoxiques de ROS. Notre organisme réagit donc de façon constante à cette production permanente de radicaux libres et on distingue au niveau des cellules deux lignes de défense inégalement puissantes pour détoxifier la cellule (**Favier, 2003**).

Les antioxydants sont largement présents dans nos aliments, soit sous forme naturelle, soit sous forme d'additifs utilisés dans l'industrie agroalimentaire (**Tanguy et al., 2009**). Les mécanismes d'action des antioxydants sont divers, incluant le captage de l'oxygène singulier, la désactivation des radicaux par réaction d'addition covalente, la réduction de radicaux ou de peroxydes, la chélation des métaux de transition (**Favier, 2006**).

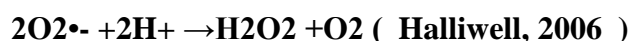
Les antioxydants peuvent être classés selon leurs origines en deux classes les antioxydants enzymatiques et les non enzymatiques (**Delattre et al., 2005**).

IV.3.1. Les antioxydants enzymatiques

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

A. Superoxyde dismutase (SOD)

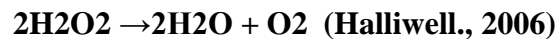
Le rôle majeur du superoxyde dismutase ou SOD est de catalyser la dismutation des ions superoxydes en peroxyde d'hydrogène et en oxygène moléculaire (**Thérond et al., 2000**). Cette enzyme existe sous deux formes : une cytoplasmique nécessite comme cofacteur les ions de cuivre et de zinc (CuZnSOD) et l'autre mitochondriale utilise le manganèse comme cofacteur (MnSOD) (**Jacques et André, 2004**).



B. catalase (CAT)

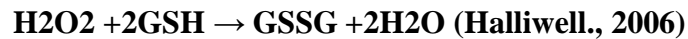
Les catalases sont des enzymes permettent de transformer le peroxyde d'hydrogène en oxygène moléculaire et en eau (**Souchard et al., 2002**).

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



C. Les glutathions peroxydases (GPX)

La glutathion peroxydase possède une forte affinité pour le peroxyde d'hydrogène et, par conséquent, catalyse l'élimination de H₂O₂ même présent à de très faibles concentrations (**Bédane., 2008**)



IV.3.2. Les antioxydants non enzymatiques

Contrairement aux enzymes antioxydants, la plupart de ces composants ne sont pas synthétisés par l'organisme et doivent être apportés par l'alimentation (**Blandine., 2006**). Ce groupe d'antioxydants est constitué de plusieurs composés capables de réagir directement ou indirectement avec les ERO. Le mécanisme indirect implique la chélation des métaux de transition ce qui empêche la production du radical hydroxyle, hautement toxique (**Kohen et Nyska., 2002**).

On trouve dans cette catégorie : les caroténoïdes et l'ubiquinol, la vitamine E, la vitamine C, le glutathion réduit (GSH), l'acide urique, la bilirubine et l'acide alpha-lipoïque (**Delattre et Al., 2005**)

A. Acide ascorbique (vitamine C)

La vitamine C ou acide ascorbique est une molécule hydrosoluble présente dans la plupart des fruits et légumes (non synthétisée par l'Homme). Elle est connue pour son action protectrice contre l'oxydation membranaire. Son caractère antioxydant provient de sa forme ionisée abondante (AscH⁻) qui peut aisément réagir avec des radicaux et produire le radical ascorbate tricarbonyle (AscH•), stabilisé par résonance. Du fait de son très faible pK, la forme non protonée radicalaire faiblement réactive est privilégiée (Asc•-) (**Figure12**) (**Rezaire, 2012**).

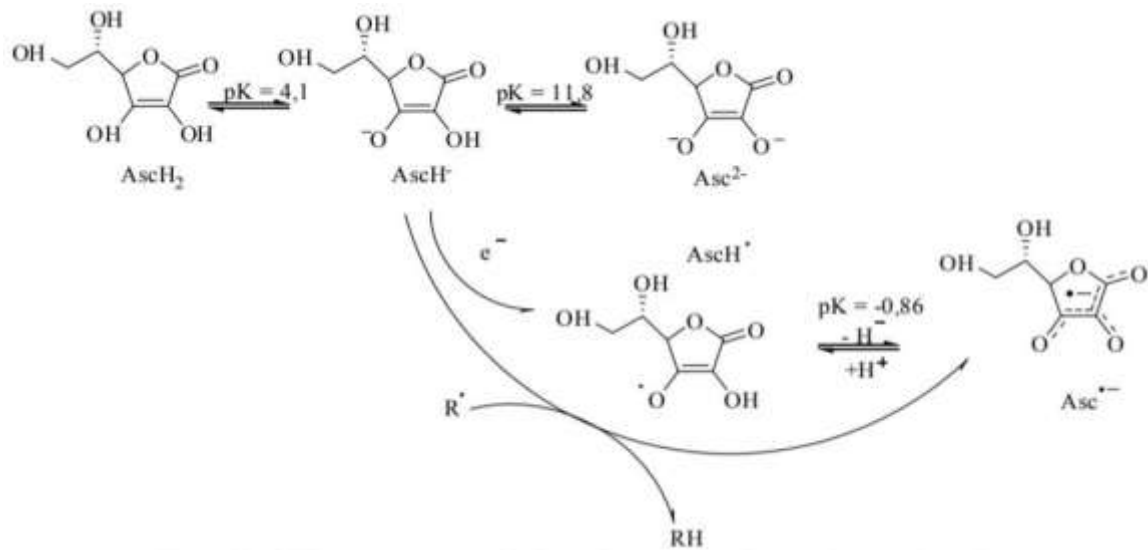


Figure 12: Différentes structures chimiques de la vitamine C et réaction avec les radicaux

B. Vitamine E

C'est un important antioxydant liposoluble représentant le groupe des huit liés aux lecithines et les tocotriénols. Il protège les acides gras membranaires du peroxyde lipidique car c'est l'antioxydant le plus efficace pour briser les chaînes membranaires cellulaires ou réduire son activité par d'autres antioxydants comme l'ubiquinol, le rétinol et l'ascorbate (Lobo et al., 2010 ; Ortega et al., 2014).

C. Les oligoéléments

Cu, Zn, Mg, Se et Fe des cofacteurs qui jouent le rôle d'un barrage contre le stress oxydant. Ils maintiennent l'activité catalytique des enzymes antioxydantes (Garait., 2006). Aussi le zinc et le cuivre jouent un très grand rôle dans l'activité des la SOD (Bouldjadj.,2009).

D. Caroténoïdes

Aussi appelés xanthophylles, ce sont des pigments communs orange, rouge et jaune. Ils sont des groupes fonctionnels contenant de l'oxygène et un nombre différent d'atomes d'hydrogène. Ses structures peuvent être tournées. Les caroténoïdes les plus courants sont : le bêta-carotène, la lycopène et l'alpha-carotène, tandis que les xanthophylles comprennent : la zéaxanthine, la lutéine, la cryptoxanthine, la canthaxanthine, l'astaxanthine et la fucoxanthine (Chandrasekara et Shahidi., 2018).

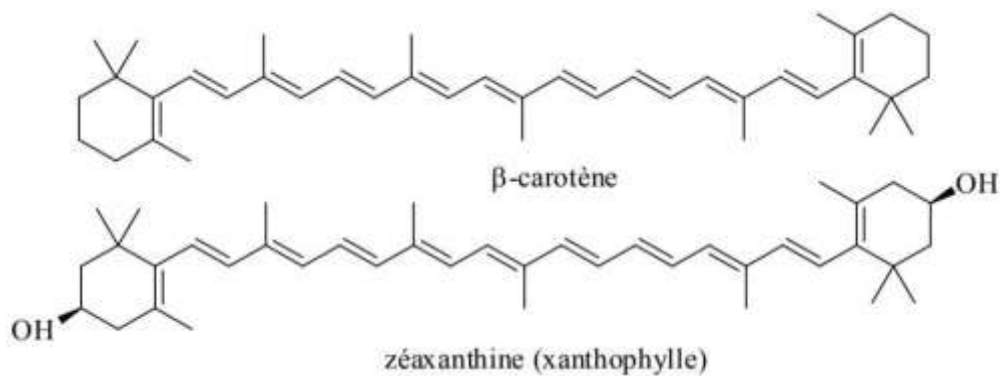


Figure 13: Exemples de carotène et xanthophylle (Rezaire., 2012).

E. Les polyphénols

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

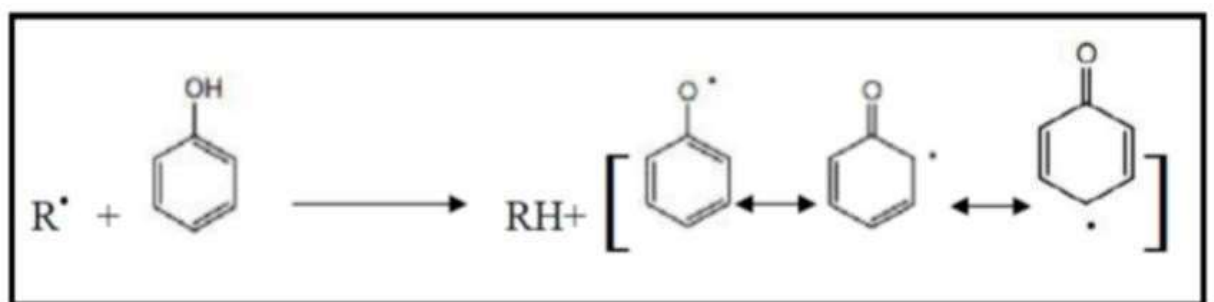


Figure 14 : Mécanisme d'action des antioxydants phénoliques. (Nkhili., 2009)

2ème Partie : Matériel et Méthodes d'Analyse

I. Etude phytochimique



L'objectif de notre travail est porté sur l'étude photochimique et l'activités biologique Antioxydant du *Curcuma longa* L.

I.1. Matériel

I.1.1. Matériel végétale :

La plante *Curcuma longa* L qui fait l'objet de notre étude, a été achetée chez un herboriste à la wilaya de Mila sous forme de poudre en vrac.



Figure 15 :La poudre du *Curcuma longa* L en vrac

I.2. Méthode d'analyse

I.2.1. Extraction par macération à partir des rhizomes de *Curcuma longa* :

On a utilisé la macération comme une méthode d'extraction.

La macération est la méthode d'extraction solide-liquide la plus simple. Elle consiste en la mise en contact du matériel végétal avec le solvant(eau, méthanol, éthanol et acétone, etc.) sans ou avec agitation à une température ambiante, est utilisée dans le cas d'extraction de molécules (**Mahmoudiet al., 2013**).

Cette étape vise à extraire le maximum des molécules chimiques existantes dans les rhizomes de la plante.

Les extraits utilisés pour la réalisation de cette étude sont en nombre de deux : Extrait aqueux et Extraits méthanolique.

I.2.1.1. Préparation de l'extrait aqueux :

20g de la poudre végétale (rizhème du *C. longa L*) a été mise à une extraction par macération avec 200ml d'eau distillée, pendant 24H à température ambiante, l'ensemble est filtré sur un coton afin de séparer le marc du filtrat. L'extrait aqueux a été lyophilisé pour le réduire en poudre. **(Bougandoura et Bendimerad 2012 modifiée)**



Figure 16: Extrait aqueux après la macération

✚ La lyophilisation :

Lyophilisation consiste à retirer l'eau d'un produit liquide, pâteux ou solide, à l'aide de la surgélation puis une évaporation sous vide de la glace sans la faire fondre. Le principe de base est que lorsqu'on réchauffe de l'eau à l'état solide à très basse pression, l'eau se sublime, c'est-à-dire qu'elle passe directement de l'état solide à l'état gazeux. La vapeur d'eau (ou de tout autre solvant) quitte le produit et on la capture par congélation à l'aide d'un condenseur, ou piège froid. Cette technique permet de conserver à la fois le volume, l'aspect et les propriétés du produit traité. Elle peut avoir lieu naturellement (séchage en montagne), ou, plus rapidement, dans un lyophilisateur.

