



République Algérienne Démocratique et Populaire  
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem  
جامعة عبد الحميد بن باديس  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
كلية علوم الطبيعة و الحياة



## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

**YADEL HANANE**

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES**

Spécialité : **Nutrition et Pathologie**

**THÈME**

***L'activité anti – radicalaire du curcuma***

*Soutenue le 06 juillet 2023, devant le jury:*

Qualité	Nom et Prénom	Grade	Etablissement d'origine
Président	CHAALEL Abdelmalek	MCA	Université de Mostaganem
Examinatrice	ALACHAHER Fatima Zohra	MAB	Université de Mostaganem
Rapporteur	MIR Hakima	MCA	Université de Mostaganem

Année Universitaire  
2022/2023

## REMERCIEMENTS

*Ce travail été réalisé au Laboratoire de Laboratoire Des Microorganismes Bénéfiques, Aliments Fonctionnels et de la Santé, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem*

*Mes plus vifs remerciements et toute ma reconnaissance vont à mon Rapporteur de recherches Madame **MIR H**, Maître de Conférences A à l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, sa simplicité, sa compétence, sa rigueur scientifique, ses conseils éclairés et ses critiques m'ont été très bénéfiques. Sa présence à chaque étape de ce mémoire et la confiance qu'elle m'a accordée m'a soutenue et motivée pour mener à terme ce travail.*

*J'exprime mes respectueux remerciements à Monsieur **CHAALAL M**, Maître de Conférences A à l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider ce jury.*

*Madame **ALACHAHER F.Z**, Maître Assistant B à l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, qui a bien voulu participer dans ce jury et examiner ce travail*

*Merci aussi à tous ceux - sans citer de nom, de peur d'oublier quelqu'un - avec qui j'ai travaillé durant la réalisation de mon mémoire.*

*HANANE*

# Dédicace

Je dédie entièrement ce travail à  
mon père et à ma mère, mes exemples, mes premiers supporteurs et ma  
plus grande force.

Merci pour votre présence, votre soutien et surtout votre amour, merci de  
n'avoir jamais douté de moi.

A la personne la plus idéale dans ce monde je dédie ce travail, pour ma  
défunte sœur **Chaima** (que dieu l'accueille dans son vaste paradis), elle était  
la source de ma force, courage et espoir pour la vie.

A mes chers frères **Sid-Ahmed** et **Khaled** et les meilleures sœurs **Asma**  
et **Aïcha**, qui étaient toujours à mes côtés, que dieu leur donne du bonheur et  
réussite.

Aux petits anges **Tasnim** et **Afnane**, je leur souhaite beaucoup de  
bonheur.

A mon mari et à mon partenaire de ma vie **Rheda**, merci pour ta  
compréhension et ton soutien.

A mon amie **Nouria** et à mes connaissances.

Et toute ma famille **Yadel, Djaber et Tali-maamar**.

*HANANE*

## Résumé

---

Curcuma longa est une plante appartenant à la famille des zingibéracées. Il est utilisé depuis des siècles dans la médecine et la cuisine traditionnelles, en particulier dans les cuisines d'Asie du Sud telles que la cuisine indienne.

L'objectif de notre travail était d'évaluer l'activité antioxydante d'un extrait préparé à partir du rhizome de Curcuma longa, qui trouve dans le marché local.

Nous avons constaté que l'extrait de rhizome de curcuma est riche en flavonoïdes totaux (98.21µg EA/mg extrait), et qui est responsable à des effets antioxydants important sur le DPPH.

L'extraction par méthanolique a permis l'obtention d'un extrait brut avec un rendement de 6,6 % des extraits ont été utilisé afin d'évaluer l'activité antioxydant par de le teste c'est DPPH.

Ce travail nous ont permis d'affirmer que l'activité antioxydante de rhizome de curcuma revient essentiellement aux composés Phénoliques.

Les résultats ont montré que tous les extraits possèdent une excellente activité anti radicalaire par DPPH.

## Abstract:

---

*Curcuma longa* is a plant belonging to the Zingiberaceae family. It has been used for centuries in traditional medicine and cooking, particularly in South Asian cuisines such as Indian.

The aim of our work was to evaluate the antioxidant activity of an aqueous extract prepared from the rhizome of *Curcuma longa*, found on the local market.

We found that turmeric rhizome extract is rich in total flavonoids (98.21 $\mu$ g EA/mg extract), which is responsible for significant antioxidant effects on DPPH.

The results of this work have enabled us to affirm that the antioxidant activity of turmeric rhizome is essentially attributable to the Phenolic compounds.

The results showed that all extracts possess excellent DPPH.