On distingue trois phases majeures dans un cycle de lyophilisation :

- ✓ La congélation, où les produits sont réfrigérés à des températures de l'ordre de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$; l'eau se transforme alors en glace.
- ✓ La dessiccation primaire, sous vide, qui consiste à sublimer la glace libre (interstitielle), donc sans effet d'ébullition (pas d'eau en phase liquide).
- ✓ La dessiccation secondaire, qui permet d'extraire par désorption les molécules d'eau piégées à la surface des produits séchés.

À la fin du cycle, le produit ne contient plus que 1 % à 5 % d'eau, ce qui est extrêmement faible. **(Site 9)**



Figure 17 : Lyophilisation de l'université des Frères Mentouri Constantine I (Avril 2023)

I.2.1.2. Préparation de l'extrait méthanolique :

Une prise d'essai de 50g de la matière végétale (la poudre des rhizomes du *C. Longa L*) a été mise à macérer dans 485ml de méthanol absolu pendant 24H à température ambiante. Après filtration du mélange, l'extrait a été évaporé à sec sous pression réduite à et à 52°C grâce à un évaporateur rotatif pour obtenir un extrait sec (**Bougandoura et Bendimerad, 2012**). Modifiée



Figure 18: Extrait méthanolique après la macération

✚ Evaporateur

Un évaporateur rotatif est un équipement de laboratoire utilisé pour séparer un solvant d'un échantillon. C'est-à-dire que cet équipement évapore les substances par le processus de distillation, pour ensuite condenser et ensuite séparer ses composants un par un, en profitant de leurs différents points d'ébullition.

Il est à noter que l'évaporateur rotatif est beaucoup plus efficace qu'un simple équipement de distillation. En effet, sa structure peut être couplée à un système de

vide qui réduit la pression. Et en faisant tourner l'échantillon, la zone de contact est plus grande, par conséquent, l'évaporation se produit plus rapidement. Cet équipement dispose également d'un système de chauffage contrôlé qui rend le processus de distillation plus efficace.

En distillation simple, en revanche, il n'y a pas de rotation. Le liquide reste immobile, chauffant de l'extérieur vers l'intérieur. C'est pourquoi l'évaporation de tout le solvant est plus lente, s'étendant ainsi davantage dans le temps. (Site 10)



Figure 19: Evaporateur rotatif (Avril 2023)

Figure 20: Différentes étapes de préparation des l'extraits aqueux et méthanolique.

I.2.2. Analyses des extraits du *Curcuma longa L*

I.2.2.1. Analyse qualitative

I.2.2.1.1. Tests préliminaires

I.2.2.1.1.1. Caractérisation des composés phénoliques

0,1g de chaque extrait a été dissout dans 3ml de solvant (chaque extrait est dissous dans son solvant d'origine) et 5 gouttes de FeCl₃ à 2% y ont été ajoutées. La présence des composés phénoliques a été marquée par l'apparition de la couleur bleue-verdâtre (Rosine et Momo., 2009).

I.2.2.1.1.2. Caractérisation des Flavonoïdes :

Le test consiste à ajouter à 3ml de chaque extrait (Aq et Met) à une concentration de 2mg/ml quelques gouttes d'acide chlorhydrique (HCl), puis quelques morceaux du magnésium (Mg²⁺). L'apparition d'une couleur orange implique la présence des flavonoïdes (Ciulel., 1982 ; Karumi et al., 2004).

I.2.2.1.1.3. Caractérisation des Tanins :

La présence des tanins est mise en évidence en ajoutant à 1ml de chaque extrait, 1ml d'eau distillée et 2 à 3 gouttes de solution de de FeCl_3 à 1%. Une coloration bleu-noirâtre indique la présence des tanins galliques, et une coloration vert-noirâtre, la présence des tanins catéchiques(Dohou et al., 2003 ; Diallo et al., 2004).

I.2.2.1.1.4. Caractérisations des saponines :

4mg de l'extrait aqueux ont été introduits dans un tube à essai contenant 8ml d'eau distillée, l'ensemble a été chauffé pendant 5min. Après refroidissement, 5ml ont été introduits dans un second tube à essai et agités énergiquement pendant 1min. Après 15min de repos, l'épaisseur de la mousse a été mesurée à l'aide d'une règle graduée. Une hauteur de mousse d'au moins un centimètre indique la présence des saponines (Rosine et Momo., 2009).

I.2.2.2. Analyses quantitatives et dosages biochimiques :

I.2.2.2.1. Dosage des polyphénols totaux (PPT) par FolinCiocalteu

✓ Principe

La teneur phénolique totale est habituellement déterminée colorimétriquement avec un spectrophotomètre en utilisant l'essai de Folin-Ciocalteu. Les composés phénoliques réagissent avec le réactif de Folin-Ciocalteu. Cet acide est un mélange d'acide phosphotungstique($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$)est réduit, lors de l'oxydation des polyphénols, en un mélange d'oxyde bleu de tungstène (W_8O_{23}) et molybdène(Mo_8O_{23}). La coloration produite est proportionnelle à la quantité de polyphénols présente dans les extraits végétaux (Boizot et Charpentier, 2006).

✓ Protocole

Les polyphénols (PP) ont été déterminés par spectrophotométrie, suivant le protocole appliqué en 2007 par Li et ses collaborateurs.

Les polyphénols totaux (PPT) ont été déterminés, suivant le protocole appliqué par Li et ses collaborateurs en 2007 ; Normala et Mardhiah en 2010 avec quelques modifications : 200 μl d'extrait végétal aqueux ou méthanolique (0.4mg/1ml) ont été pipetés dans un tube à essai, mélangé avec 1ml de réactif de FolinCiocalteu (FCR) dilué 10 fois dans de l'eau distillée. Après 4min, 800 μl de carbonate de sodium (Na_2CO_3) avec une concentration de 75g/l sont ajoutés et le mélange a été vortexé.

Après une incubation du mélange réactionnel pendant 2 heures de temps à température ambiante et à l'obscurité, L'absorbance est mesurée à 765nm par un spectrophotomètre UV-VIS, toutes les mesures ayant été répétées 2 fois.

✚ Préparation de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique :

La courbe d'étalonnage est effectuée par l'acide gallique à différentes concentrations (12,5-200 μ g/ml), dans les mêmes conditions et les mêmes étapes du dosage. Les résultats sont ainsi exprimés en microgramme d'équivalent d'acide gallique par un milligramme poids sec (μ g EAG/mg d'extrait) (Normala et Mardhiah., 2010).

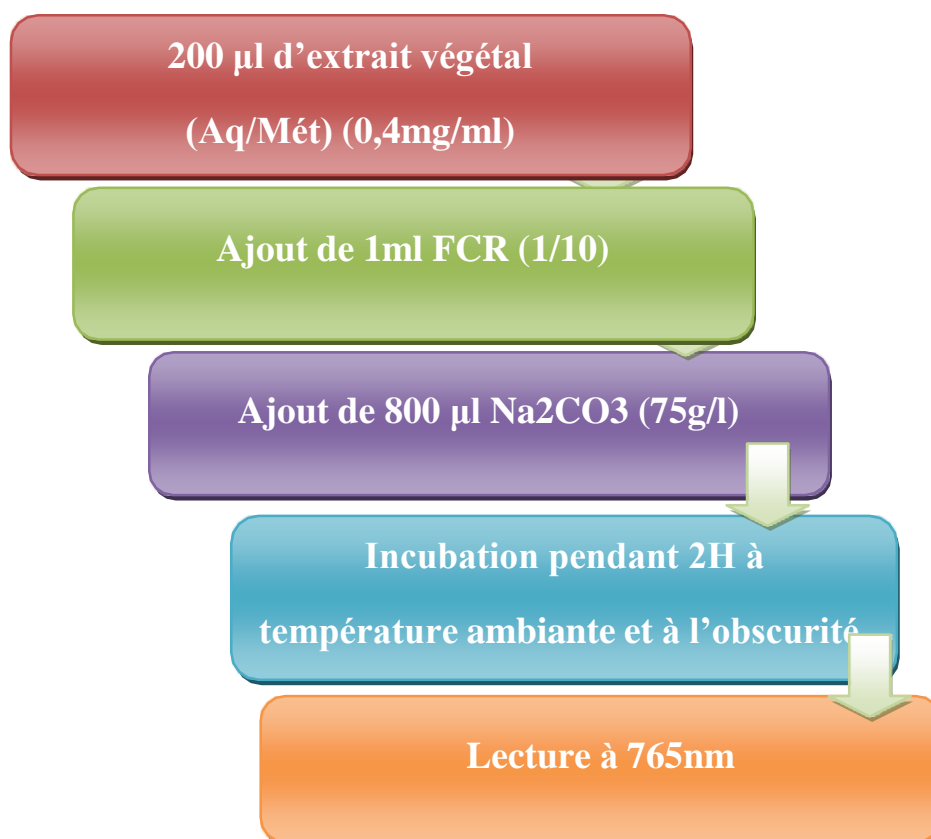


Figure 20 : Différentes étapes du dosage des polyphénols totaux (PPT) des deux extraits aqueux et méthanolique.

2.2.2.2. Dosage des flavonoïdes (FV) par le trichlorure d'aluminium

✓ Principe

Le dosage des flavonoïdes totaux est basé sur un test colorimétrique utilisant le trichlorure d'aluminium $AlCl_3$ (Chang *et al.*, 2002). avec des modifications : Le chlorure d'aluminium forme des complexes jau-nâtres avec les atomes d'oxygène présents sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes.

✓ Protocole

La méthode de trichlorure d'aluminium (AlCl_3) cité par **Chang *et al* (2002)** et **Djeridane *et al* (2006)** est utilisée pour quantifier les flavonoïdes dans notre extrait. Le protocole de dosage est le suivant:

Dans des tubes à essai, on mélange 1ml d'extrait (chaque extrait est dilué dans son solvant d'origine), et ajouté à 1ml d' AlCl_3 (Solution méthanolique à 2%). Après 10 min d'incubation à température ambiante et à l'abri de la lumière, la lecture des absorbance est faite à 430 nm par un spectrophotomètre UV-VIS.

Les concentrations des flavonoïdes sont exprimées en microgramme d'équivalent de quercétine par un milligramme d'extrait sec ($\mu\text{g EQ/mg}$ d'extrait).

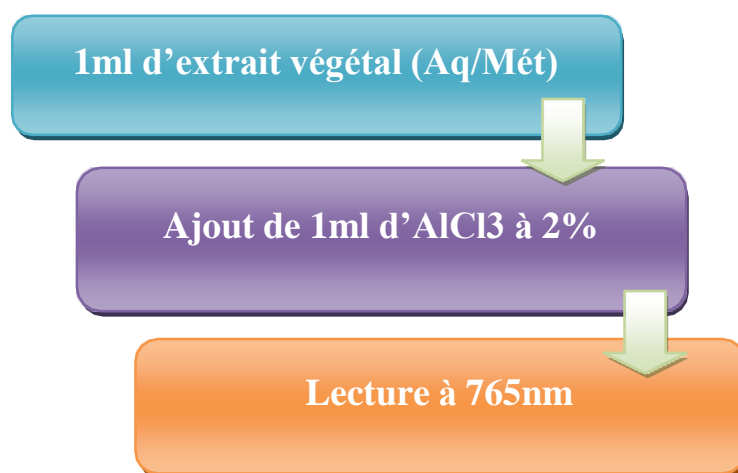


Figure21 : Différentes étapes du dosage des flavonoïdes (FV) des deux extraits aqueux et méthanolique.