## ملخص

كركم لونغا هو نبات ينتمي إلى عائلة zingiberaceae. لقد تم استخدامه لعدة قرون في الطب التقليدي والمطبخ، وخاصة في مطابخ جنوب آسيا مثل المطبخ الهندي.

كان الهدف من عملنا هو تقييم النشاط المضاد للأكسدة لمستخلص محضر من جذمور كركم لونغا ، الموجود في السوق المحلية. وجدنا أن مستخلص جذور الكركم غني بالفلافونويد الكلي (98.21 ميكروغرام EA / mg استخراج) ، وهو مسؤول عن تأثيرات كبيرة مضادة للأكسدة على DPPH.

سمح استخراج الميثانول بالحصول على مستخلص خام بعائد 6.6% من المستخلصات تم استخدامه لتقييم نشاط مضادات الأكسدة عن طريق اختبار DPPH.

سمح لنا هذا العمل بالتأكد على أن النشاط المضاد للأكسدة لجذمور الكركم يرجع أساسا إلى المركبات الفينولية.

أظهرت النتائج أن جميع المستخلصات تمتلك نشاطا ممتازا مضادا للجذور من قبل DPPH.

# SOMMAIRE

Introduction .....	1
Revue bibliographie	
Présentation du curcuma.....	4
1. Historique et généralité .....	4
2. Description botanique : caractères généraux .....	5
2.1. Les zingibérales :.....	5
2.2. Les zingibéracées :.....	7
3. Le genre curcuma long L.....	8
3.1. Description générale .....	8
3.2. Types de curcuma.....	9
3.3. Protection de la plante .....	12
4. Production et commerce international :.....	12
5. Composition nutritionnelle et chimique du curcuma .....	13
5.1. Composition nutritionnelle .....	13
5.2. Constituants moléculaires.....	15
5.3. Utilisation du curcuma .....	15
5.3.1. Alimentation.....	15
5.3.2. En médecine .....	16
5.3.3. Utilisation en cosmétique .....	17
Les antioxydants naturels d'origine végétale : .....	18
1. Les composés polyphénoliques :.....	18
1.1. Mécanismes et pouvoir antioxydant des polyphénols.....	19
1.2. Les méthodes d'évaluation du pouvoir antioxydant.....	19
2. Flavonoïde : .....	21
Effets biologiques des Flavonoïdes .....	22
Matériel et méthode	
1. Matériel végétal .....	23
2. Objectifs de l'expérimentation.....	24
2.1. Préparation de l'extrait eau-méthanol et le rhizome du curcuma .....	24
2.2. Le Rendement Obtenue .....	27
2.3. Dosage des Polyphénols Totaux.....	27
Mesure du pouvoir antioxydant.....	30

1. Évaluation de l'activité Antiradicalaire du radical libre DPPH.....	30
2. Mode Opérateur.....	31
3. Pourcentage D'inhibition du radical DPPH.....	32
4. Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique.....	32
Analyse statistique.....	33

#### Résultats et discussion

1. Rendement d'extraction de rhizome de curcuma .....	34
2. Dosage des Composés Phénolique.....	35
2.1. Taux de Polyphénols totaux dans l'extrait de rhizome de curcuma. ....	35
2.2. Taux de Flavonoïde totaux dans l'extrait de rhizome de curcuma .....	36
3. Evaluation du pouvoir antioxydant .....	37
3.1. Test de réduction du radical libre le DPPH.....	37
3.2. Calcul des pourcentages d'inhibitions I%.....	38
Conclusion :.....	342
Les references:.....	343



## Listes des figures

---

<b>Figure 1</b> : plante de Zingibérale (feuilles et fleures).....	6
<b>Figure 2</b> :zingiberaceae.....	7
<b>Figure 3</b> : curcuma.....	9
<b>Figure 4</b> : Plante de curcuma long L.....	10
<b>Figure 5</b> : feuilles de curcuma.....	10
<b>Figure 6</b> : Fleur de curcuma.....	11
<b>Figure 7</b> : tache foliaire.....	12
<b>Figure 8</b> : pourriture du rhizome.....	12
<b>Figure 9</b> : les métabolites naturels de la curcumine.....	15
<b>Figure 10</b> : Structure de base des polyphénols.....	19
<b>Figure 11</b> : Classement des flavonoïdes.....	22
<b>Figure 12</b> : Echantillonne de rhizome de curcuma.....	23
<b>Figure 13</b> : Les étapes de préparation de la matière Végétale.....	23
<b>Figure 14</b> : L'extrait Eau –Méthanol de rhizome de curcuma.....	24
<b>Figure 15</b> : Le matériel utilise pour préparer l'extrait Brute Eau-Méthanol pour rhizome de curcuma.....	25
<b>Figure 16</b> : Les étapes de l'expérimentation l'extrait.....	25
<b>Figure17</b> : Les étapes de l'expérimentation l'extrait.....	26
<b>Figure 18</b> : L'extrait Brute Eau-Méthanol pour rhizome de curcuma.....	27
<b>Figure 19</b> : les tubes de dosage de Polyphénols.....	28
<b>Figure 20</b> : Les étapes de dosage de Polyphénols.....	29
<b>Figure 21</b> : Structure Chimique de radical libre et non radical.....	30

<b>Figure 22</b> : Protocol de préparation de l'échantillon de test DPPH.....	31
<b>Figure 23</b> : Mécanisme réactionnel du test DPPH.....	32
<b>Figure 24</b> : Rendement d'extraction de rhizome de curcuma.....	34
<b>Figure 25</b> : Courbe étalon de l'acide gallique.....	35
<b>Figure 26</b> : Courbe étalon de Quercétine.....	36
<b>Figure 27</b> : Teneurs en Phénols totaux, et en flavonoïdes de l'extrait brut de rhizome de curcuma.....	37
<b>Figure 28</b> : Courbe étalon d'acide ascorbique.....	38
<b>Figure 29</b> : Effet antiradicalaire des extraits méthanolique rhizome de curcuma sur la réduction du DPPH effet de l'acide ascorbique.....	40

## Liste des tableaux

---

<b>Tableau 1</b> : Différents noms de curcuma/curcumine dans différentes langues.....	5
<b>Tableau 2</b> : classification de curcuma.....	8
<b>Tableau 3</b> : Les pays exportateurs et importateurs de curcuma.....	13
<b>Tableau 4</b> : composition nutritionnelle de curcuma.....	14
<b>Tableau 5</b> .Propriétés biologiques des polyphénols et effets sur la santé.....	20
<b>Tableau 6</b> : Les résultats du pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par l'extrait methanolique de rhizome de curcuma.....	39

## Liste des abréviations

---

**C°** : Degré Celsius.

**DPPH** : Diphenyl-picrylhydrazyle.

**EA** : Équivalent d'acide gallique.

**EAA**: Équivalent d'acide ascorbique.

**EQ** : Équivalent de quercétine.

**FRAP**: Ferric ion Reducing Antioxidant Power.

**g**: Gramme.

**h**: Heure.

**IC50** : Concentration permettant d'inhiber 50 % du radical DPPH.

**M** : Masse.

**Mg** : Milligramme.

**Min** : Minute.

**ml** : Millilitre.

**Nm** : Nanomètre.

**Ph** : Potentiel hydrogène.

**Rdt** : Rendement.

**T°** : Température.

**UV** : Radiations ultra-violettes.

**µg** : Microgramme. **(%)** : Pourcentage.

# *Introduction*

Un radical libre peut être défini comme toute espèce moléculaire capable d'exister de manière indépendante et contenant un électron non apparié dans une orbitale atomique. La présence d'un électron non apparié entraîne certaines propriétés communes à la plupart des radicaux. De nombreux radicaux sont instables et très réactifs. Ils peuvent soit donner un électron à d'autres molécules, soit en accepter un, se comportant ainsi comme des oxydants ou des réducteurs. Les radicaux libres contenant de l'oxygène les plus importants dans de nombreux états pathologiques sont le radical hydroxyle, le radical anion superoxyde, le peroxyde d'hydrogène, l'oxygène singulet, l'hypochlorite, le radical oxyde nitrique et le radical peroxydinitrite. Il s'agit d'espèces très réactives, capables dans le noyau et dans les membranes des cellules d'endommager des molécules biologiquement importantes telles que l'ADN, les protéines, les glucides et les lipides. Les radicaux libres attaquent d'importantes macromolécules, ce qui entraîne des dommages cellulaires et une perturbation de l'homéostasie. Les cibles des radicaux libres comprennent toutes sortes de molécules présentes dans l'organisme. Parmi elles, les lipides, les acides nucléiques et les protéines sont les principales cibles (**Wangetal ., 2022**)

Le développement récent des connaissances sur les radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène (ROS) en biologie est en train de produire une révolution médicale qui promet une nouvelle ère de santé et de gestion des maladies. Il est ironique que l'oxygène, un élément indispensable à la vie, ait dans certaines situations des effets délétères sur le corps humain. La plupart des effets potentiellement nocifs de l'oxygène sont dus à la formation et à l'activité d'un certain nombre de composés chimiques, connus sous le nom de ROS, qui ont tendance à donner de l'oxygène à d'autres substances. Les radicaux libres et les antioxydants sont devenus des termes couramment utilisés dans les discussions modernes sur les mécanismes des maladies (**zhoo, 2023**)

Les composés polyphénoliques, une classe de produits naturels d'origine végétale comportant au moins un anneau aromatique et quelques groupes hydroxyles, proviennent principalement des métabolites secondaires des plantes et sont largement répandus dans l'alimentation quotidienne. Les composés polyphénoliques ont de nombreux sous-types, notamment les flavones, les tanins, les acides phénoliques, les anthocyanes, etc.