I.2.2.2.3. Dosage des tanins

✓ Principe

Les tanins sont déterminés par la méthode de la vanilline en milieu acide. Le principe de ce dosage est basé sur la fixation du groupement aldéhydique de vanilline sur le carbone 6 du cycle A de la catéchine pour former un complexe chromophore rouge qui absorbe la lumière à 500 nm (**Mahmoudiet *al.*, 2013; Schofieldet *al.*, 2001**).

✓ Protocole

Le dosage des tanins condensés dans les extraits de *Curcuma Longa* est effectué selon la méthode de (**Schofieldet *al* 2001**).

Pour 400 μl de l'échantillon ou du standard, on ajoute 3ml d'une solution de vanilline (4% dans le méthanol (m/v)), et 1,5ml d'acide hydrochlorique concentré. Le mélange est incubé durant 15min et l'absorbance est lue à 500nm contre un blanc.

Les concentrations des tanins sont déduites à partir des gammes d'étalonnage établies avec la catéchine (0-300µg/ml), et sont exprimées en microgramme d'équivalent catéchine par milligramme d'extrait (µg ECT/mg d'extrait).

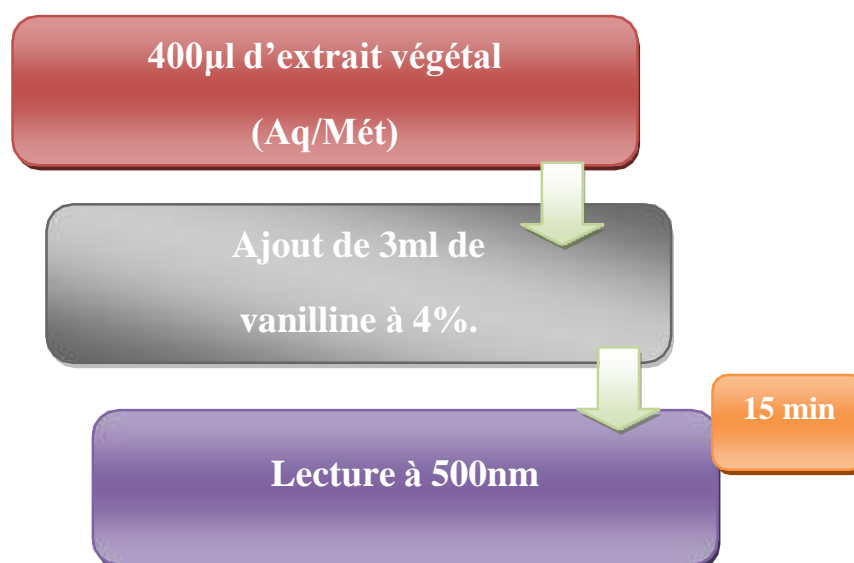


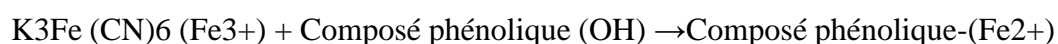
Figure 22 : Différentes étapes du dosage des tanins dans deux extraits aqueux et méthanolique.

II.1. Activité antioxydant

II.1.1 Teste du pouvoir réducteur du fer par la méthode de FRAP (FerricReducing-Antioxidant power)

✓ Principe

Le pouvoir réducteur du fer (Fe^{3+}) dans les deux extraits a été déterminé selon la méthode décrite par **Oyaiz en 1986** et **Bougandoura en 2013** (modifiées). La méthode de la réduction du fer est basée sur la réduction du fer ferrique (Fe^{3+}) en sel de fer ferreux (Fe^{2+}) par les antioxydants qui donnent la couleur bleu (**Ou et al., 2001**).



Complexe Jaune

Complexe Bleu

✓ Protocole

Un millilitre de chaque extrait (Aq et Mét) à différentes concentrations (de 0,5 à 10mg/ml) est mélangé avec 2,5ml d'une solution tampon phosphate 0,2M (pH 6,6) et 2,5ml d'une solution de ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ à 1%. L'ensemble est incubé au bain-marie à 50°C pendant 20min. Ensuite, 2,5ml d'acide trichloracétique à 10% sont ajoutés pour stopper la réaction. 2,5ml du mélange est combinée avec 2,5ml d'eau distillée et 0,5ml d'une solution aqueuse de $FeCl_3$ à 0,1%.

La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à 700nm contre un blanc semblablement préparé, en remplaçant l'extrait par de l'eau distillée qui permet de calibrer l'appareil (spectrophotomètre UV-VIS).

Le contrôle positif est représenté par un standard d'un antioxydant : l'acide ascorbique et l'acide gallique dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons. Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (**Singleton et Rossi, 1965 ; Ghaisaset *al.*, 2008**).

3ème partie : Résultats et Discussion

I. Extraction à partir des rhizomes du *curcuma longa L*

I.1. Extrait aqueux et méthanolique

Selon la méthode de **Bougandoura et Bendimerad (2012)** modifiée, les deux extraits (Aq et Mét) ont été préparés à partir des rhizomes du *Curcuma longa L*. C'est une méthode d'extraction par macération dans des solvants polaires : l'eau et le méthanol. Les extraits obtenus sont de couleur et d'aspect différents.



Figure 23: L'extrait méthanolique après évaporation



Figure 24 :L'extrait aqueux après lyophilisation

Tableau 5 : La couleur et l'aspect des deux extraits méthanolique et aqueux des racines du *curcuma longa*

Extrait	Aspect	Couleur
Aqueux	Poudre	Jaune
Méthanolique	Pâteaux	Marron

I.2. Analyse des deux extraits du *Curcuma Longa*

I.2.1. Analyse qualitative

I.2.1.1. Tests préliminaires

Les résultats de la mise en évidence de quelques métabolites secondaires dans les deux extraits aqueux et méthanolique : des polyphénols, des flavonoïdes, des tanins et des saponines se traduisent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Résultats des tests préliminaires de quelques métabolites secondaires de l'extrait aqueux du *Curcuma Longa*

Tests phétochimique	Résultats
Test des polyphénols	++
Test des flavonoides	+
Test des tannins	+
Test des saponines	+

Tableau 7: Résultats des tests préliminaires de quelques métabolites secondaires de l'extrait méthanolique du *Curcuma Longa*

Tests phétochimique	Résultats
Test des polyphénols	+++
Test des flavonoides	++
Test des tannins	+++
Test des saponines	/

+++ = importante quantité ; ++= quantité moyenne ; + = petite quantité .

Après l'utilisation du criblage phytochimique pour l'acquis des métabolites existants dans le *Curcuma longa*, on a trouvé que :

D'après le changement de couleur après l'addition du FeCl₃ en a conclu que les rhizomes de *Curcuma longa* riche en polyphénols et tanins dans les deux extraits (Aq et Met) ces résultats d'analyses phytochimiques s'accordent avec ceux qu'ils ont trouvés par (Sawant et Godghate ., 2013)et par (Chairman et al., 2015) .

L'espèce *Curcuma longa* contient des flavonoïdes dans les deux extraits (Aq et Met) a été confirmée par le changement de couleur après l'addition du réactif. En effet ces résultats sont complètement similaires au ceux obtenus par (Sawant et Godghate ., 2013) et par (Chairman et al., 2015).

Le curcuma longa renferme aussi les saponosides mais très faible quantité, nos résultats s'accordent avec ceux obtenus par (SaxenaJyoti et al., 2012), (Nilanjana et al., 2013), (Chairman et al., 2015) et par (Swadhini et al., 2011).

I.2.2. Analyse quantitative et dosages biochimiques

Un dosage des polyphénols totaux, des flavonoïdes ainsi que des tanins condensés a été effectué afin de caractériser la teneur des extraits aqueux et méthanolique préparés à partir des rhizomes du *Curcuma Longa*.

Le contenu en polyphénols totaux a été déterminé par la méthode du Folin ciocalteu (Ragae et al., 2006 ; Wong et al., 2006 ; Anthony, 2010), où l'acide gallique a été utilisé comme standard (765nm). Pour les flavonoïdes, le dosage a été réalisé selon la méthode du trichlorure d'aluminium (Bahorum, 1997 ; Djeridane et al., 2006 ; Ayoola et al., 2008 ; Mbaebie, 2012), en utilisant la quercétine comme standard (430nm). Les tanins condensés ont été quantifiés selon la méthode de Heimler et ses assistants en 2006 par la vanilline en utilisant la catéchine comme standard (500nm).

Les résultats sont représentés dans le (tableau 8), les diagrammes, et les gammes d'étalonnage dans les (figures :25 ; 26 ; 27 ; 28; 29).

Tableau 8 : La teneur en composés phénoliques des deux extraits aqueux et méthanolique

Extrait	Polyphénols(a)	Tannins(b)	Flavonoïdes (c)
Aqueux	16,866 ± 1,1015	12,273 ± 0.5398	0,523 ± 0,0115
Méthanolique	25,09 ± 1,8423	15,626 ± 1,9166	0,573 ± 0,0115

(a) µg d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait.

(b) µg d'équivalent de catéchine par milligramme d'extrait.

(c) µg d'équivalent de quercitrine par milligramme d'extrait.

Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures ± SD.

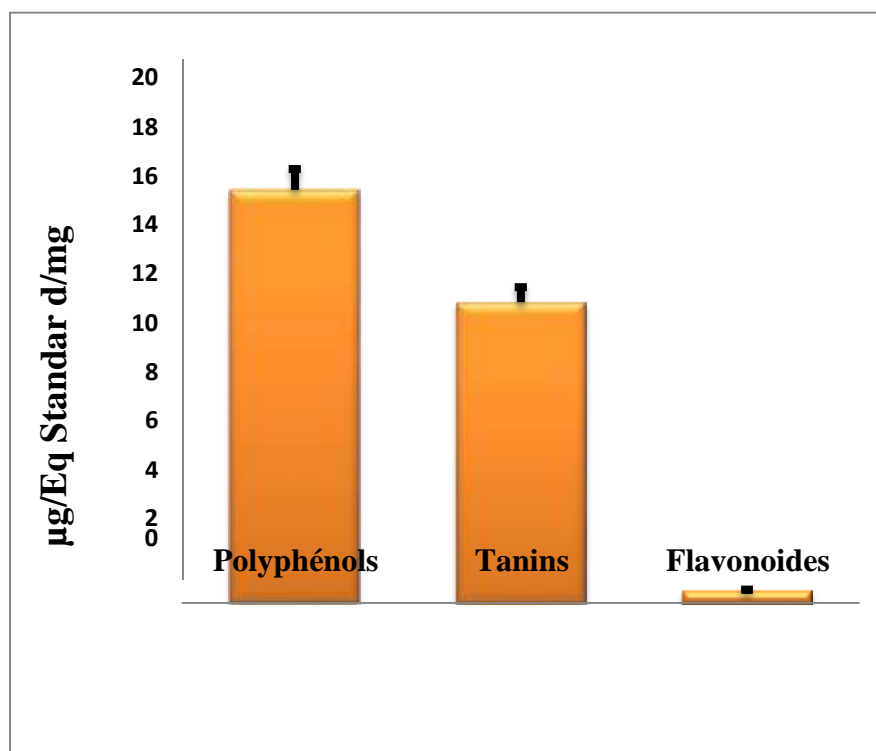


Figure 25 : La teneur en polyphénols, en tanins et en flavonoïdes (g/Eq Standard/mg) dans l'extrait aqueux.

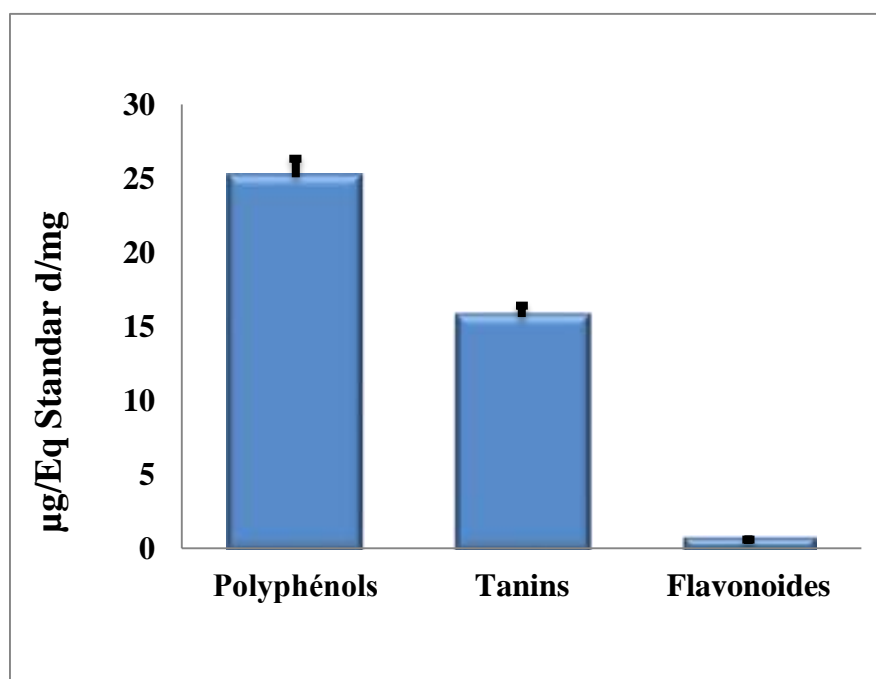


Figure 26: La teneur en polyphénols, en tanins et en flavonoïdes (g/Eq Standard/mg) dans l'extrait méthanolique.

Les tests préliminaires qualitatifs montrent des résultats confirmés par l'analyse quantitative. La richesse en polyphénols pour les deux extraits est confirmée par l'intensité de la couleur obtenue pour test de $FeCl_3$. Aussi d'après les tests préliminaires, nos extraits apparais plus riche en tanins que en flavonoïdes ce qui en accord avec les résultats obtenus par le dosage.

Pour le dosage des composés phénoliques, nous avons noté une teneur élevée en polyphénols de l'extrait méthanolique par rapport à l'extrait aqueux ($p \leq 0.0062$). Cela correspond aux travaux de **(Araújo et Leon., 2001)** qui ont montré que l'extrait alcoolique était plus riche en métabolites secondaires que les extraits aqueux. Aussi ces résultats sont en accord avec les résultat de **(Julie et al ., 2009)** sur le contenu des extrais alcooliques de *Curcuma longa* en composés phénoliques.

La richesse des extraits alcooliques en composés phénoliques est due à l'efficacité de l'éthanol dans l'extraction des principes actifs et que la curcumine, le principale composé phénolique de cette plante, est soluble dans l'éthanol mais insoluble dans l'eau. **(Boukeria et al ., 2019)**.

La teneur en polyphénols totaux dans l'extrait méthanolique 25,09 μg EAG/mg est inférieure à celle obtenu par **(Trinidad et al ., 2012)** qui ont montré que l'extrait alcoolique purement plus riche en polyphénols avec une teneur de 174 mg EAG/g .

La teneur en polyphénols totaux dans l'extrait aqueux 16,866 μg EAG/mg est proche au ceux trouvés par **(Seggani et Boukehil., 2017)** qui ont enregistré une teneur en polyphénols de l'ordre de 18.125 mg EAG/g par contre **Turki et ses collaborateurs 2012**, ont enregistré de faible quantité de polyphénols dans Les rhizomes de *curcuma longa* de l'ordre de 4.14 mg EAG/g.

Nous avons noté la teneur élevée en tanins de l'extrait méthanolique 15,626 μg ECT/mg par rapport à l'extrait aqueux 12,273 μg ECT/mg ($p \leq 0,05$)

Amrane et Dib ., 2021 dans leur étude sur le *curcuma* ont démontré que la concentration des tanins présents dans l'espèce du *Curcuma longa* est de 300,95 μg E.C/mg ES les valeurs très élevée par rapport à celles trouvées dans notre étude .

Dans une étude faite sur le *Curcuma longa* par **Trinidad et al 2012**, ils ont trouvé une teneur en flavonoïdes 125 mg EQ/g qui est largement supérieure à nos résultats qui est de 0,573 μg EQ /mg pour extrait méthanolique et 0,523 μg EQ/mg pour extrait aqueux ($p \leq 0,01$).

La différence en résultats peut être s'expliquer par un certain nombre de facteurs intrinsèques (génétique) et extrinsèques (conditions climatiques température élevée exposition solaire, les pratiques culturelles, la méthode d'extraction, la maturité à la récolte et les conditions de stockage sécheresse, salinité) **(Podsdek., 2007)**, aussi certaines études récentes ont montré que la teneur en composés phénoliques changent de façon considérables d'une espèce à une autre et à l'intérieur de la même espèce **(Ksouri et al., 2009)**.

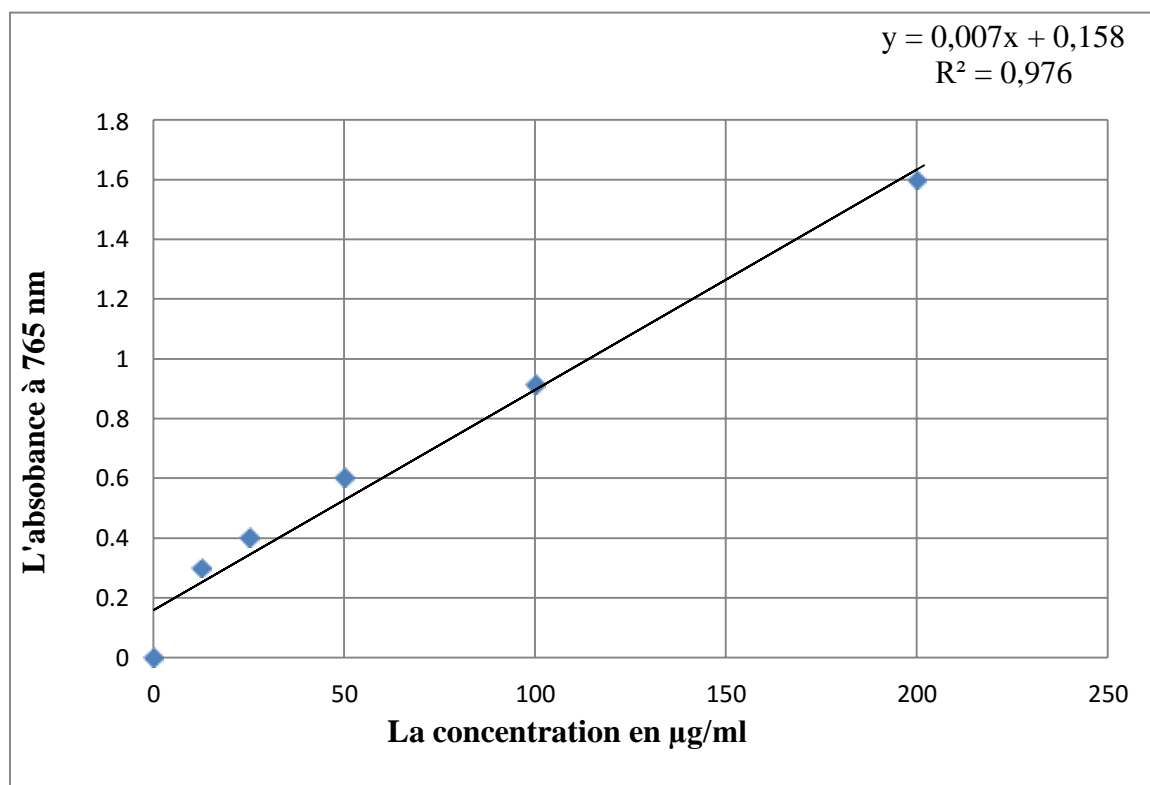


Figure 27: Droite d'étalonnage de l'acide gallique (moyenne \pm SD de deux essais).

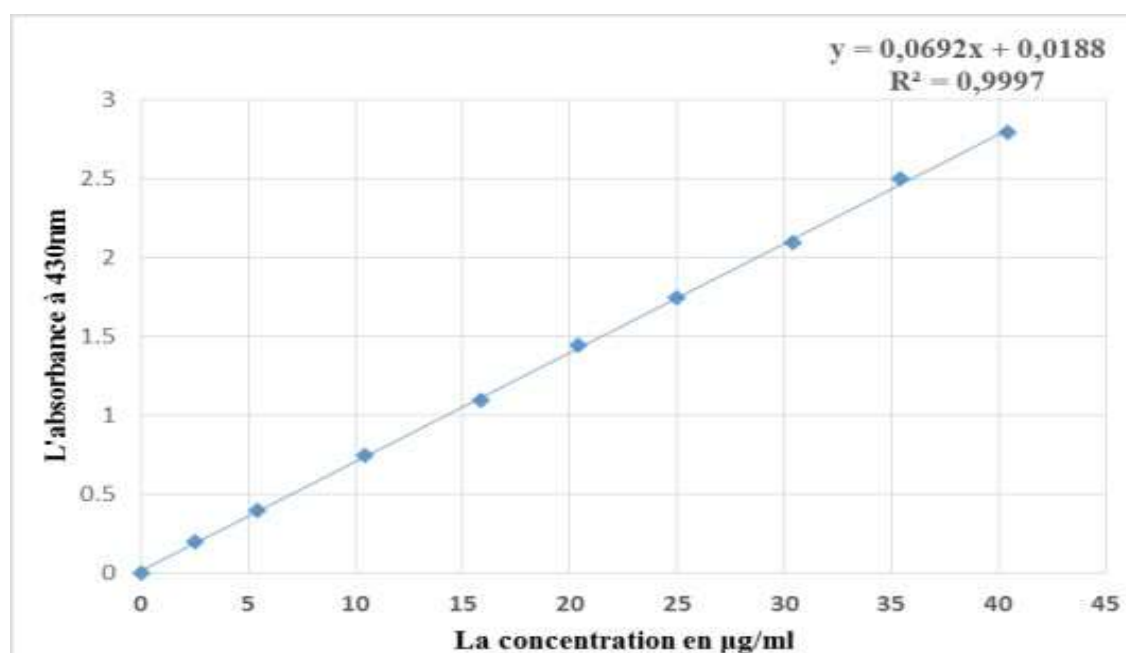


Figure 28: Droite d'étalonnage de la quercétine (moyenne \pm SD de deux essais).

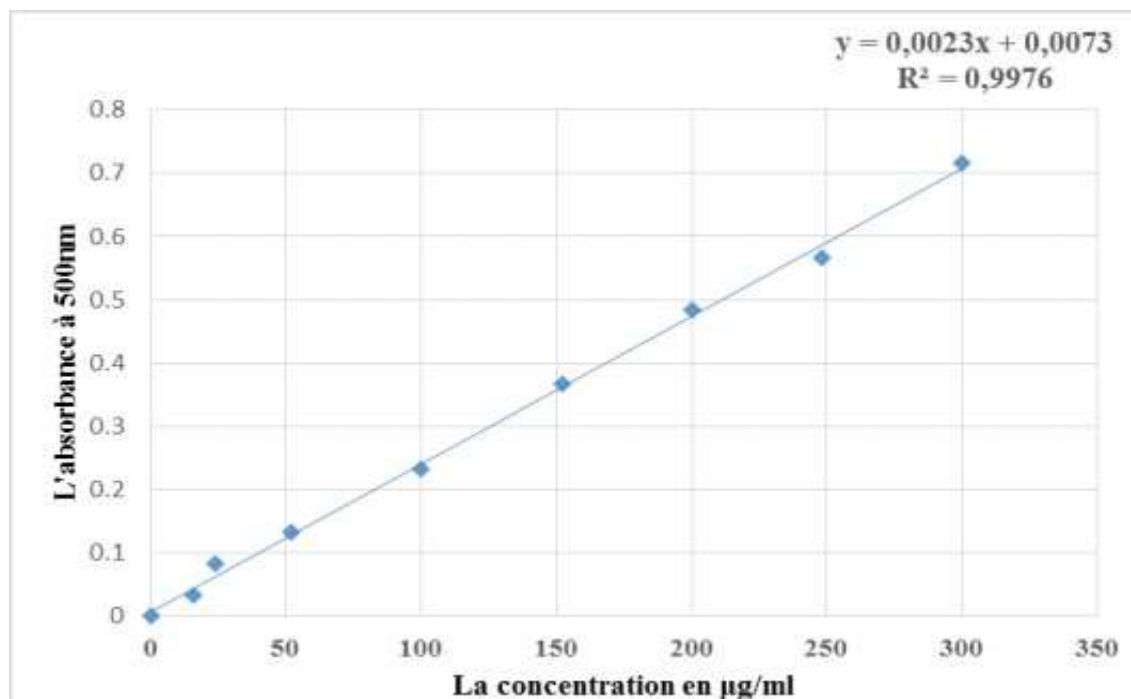


Figure 29 : Droite d'étalonnage de la catéchine (moyenne \pm SD de deux essais).

II.1. Activité antioxydante

II.2.1 Les résultats des deux extraits

Tableau 9 : La réduction du fer des deux extraits

[C] (mg/ml)	D.O Extrait aqueux	D.O Extrait méthanolique
0,5	0,102	0,294
2	0,353	0,518
4	0,53	0,704
8	0,826	0,996
10	0,945	1,146

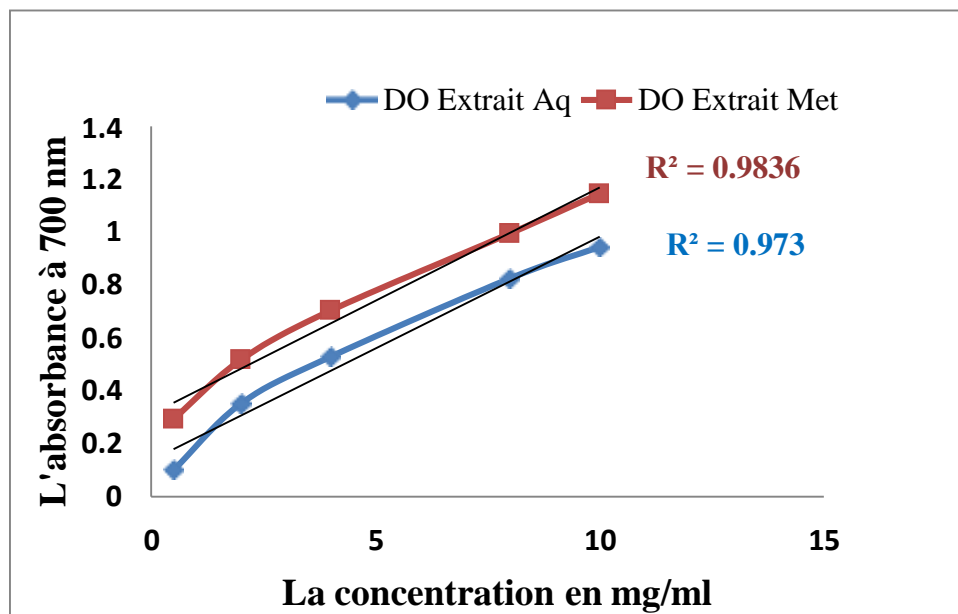


Figure 30: L'évolution de la réduction du fer des deux extraits.

II.2.1 Les résultats des deux standards

Tableau 10: La réduction du fer des deux standards.

[C] (mg/ml)	D.O Acide Gallique	D.O Acide Ascorbique
0,25	0,311	0,083
0,5	0,538	0,172
0,75	0,7	0,268
1	0,814	0,381
2	0,223	0,625
4	1,84	0,931

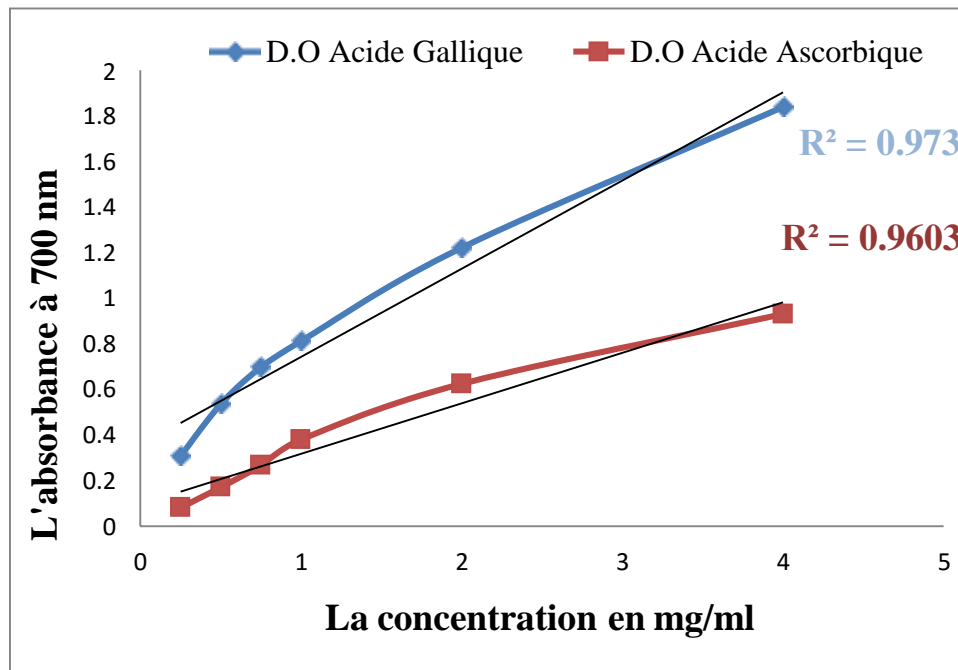


Figure31 : L'évolution de la réduction du fer des deux standards.

Le pouvoir réducteur a été exprimé par densité optique (DO) dont l'intensité de la couleur reflète le pouvoir antioxydant.

Le pouvoir réducteur des extrait du *Curcuma longa* est probablement dû à la présence des groupements hydroxyles dans les composés phénoliques qui peuvent servir comme donneurs d'électron. Par conséquent, les antioxydants sont considérés comme réducteurs et inactivateurs des oxydants (Siddhyraju et Becker, 2007)

L'extrait aqueux se révèle moins actif que l'extrait méthanolique, ces résultats peuvent être expliqués par la richesse de ce dernier en polyphénols ($25,09 \pm 1,8423$) et en tanins ($15,626 \pm 1,9166$) comparés à l'extrait aqueux (polyphénols $16,866 \pm 1,1015$ et tanins $12,273 \pm 0,5398$) ce qui est en accord avec les résultats obtenus par Tanvir et al 2017.

Le contrôle positif est représenté par des solutions de deux antioxydants standards : L'acide ascorbique et l'acide gallique dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons.

D'après la figure il apparaît que les deux extraits Aq et Met possèdent un pouvoir réducteur concentration dépendante avec une grande corrélation avec $R^2 = 0,983$, $R^2 = 0,973$ respectivement.

Pour les deux standards utilisés l'acide ascorbique et l'acide gallique, il y a aussi un pouvoir réducteur concentration dépendante avec des $R^2 = 0,973$, $R^2 = 0,960$ respectivement.

Conclusion



Conclusion

L'objectif du présent travail a porté sur l'évaluation de l'activité antioxydante de deux extraits aqueux et méthanolique préparés à partir de la poudre de *Curcuma longa* Len vrac.

D'après l'analyse qualitative par le test préliminaire on a trouvé que l'extrait du *Curcuma longa* L riche en polyphénols et en tanins, ce qui est confirmé par l'analyse quantitative, l'évaluation du contenu des polyphénols totaux, flavonoïdes et de tanins en adoptant la méthode de Folin-Ciocalteu, la méthode d'AlCl₃ et la méthode de vanilline respectivement.

L'évaluation de l'activité antioxydante par FRAP, montre que l'espèce *Curcuma longa* L a une grande capacité antioxydante liée à son contenu en polyphénols.

Donc on peut dire que cet épice a une activité antioxydante importante et qui pourrait représenter une source potentielle de molécules bioactives en thérapeutique comme des agents antioxydants, sachant que les antioxydants contribuent de manière très efficace à la prévention des maladies telles que le cancer, et les maladies cardiovasculaires..., et comme perspectives on propose de :

- ✓ Faire une étude biochimique sur les rhizomes de *Curcuma*.
- ✓ Déterminer de nouvelles substances bioactives naturelles pourront répondre aux différents problèmes de la santé et d'être un alternatif des médicaments synthétiques.
- ✓ Développer des médicaments anti-radicalaires à base de cet épice.

Références Bibliographiques

A

- **Adouane S. (2016).** Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région méridionale des Aurès. Thèse de magistère en Sciences Agronomiques. Université Mohamed Khider-Biskra.
- **Ali-dellile L. (2013).** Les plantes médicinales d'Algérie. Berti Edition Alger : 6-11.
- **Amalraj A., Pius A., et 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.
- **Amrane K et Dib L. (2021).** Etude de l'activité antioxydante et dosage des composés phénoliques des extraits d'épices et du thé vert. Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou . mémoire de master. P35.
- **Anthony O., Nada E., Youssef E., Paulette B. M, Toufic J. R., et Richard G. M. (2010).** Identification et Caractérisation de Composés Phénoliques extraits du Raisin Château ksara. *Lebanese Science Journal*, 11 (2) : 119-122.
- **Apavatjirut P., Anuntalabhochai S., Sirirugsap., et 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 et Leon L. (2001).** biological Activities of *curcuma longa L.* *Mem Inst Oswaldo Cruz* ; 96 (5) : 723-728.
- **Aruoma O. I., et Cuppett S. L. (EDS.). (1997).** Antioxidant methodology : in vivo and in vitro concepts. The American Oil Chemists Society.
- **Ayoola G. A., Ipav S. S., Solidiya M. O., Adepoju-Bello A. A., Coker H. A. B. et Odugbemi T. O. (2008).** Phytochemical screening and free radical scavenging activities of the fruits and leaves of *Allanblackia floribunda* Oliv (Guttiferae). *International journal of health research*, 1 (2) : 81-93.

B

- **Baba-Aissa F. (1991).** Les plantes médicinales en Algérie. Coédition Bouchéne et Ad-diwan ; ; Alger.
- **Bahorum T. (1997).** Substances Naturelles actives. La flore Mauricienne. Une source d'approvisionnement potentielle *Food and Agricultural Research Council Mauritias* : 83-94.
- **Bédane C. (2008).** Photodermatologie : Photobiologie cutanée, photoprotection et photothérapie. Edition Wolters Kluwer France, p 20.
- **Blandine G. (2006).** Etude phytochimique des plantes médicinales algériennes : *Rhantheris adpressum* et *Ononis anfastissimma*. Thèse de doctorat. Université de Constantine.
- **Boizot N., et Charpontier J. P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier, Méthodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques, *Le Cahier des Techniques de l'Inra*. : 79-82.
- **Bougandoura N., et Bendimerad N. (2012).** Effet antifongique des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calaminthassp.* (*Nepeta*) briq. *Revue des Bio Ressources*, 2 : 1-7.
- **Bougandoura N., et Bendimerad N. (2013).** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calaminthassp.* *Nepeta (L.) Briq.* *Nature & Technologie*, (9) : 15.

- **Boukeria S ,Benbott A, Kadi K, Debbache K Et Gueniche A .(2019).**ÉTUDE PHYTOCHIMIQUE ET ÉVALUATION DE L'ACTIVITE ANTICOAGULANTE DES COMPOSÉS PHÉNOLIQUES DU *Curcuma longa* L . BioRessources ,Vol. 9 ,N 2 : 45-55.
- **Boukri N El H. (2014).** Contribution à l'étude phytochimique des extraits bruts Des épices contenus dans le mélange Ras-el-hanout. ». Thèse de doctorat, Université KASDI MERBAH Ouargla.
- **Bouldjadj J R. (2009).** Etude de l'effet antidiabétique et antioxydant de l'extrait aqueux lyophilisé d'*Artemisia herba alba* Asso. Université de Constantine : 22-27.
- **Bruneton J. (1999).** Flavonoïdes, Pharmacognosie, Phytochimie. Plantes médicinales. 3eme Edition : TEC et DOC. Paris. P 310-340.
- **Bruneton J.(2009).** Composés phénoliques shikimates et acétates In Pharmacognosie phytochimie des plantes médicinales. 3^{ème} Edition. Lavoisier Tec &Doc, Paris : 135-142.

C

- **Challacombe, C. A., Abdel-Aal, E. S. M., Seetharaman, K., et Duizer, L. M. (2012).** Influence of phenolic acid content on sensory perception of bread and crackers made from red or white wheat. *Journal of Cereal Science*, 56 (2) : 181-188.
- **Chairman K ; Jayamala M ; Vijila Christy R et Ranjit Singh Aja., (2015).** Phytochemical Screening and Antimicrobial Activity of *curcuma longa* . *Natural Dye. Phytochemistry* 16 :79-83.
- **Chandrasekara, A., et Shahidi, F. (2018).** Herbal beverages : Bioactive compounds and their role in disease risk reduction – A review. *Journal of traditional and complementary medicine*. 8(4) : 451-458.
- **Chanforan, C., (2010).** Stabilité de microconstituants de la tomate (composés phénoliques, caroténoïdes, vitamines C et E) au cours des procédés de transformation : études en systèmes modèles, mise au point d'un modèle stoechiométrique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate. Thèse de Doctorat . Université D'AVIGNON et des PAYS de VAUCLUSE.
- **Chang, C., Yang, M., Wen, H. et Chern, J. (2002).** Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *J. Food Drug Analysis*, 10 : 178-182.
- **Cheikh Ali Z.(2012).** Études chimiques et biologiques d'*Aframomum Sceptrum* (Zingiberaceae) et de la curcumine. THÈSE doctorat. Université Paris-Sud.p 46..
- **Chen D, Daniel KG, Kuhn DJ, Kazi A. (2004).** Green tea and tea Polyphenols in cancer prevention. *Front Biosci* 9 : 2618-31
- **Chevallier A .(2001).** *Encyclopedia of Medicinal plants*. 2^{ème} Edition Dorling Kindersieglimited, Londres. Pp.9-205.
- **Christelle, H. (2010).** Le curcuma de l'épice au médicament (Doctoral dissertation, thèse doctorat université Henri Poincare Nancy, (17) :1-18
- **Ciulel I. (1982).** Methodology for analysis of vegetable drugs. Edition I.P.A.C.Romania. p 67.

D

- **Daayf F., et Lattanzid V. (2008).** *Recent Advances in Polyphenol Research* 1. Edition WILEY BLACKWELL. P 1-24.

- **Dacosta Y. (2003).** Les phytonutriments bioactifs : 669 références bibliographiques. Ed. Yves Dacosta, Paris, p 317.
- **Delattre, J., Beaudoux, J-L. et Bonnefont-Rousselot, D. (2005).** Radicaux libres et Stress antioxydant, aspects biologiques et pathologiques : 60-80.
- **Delattre, J., Beaudoux J.L. et Bonnefont-Rousselot, D. (2005).** Radicaux libres et stress oxydant : aspects biologiques et pathologiques. Lavoisier édition TEC & DOC éditions médicales internationales, Paris : 405.
- **Delille L. (2007).** Les plantes médicinales d'Algérie. Éd. BERTI, Alger ,p 7 .
- **Diallo D., Sango R., Yasambou H., Traoré A., Coulibaly K., et Maïga A. (2004).** Étude des constituants des feuilles de *Zizyphus mauritiana* Lam. (Rhamnaceae), utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali, Comptes rendus. Chimie.
- **Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., et Vidal N. (2006).** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *J. Food Chem*, 97 : 654–660.
- **Dohare P., et Garg U. (2008).** Neuroprotective efficacy and therapeutic window of curcuma oil : in rat embolic stroke model. *BMC Complement Altern Med* : 8-55.
- **Dohou N., Yani K., Thahrouch S., Idrissi Hassani L. M., Badoc A., et Gmira N. (2003).** Screening phytochimique d'une endémique ibéro- Marocaine, *Thynelaealythroides*. *Bull.Soc. Pharm. Bordeaux*, 142 : 61-78.
- **Dorai T., et Aggarwal B. B. (2004).** Rôle of chemo-preventive agents in cancer therapy.
- **Dunstan H., Florentine S. K., Calvino-cancela M., westbrooke M. E., et Palmier G. C. (2013).** Dietary characteristics of Emus (*Dromaius novaehollandiae*) in semi-arid New South Wales, Australia,

E

- **Edenharder R., et Grünhage D. (2003).** Free radical scavenging abilities of flavonoids as mechanism of protection against mutagenicity induced by tert-butylhydroperoxide or cumenehydroperoxide in *Salmonella typhimurium* TA102. *Mutat. Res*, 540 : 1-18.
- **Elqaj M., Ahami A. et Belghyti D. (2007).** La phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antiparasitaires. *Journal scientifique, ressources naturelles et antibiotiques*. Maroc.

F

- **Farnsworth N. R., Akerele O., Bingel A. S., Soejarto D. D. et Guo Z. (1986)** .Places des plantes médicinales dans la thérapeutique. *Bulletin de l'organisation mondiale de la santé*, 64 (2) : 159-164.
- **Favier A., (2003).** Le stress oxydant : Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique* ; 108-117.
- **Favier A. (2006)** .Stress oxydant et pathologies humaines. *Ann. Pharm. Fr.* 64 : 390-396.
- **Fiorucci, S. (2006).** Activités biologiques de composés de la famille de flavonoïdes : approches par des méthodes de chimie quantique et de dynamique moléculaire. Thèse de doctorat. Nice. P 211.
- **Fleuriet A., Jay-Allemand C., et Macheix J.J. (2005).** Composés phénoliques des Végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. *Presses Polytechniques et universitaires romandes* pp 121-216

- **François NM .(2010).** Identification de polyphénols , Evaluation de leur Activité Antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques . Thèse en l'obtention du grade de Docteur de l'université Poul Verlaine -Metz .
- **Funk J. L., Oyarzo J. N., Frye J. B., Chen G., Lantz R. C., Jolad S. D., ... et Timmermann B. N. (2006).** Turmeric extracts containing curcuminoids prevent experimental rheumatoid arthritis. *Journal of natural products*, 69(3), 351-355.

G

- **Gad H. A., et 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.
- **Gamet-Payraastre L., Manenti S., Garatacap M. P., Tulliez J., Chap H., et Payraastre B. (1999).** Flavonoids and the inhibition of PKC and PI3-kinase. *General Pharmacology*, 32 : 279-286.
- **Garrido, J., et Borges, F. (2013).** Wine and grape polyphenols—A chemical perspective. *Food Research International*, 54 (2) : 1844-1858.
- **Gayet C. et Michel P.(2013).** Guide de poche de la phytothérapie. Paris : Quotidien Malin éditions.
- **Ghabiche S. (2009).** La phytothérapie, Certificat Thalassothérapie, Ecole supérieure des sciences et techniques de la sante, Sousse, p 7 .
- **Ghaisas M., Navghare V., Takawale A., Zope V., et Deshpande A. (2008).** In vitro antioxidant Activity of *tectona grandis* linn. *Pharmacology online*. (3) : 300.
- **Ghedira, K. (2005).** Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 3(4) : 162-169.
- **Gladine, C., Morand C., Rock, E. et 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.
- **Goetz P., et Ghedira K. (2012).** Phytothérapie anti-infectieuse. Collection Phytothérapie Pratique. Springer, Paris : 193-208.
- **Grait B. (2006).** Le stress oxydant induit par voie métabolique (régimes alimentaires) ou par voie gazeuse (hyperoxie) et effet de la GliSODin. Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier-Grenoble 1 : 123-125.
- **Grugeau C., (1995).** *Curcuma longa* L. Thèse de doctorante en pharmacie. Université Limoge.
- **Grunwald J. et Janick C.(2006).** guide de la phytothérapie. 2^{ème} édition. Italie : marabout .
- **Guinebert E., Durand P., Prost M., Grinand R. et Bernigault R.(2005).** Mesure de la résistance aux radicaux libres. Sixièmes Journées de la Recherche Avicole : 554-558.
- **Gupta C., Gorkem K., et Bharat B.(2013).** Curcumin, a Component of Turmeric : From Farm to Pharmacy . 1 : 2–13.
- **Gurung, R. B., Gong, S.Y., Dhakal, D., Le, T.T., Jung, N.R., Jung, H.J., Jin Oh, Tetsohng, 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

- **Halliwell B., et Gutteridge J. M. (1985).** Oxygen radicals and the nervous system. *Trends in Neurosciences*, 8 : 22-26.

- **Halliwell .B, (2006).** Gutteridge JMC. Free Radicals in Biology and Medicine, Ed 4.Clarendon Press. Oxford.
- **Halliwell,B., J. M. C. Gutteridge. (2008).** Free Radicals in Biology and Medicine. Fourth Edition. Oxford University Press. Citer dans la Thèse de Doctorat (2015) : Implication du stress oxydant dans plusieurs affections du cheval athlète : revue bibliographique : 44-61 .
- **Halvorsen B L, Carlsen M H, Phillips K M, Bøhn S k,Holte K, Jacobs Jr D R,et R Blomhoff R.(2006).**Content of redox-active compounds (ie, antioxidants) in foodsconsumed in the United States .Am J Clin Nutr ;84(1) :95-135.
- **Havsteen B. H. (2002).** The biochemistry and medicalsignificance of the flavonoids. Edition Nov-Dec. PharmacolTher, 96 (2-3) : 67-202.
- **Hombourger, C.(2010).** Le Curcuma longa, de l'épice au médicament. Thèse de doctorat en Pharmacie. Université Henri Poincaré-Nancy1 ,p 222.

I

- **ImenRejeb.(2008).** Etude de l'effet de l'irradiation sur les polyphénols du curcumin .Projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme National d'ingénieur. Centre National du sciences et technologies nucléaires .
- **Isanh. (2006).** 3rd international Conference on Polyphenols Applications . The International Society for Antioxidants in Nutrition and Health.
- **Iserin P.(2001)** . Encyclopédie des plantes médicinales. 2ème édition. Londres : Larousse .
- **Iserin P., et Masson M.(2001).** Larousse des plantes médicinales : identification, préparation, soins. 2ème édition de VUEF, Hong kong :p8.
- **Islam M. (2004).**Geneticdiversity of the genus Curcuma in Bangladesh and furtherbiotechnologicalapproaches for in vitro regeneration and long-term conservation of C. longa germplasm, these de doctorat. P 149.
- **Itokawa H., Shi Q., Akiyama T., Morris-Natschke S., et Lee K.H. (2008).**RecentAdvances in the investigation of curcuminoids.ChineseMedicine. 3 (11) :13.

J

- **Jacques, B .et André, R(2004).** Biochimie métabolique Ed ellipses .Paris. pp : 217-219- 220-223- 225.
- **Jacques Fournet(2012).** Référentiel des trachéophytes des Antilles françaises. Version 1.01.
- **Jamshidi, K. F., Lorigooini, Z., et Amini-Khoei, H. (2018).** Medicinal plants : Pasthistory and future perspective. Journal of HerbmedPharmacology, 7(1) : 1-7.
- **Jansen P.C.M., Grubben G.J.H., et Cardon D.(2005).**Ressources végétales de l'Afrique tropicale 3. Colorants et tanins. Wageningen. Pays-Bas : PROTA : 238.
- **Jean-Yves C.(2010).** Plantes médicinales et formes d'utilisation en Phytothérapie.Thèse pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie.Université Henri Poincaré– Nancy 1.
- **Jourdan J. P. (2015)** . Curcuma et curcumine : de l'histoire aux intérêts thérapeutiques .,Thèse doctorat UNIVERSITE DE CAEN / Sciences pharmaceutiques.
- **Julie S. Jurenka, MT(ASCP).(2009).** Anti-inflammatoryProperties of Curcumin, a Major Constituent of Curcuma longa : A Review of Preclinical And ClinicalResearch. Alternative MedicineReview Volume 14p :141-153).

K

- **Karumi, Y ; Onyeyili, P.A ; et Ogugbuaja, V.O ; (2004).** Identification of active principes of balsamina (Balsamapple) leafextract. *J. Med. Scien.* 4 : 179-182.
- **Kawsar ,S. M. A., Hug, E., Nahar ,N.,etOzeki Y. (2008).** Identification and quantification of phenolicacids in *Macrotylomauniflorum* by reversed phase – HPLC. *American Journal of Plant Physiology*, 3 (4) : 165-172.
- **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.
- **Kohen R et Nyska A.(2002)** .InvitedReview : Oxidation of BiologicalSystems : Oxidative Stress Phenomena, Antioxidants, Redox Reactions, and Methods for Their Quantification. *Toxicol. Path* ; 30 : 620-650.
- **Ksouri R, Falleh H, Megdiche W, Trabelsi N, Hamdi ,Chaieb K, Bakhrouf A, Magné C , Abdelly C.(2009).**Antioxidant And antimicrobialactivities of the edibleMedicinal halophyte *Tamarix gallica L* and Relatedpolyphenolicconstituents. *Food And Chemical Toxicology.* 47(8) : 2083-2091.
- **Kunkele U et Lobmeyer T.R.(2007).** Plantes médicinales, Identification, Récolte, propriétés et emplois. Edition parragon Books L tol : 33 -318.
- **Kuroda M, Mimaki Y, Nishiyama T, et al. (2005).** Hypoglycemiceffects of turmeric (*Curcuma longa L.* Rhizomes) on geneticallydiabetic KK-Ay mice. *BiolPharm Bull*, 28(5) :937-945.

L

- **Lecerf J. M. (2012).** Effets métaboliques du Curcumin (obésité, lipides circulants, Insulinorésistance, diabète et athérosclérose). *Phytothérapie*, 10(2), 100-104.
- **Lehucher ,M MP., Lesgards ,JF., Delubac ,O., Stocker ,P., Durand ,P., Prost ,M (2001)** .Stress oxydant et pathologies humaines. *La Presse médicale.* 30 : Pp1076-1081
- **Lhuillier A .(2007).** Contribution à l'étude phytochimique de quatre plantes malgaches : *agauriasalicifoliaHook.* F ex *Oliver*, *Agauriapolyphylla Baker* (Ericaceae), *Tambourissatrichophylla Baker* (Monimiaceae) et *Embeliaconcinna Baker* (Myrsinaceae) Thèse de doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse (France).200p
- **Li H. B., Cheng K. W., Wong C. C., Fan K. W., Chen F., et Tian Y. (2007).** Evaluation of Antioxidantcapacity and total phenolic content of different fraction of selectedmicroalgae. *Food Chimestry*, 102 : 771-776.
- **Li L, Aggarwal BB, Shishodia S, et al. (2004).** Nuclear factor-kappaBandIkappaB kinase are constitutively active in humanpancreaticcells, and their down-regulation by curcumin (diferuloylmethane) is associatedwith the suppression of proliferation and the induction of apoptosis. *Cancer*, 101(10) : 2351-2362.
- **Li S. Yuan W., Deng G., Wang P., Yang P., Aggarwal B.(2011).** Chemical composition and productquality control of turmeric (*Curcuma longa L.*) *Pharmaceutical Crops*, 2 :28-54.
- **Lizabeth M. Jiménez-Flores, Sergio López-Briones, Maciste H. Macías-Cervantes, JoelRamírez-Emiliano and Victoriano Pérez-Vázquez .(2014).** A PPAR γ , NF- κ B and AMPK-DependentMechanism May Be Involved in the BeneficialEffects of Curcumin in the Diabeticdb/dbMiceLiver. ; doi :10.3390/molecules19068289 , 19, 8289-8302
- **Loap S. (2008).** Curcuma (partie I). phytothérapie
- **Loap, S. (2008).** Curcuma (partie II). *Phytothérapie*, 6(2) : 136-143.
- **Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., Chandra, N. (2010).** Free radicals, antioxydantsandfunctionalfoods : Impact on humanhealth. *PharmacognosyReview*, 4(8) : 118-126.

- **Lucie V. (2010).** Intérêt d'un nouveau nutriment à visée anti-inflammatoire dans la gestion de troubles locomoteurs chez le cheval. Aspects bibliographiques et étude clinique. Doctorat vétérinaire. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort. Faculté de médecine de Gréteil. P199.

M

- **Macheix, J. J., Fleriet, A., et Christian, A. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaire d'importance économique. PPTUR Lausanne.
- **Mahmoudi, S., Khali, M et Mahmoudi, N. (2013).** Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynarascolymus L.*). *nature & Technologie*, n° 09, Pages 35 à 40.
- **Mahmoudi S., Khali M., et Mahmoudi N. (2012).** Étude de l'extraction des composés Phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynarascolymus L.*). *Revue « Nature & Technologie »*. B- Sciences Agronomiques et Biologiques 2013, 9 : 36.
- **Manandhar NP (1995).** «Substitute spice in Nepal. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants* » P 7-77.
- **Martins, S., Mussatto, S. I., Martínez-Avila, G., Montañez-Saenz, J., Aguilar, C. N., et Teixeira, J. A. (2011).** Bioactive phenolic compounds : production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnology Advances*, 29 (3) : 365-373.
- **Mata A.T., Proenc C., Ferreira A R., Serralheiro M.L.M., Nogueira J.M.F and Araujo M.E.M. (2007).** Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of five plants used as Portuguese food spices. *Food Chem.* Vol 103 : 778-786 .
- **Mbaebie B. O., Edeoga H. O., et Afolayan A. J. (2012).** Phytochemical analysis and antioxidant activities of aqueous stem bark extract of *Schotialatifolia Jacq.* *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, : 118-124.
- **Merad F., Mahiout T. (2019).** Contribution à l'étude de conformité des drogues pour tisanes vendues en officines. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université Mouloud Mammeri-Tizi Ouzou.

N

- **Narayana K. R., Reddy M. S., Chaluvadi M. R., et Krishna D. R. (2001).** Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Indian journal of pharmacology*, 33 : 2-16.
- **Nico V. (2003).** Encyclopédie des plantes médicinales et aromatiques. Paris : Maxi livres .
- **Nilanjana Deb., Purba Majumd., Ajoy Kumar Ghosh., (2013).** Pharmacognostic and Phytochemical Evaluation of the Rhizomes of *curcuma longa* Linn.
- **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.
- **Nkhili EE. (2009).** Polyphénols de l'Alimentation. Extraction, Interactions avec les ions du Fer et Du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant Thèse de doctorat Université de MARRAKECH : 187-193

- **Nogaret A.S. (2003).** La phytothérapie : Se soigner par les plantes. Ed. Groupe Eyrolles, Paris, p. 7.
- **Normala H., et Mardhiah-Hayati A. H. (2010).** Determination and Evaluation of Antioxidative Activity in Red Dragon Fruit (*Hylocereus undatus*) and Green Kiwi Fruit (*Actinidia deliciosa*). *American Journal of Applied Sciences*, 7 (11) : 1432-1438.

O

- **Ortega-Ramírez, L., Rodríguez-García, I., Leyva, J., et al. (2014).** Potential of medicinal plants as antimicrobial and antioxidant agents in food industry : A hypothesis. *Journal of Food Science*, 79(2) : 129-137.
- **Ou B., Hampsch-woodill M., et Prior R. L. (2001).** Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (49) : 4619-4626.
- **Oyaiz M. (1986).** Introduction à la microbiologie dans les pays chauds, p 80.

P

- **Pastre, J.O.C. (2005).** Intérêt de la supplémentation en antioxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques. Thèse de docteur vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. 120p.
- **Pelt J. M. (2014).** La médecine par les plantes. Fayard.
- **Podsedek, A. (2007).** Natural Antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables : A review. *LWT*. 40 : 1-11.
- **Pincemail J., Heusele C., Bonté K., Limet R., et Defraigne J. (2001).** Stress oxydant, antioxydants nutritionnels et vieillissement. *Act. Méd. Int.*, 4158-162.

R

- **Ragae S., Abdel-Hal E. S. M., et Noaman K. (2006).** Antioxydant activity and nutrient composition of selected cereals for food use, *Science Direct, Food Chem*, 98 : 32-38.
- **Ravindran P. N., Babu Nirmal K., et Sivaraman K. (2007).** Turmeric, *The Genus Curcuma*, Medicinal and Aromatic Plants — Industrial Profiles, CRC Press.
- **Rezaire, A. (2012).** Activité anti-oxydante, caractérisation phénolique du fruit de palmier Amazonien *Oenocarpus batava* (patawa). Université des Antilles et de la Guyane. Thèse de Doctorat, Antilles-Guyane. pp 56-58 France.
- **Roberts CK et Sindhu KK., (2009).** Oxidative stress and metabolic syndrome. *Life sciences* ; 84 : 705–712.
- **Rosine C., et Momo D. (2009).** Évaluation de l'activité antidermatophytique des extraits au méthanol et fractions d'*Acalypha mahrictum* (melastomataceae). Université de Dschang – Master en biochimie clinique et pharmacologie.

S

- **Sanago R. (2006).** Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle. Université Bamako (Mali), 53p.
- **Sawant R.S. et Godghate A.G. (2013).** Qualitative phytochemical screening of rhizomes of *Curcuma longa* L. *International Journal of Science, Environment and Technology*, Vol. 2, No 4, , 634 – 641.

- **Saxena Jyotiet Sahu Rajeshwar. (2012).** valuation of Phytochemical Constituents in Conventional and Non-Conventional species of Curcuma. *International Research Journal of Pharmacy*, 3(8) :203-204.
- **Schofield P., Mbugua D. M., et Pell A. N. (2001).** Analyses of condensed tannins : a review. *Food and Technology*, 91 : 21-40.
- **Seggani, S et Boukehil, H. (2017).** Corrélation entre le contenu Polyphénolique et l'activité antioxydante et antimicrobienne in vitro de Curcuma longa .Université Constantine .
- **Shahide N. (2016).** Valeurs thérapeutique de curcuma. Laboratoire phytomisan France. 98p.
- **Siddhuraju P., et Becker K. (2007).** The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. *Food Chemistry*, 101 (1) : 10-19.
- **Sikha A, Harini A, et Hegde Prakash L. (2015).** Pharmacological activities of wild turmeric (*Curcuma Aromatica Salisb*) : a review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* ; 3(5) : 01-04.
- **Singleton V. L., et Rossi J. A. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Technology and Viticulture*, (16) : 144-153.
- **Stanley F, Wainapel MD, MPH, et Avital Fast MD. (2003)** .Antioxidants and the Free Radical Theory of Degenerative Disease. In : *Alternative Medicine and Rehabilitation*, Demos Medical Publishing, New York.
- **Strang C. (2006).** Larousse médical : Ed Larousse, p.6-7.
- **Swadhini S.P., Santosh R, Uma C, Mythili S and Sathiavelu A. (2011).** Phytochemical Screening and Antimicrobial activity of five medicinal Plants against *Myrothecium SP*. *International Journal of Pharma and Biosciences*, 2(1) : B272-B279 .

T

- **Tanguy, M. (2009).** Antioxydants Première partie : Les antioxydants dans l'alimentation .Médecine. Vol 5 (6) :Pp256-260.
- **Thérond .P., Bonnefont-Rousselot.D., Davit-Spraul.A., Conti.M., et Legrand, A. (2000).** biomarkers of oxidative stress : an analytical approach. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 3(5) :373-84.
- **Thongsson C , Davidson PM, Mahakarnchnakul W, et Vibulsresth P. (2005).** Antimicrobial effect of Thai spices against *Listeria monocytogenes* and *salmonella typhimurium* DT104. *J Food Prot* 68(10) : 2054–2058.
- **Trinidad P., sagum S ., Deleon M., mallillin S ., et borlagdin M. (2012).** Zingiber Officinale and curcuma longa as potential functional foods /Ingredient .*Food and public Health* ,2(2),14
- **Turki, Gudda , Marfak A. (2012).** Radiolyse gamma des flavonoïdes. Etude de Leur reactivité avec les radicaux issus des Alcools : formation de depsides. Thèse de doctorat. Limoges

V

- **Velayudhan K. C., Muralidharan V. K., Amalraj V. A., Gautam P. L., Mandal S., et Kumar D. (1999).** Curcuma genetic resources. *Scientific monograph*, 4.
- **Verpoorte R., et Alfermann A.W. (2000).** Metabolic Engineering of Plant Secondary Metabolism. Edition Kluwer Academic. P 1-23.

W

- **Watt G. (1972).**Dictionary of the Economic Products of India, reprint edition, Periodical Expert, Delhi, Vol. VI (Pt. IV), 83.
- **Wichtl M. et Anton R. (2003).** Plantes thérapeutiques. 2^e Edition, Paris, p 692.
- **Wichtl M. et Anton R. (2009).** Plantes thérapeutiques tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Édition LAVOISIR, Paris : 38, 41.
- **Wong S. P., Leong L. P., et William Koh J. H. (2006).** Antioxydant activities of extracts of selected plants. Food chemistry, 99 :775-783.
- **Wun C., (2003).** Safty and antiinflammatory activity of curcumin. Compoment Med Res. 131 ; 682-91.

Webographie

[Site 1] <https://www.creapharma.ch/phytotherapie.htm> Creapharma. définition de phytothérapie

[Site 2] <http://hilaruthnadia.e-monsite.com/Hilaruthnadia>. Les bénéfices et les inconvénients de la phytothérapie.

[Site 3] <http://www.who.int/mediacentre.com/Mediacentre>. Les inconvénients de la phytothérapie.

[Site 4] <https://www.dieti-natura.com/plantes-actifs/curcuma.html>.

[Site 5] <https://images.app.goo.gl/dyMU7gHQXZEBxqn26>.

[Site 6] <http://manature974.canalblog.com/archives/2013/03/02/26546386.html>.

[Site 7] <https://www.bio-enligne.com/produits/126-curcuma-longa.html>.

[Site 8] https://www.researchgate.net/figure/28-Structure-chimique-des-tanins-a----hydrolysables-b-condenses-97-Les-principales_fig20_336603986.

[Site 9] https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Lyophilisation#Principe_de_la_lyophilisation.

[Site 10] <https://www.kalstein.fr/a-quoi-sert-un-evaporateur-rotatif>

Résumé

Le *Curcuma longa L.*, est une plante utilisée et reconnue pour ses vertusthérapeutiques depuis l'antiquité en médecine traditionnelle. Ainsi, le présent travail porte sur une étude phytochimique qualitative et quantitative des polyphénols, flavonoïdes et tanins majoritaires contenus dans cette plante, et la corrélation de ces molécules avec l'activité antioxydante.

Les extraits ont été préparés à partir de poudre de *Curcuma longa L.*, par une extraction par macération.

L'analyse qualitative des polyphénols contenus dans nos extraits, a été réalisée par des tests préliminaires, et qui ont montré une forte présence majoritaire de polyphénols et de tanins, ceci est confirmé par une analyse quantitative basée sur le dosage des composés phénoliques, des tanins, et des flavonoïdes dont les valeurs sont : pour les composés phénoliques ($25,09 \pm 1,8423 \mu\text{g EAG/mg d'extract}$), les tanins ($15,626 \pm 1,9166 \mu\text{g ECT/mg d'extract}$) et les flavonoïdes ($0,573 \pm 0,0115 \mu\text{g EQ/mg d'extract}$) dans l'extrait méthanolique, et ($16,866 \pm 1,1015 \mu\text{g EAG/mg d'extract}$), ($12,273 \pm 0,5398 \mu\text{g ECT/mg d'extract}$), ($0,523 \pm 0,0115 \mu\text{g EQ/mg d'extract}$) respectivement dans l'extrait aqueux.

L'évaluation du pouvoir antioxydant de nos extraits, réalisée par la méthode du FRAP, a montré une forte corrélation entre la teneur de polyphénols et le pouvoir réducteur $R^2=0,983$, $R^2=0,973$ d'extrait méthonolique et aqueux respectivement.

Mots clés : *Curcuma longa L.*, Polyphénols, flavonoïdes, tanins, FRAP.

Abstract

Curcuma longa L., is a plant used since ancient times in traditional medicine and recognized for its therapeutic virtues. Thus, the present work deals with a qualitative and quantitative phytochemical study of the majority polyphenols, flavonoids, tannins contained in this plant and the correlation of these results with proven antioxidant.

Extracts prepared from bulk *Curcuma longa L* powder by maceration extraction.

The qualitative analysis of the polyphenols in our extract was carried out by preliminary tests reagents showed a strong majority of polyphenols, this being confirmed by a quantitative analysis based on the determination of phenolic compounds, Tannins and flavonoids whose dosage values are: for the phenolic compounds ($25,09 \pm 1,8423 \mu\text{g EAG} / \text{mg extract}$), tannins ($15,626 \pm 1,9166 \mu\text{g ECT} / \text{mg extract}$) and flavonoids ($0,573 \pm 0,0115 \mu\text{g EQ} / \text{mg of extract}$) In the meth-anol extract, and ($16,866 \pm 1,1015 \mu\text{g EAG} / \text{mg extract}$), ($12,273 \pm 0,5398 \mu\text{g ECT} / \text{mg extract}$), ($0,523 \pm 0,0115 \mu\text{g EQ} / \text{mg of ex-tract}$) respectively in the aqueous extract.

The evaluation of antioxidant power of our extracts, carried out by the FRAP method, showed a strong correlation between the content of polyphenols and the reducing power $R^2=0.983$, $R^2=0.973$ of methanolic and aqueous extract respectively.

Key words: *Curcuma longa L.*, polyphenols, tannins, flavonoids, FRAP.

ملخص

الكركم هو نبات مستخدم منذ القدم في الطب التقليدي معترف به لخصائصه العلاجية وبالتالي يركز هذا العمل على دراسة نوعية وكمية المركبات الفينولية والعفص و الفلافونويدات في السيطرة على هذا النبات والترابط بين هذه النتائج مع الأنشطة المضادة للأكسدة .

المستخلص تم تحضيره من مسحوق الكركم و إستخرج بواسطة النقع .

أدى التحليل النوعي المركبات الفينولية الموجودة في مستخلص الكركم إلى إظهار مدى غناه بالمركبات الفينولية وهذا ما أكده التحليل الكمي الذي يستند أساسا إلى تحديد تراكيز المركبات الفينولية،العفص و الفلافونويدات التي كانت بقيم :

المركبات الفينولية ($1,8423 \pm 25,09$ ميكروغرام مكافئ الغاليك /ملغ)، العفص ($1,9166 \pm 15,626$ ميكروغرام مكافئ الكاتشين/ ملغ)، الفلافونويدات ($0,0115 \pm 0,573$ ميكروغرام مكافئ الكارسييتين/ ملغ)،بالنسبة للمستخلص الميثانولي و($1,1015 \pm 16,866$ ميكروغرام مكافئ الغاليك/ملغ)، ($0,539 \pm 12,273$ ميكروغرام مكافئ الكاتشين/ملغ)، ($0,0115 \pm 0,523$ ميكروغرام مكافئ الكارسييتين/ملغ) على التوالي بالنسبة للمستخلص المائي.

أظهر تقييم القوة المضادة للأكسدة لمستخلصاتنا،الذي تم إجراؤه بواسطة طريقة FRAP، وجود علاقة قوية بين محتوى الفلافونويدات الإرجاعية $R^2=0,973$ ، $R^2=0,83$ للمستخلص الميثانولي و المائي على التوالي.

الكلمات المفتاحية : الكركم، المركبات الفينولية، الفلافونويدات، العفص، FRAP

Année universitaire : 2022-2023

Présenté par : SAADA Khadidja

SANAA Djouheina Sara

Étude phytochimique des extraits aqueux et méthanolique des rhizomes du *Curcuma longa* (L)

Option : Biochimie.

Résumé

Le *Curcuma longa* L, est une plante utilisée et reconnue pour ses vertus thérapeutiques depuis l'antiquité en médecine traditionnelle. Ainsi, le présent travail porte sur une étude phytochimique qualitative et quantitative des polyphénols, flavonoïdes et tanins majoritaires contenus dans cette plante, et la corrélation de ces molécules avec l'activité antioxydante.

Les extraits ont été préparés à partir de poudre de *Curcuma longa* L, par une extraction par macération.

L'analyse qualitative des polyphénols contenus dans nos extraits, a été réalisée par des tests préliminaires, et qui ont montré une forte présence majoritaire de polyphénols et de tanins, ceci est confirmé par une analyse quantitative basée sur le dosage des composés phénoliques, des tanins, et des flavonoïdes dont les valeurs sont : pour les composés phénoliques ($25,09 \pm 1,8423$ µg EAG/mg d'extrait), les tanins ($15,626 \pm 1,9166$ µg ECT/mg d'extrait) et les flavonoïdes ($0,573 \pm 0,0115$ µg EQ/mg d'extrait) dans l'extrait méthanolique, et ($16,866 \pm 1,1015$ µg EAG/mg d'extrait), ($12,273 \pm 0,5398$ µg ECT/mg d'extrait), ($0,523 \pm 0,0115$ µg EQ/mg d'extrait) respectivement dans l'extrait aqueux.

L'évaluation du pouvoir antioxydant de nos extraits, réalisée par la méthode du FRAP, a montré une forte corrélation entre la teneur de polyphénols et le pouvoir réducteur $R^2=0,983$, $R^2=0,973$ d'extrait méthanolique et aqueux respectivement.

Mots clés : *Curcuma longa* L, Polyphénols, flavonoïdes, tanins, FRAP.

Laboratoire de recherche : Laboratoire de Biochimie ; laboratoire N° 15 (Université Mentouri de Constantine).

Jury d'évaluation :

Président : Mr. NECIB Youcef (Pr-UFM Constantine).

Rapporteur : Mme. DJEMAI ZOUGHLACHE Soumia (MCA-UFM Constantine).

Examineurs : Mme. BAHY Ahlem (MAA-UFM Constantine)

Date de soutenance : 20/06/2023.