Récemment, des études pharmacologiques ont démontré que les composés polyphénoliques ont de puissants effets antioxydants et présentent un potentiel antitumoral évident. Dans la lutte contre les tumeurs, une grande attention a été accordée au développement de composés polyphénoliques issus de produits naturels en raison de leur faible toxicité et de l'abondance des ressources. Toutefois, les composés polyphénoliques dérivés de produits naturels présentent également certains inconvénients, tels qu'une faible stabilité, une faible capacité de

ciblage et une solubilité et une biodisponibilité médiocres, qui limitent leurs applications dans le traitement clinique des cancers (**Lobo, 2019**)

Les flavonoïdes sont un groupe de composés polyphénoliques omniprésents dans les plantes et consommés en grande quantité dans l'alimentation humaine. La vérification des effets chimiopréventifs des flavonoïdes sur le cancer a suscité un intérêt considérable dans ce domaine. (**lu, 2020**)

Les épices tropicales sont exploitées par l'homme depuis l'Antiquité et le curcuma est considéré comme l'une des épices les plus importantes au monde. Il est non seulement utilisé, comme d'autres épices, dans divers plats au curry du continent asiatique, mais aussi comme colorant et dans la médecine traditionnelle (**Bodsky, 2023**)

Le curcuma est une épice d'un orange profond et doré, connue pour ajouter de la couleur, de la saveur et de la valeur nutritive aux aliments. Proche du gingembre, le curcuma provient du rhizome (racine) d'une plante originaire d'Asie et est utilisé en cuisine depuis des centaines d'années. Il est également utilisé dans la médecine ayurvédique et d'autres formes de médecine traditionnelle en Chine et en Inde. Le curcuma et la curcumine ont diverses activités biologiques intéressantes, mais il est difficile de les étudier parce que la curcumine est instable (elle se transforme facilement en d'autres substances) et a une faible biodisponibilité (elle n'atteint pas beaucoup la circulation sanguine) lorsqu'elle est prise par voie orale. En outre, les produits à base de curcumine peuvent avoir une composition différente ou contenir plus de substances que prévu, ce qui rend les résultats de la recherche sur ces produits difficiles à comprendre et à comparer. Les actions du curcuma et de ses composants chez l'homme étant complexes et mal comprises, aucune conclusion claire n'a pu être tirée quant aux effets bénéfiques de ces substances sur les conditions de santé (**Eve, 2022**)

L'objectif de notre étude est d'estimer la teneur des composés phénoliques et flavonoïdes dans le rhizome de curcuma, ensuite d'évaluer le pouvoir antioxydant des extraits phénoliques de rhizome étudié.

Notre travail est organisé en plusieurs parties :

- Une synthèse bibliographique représentant la première partie de notre travail est réalisée afin de regrouper les informations essentielles sur le curcuma étudiée et éventuellement leurs pouvoirs antioxydants.
- La deuxième partie de notre étude, le matériel biologique utilisé et les méthodes d'étude et d'expression des résultats.
- Dans la troisième partie, les résultats sont exposés et discutés en les comparants à ceux publiés dans la littérature scientifique internationale.

- L'étude est achevée par une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats obtenus et éventuellement des perspectives à l'avenir.



# **REVUE BIBLIOGRAPHIE**

## I Présentation du curcuma

### 1. Historique et généralité

Le curcuma est une plante dont l'utilisation médicinale est très ancienne, puisqu'elle remonte à près de 4 000 ans. En Asie du Sud-est, le curcuma est utilisé non seulement comme épice principale, mais aussi comme élément des cérémonies religieuses. En raison de sa couleur jaune brillant, le curcuma est également connu sous le nom de "safran indien". La médecine moderne a commencé à reconnaître son importance, comme en témoignent les plus de 3000 publications sur le curcuma parues au cours des 25 dernières années. Cette revue aborde d'abord les études in vitro sur le curcuma, puis les études sur les animaux et enfin les études sur l'homme ; la sécurité et l'efficacité du curcuma sont également abordées (**Prasad, 2021**)

En 1280, Marco Polo a décrit cette épice, s'émerveillant d'un légume aux qualités si proches de celles du safran. Selon les traités médicaux sanskrits et les systèmes ayurvédique " (la science de la vie), le curcuma a une longue histoire d'utilisation médicinale en Asie du Sud. Le Compendium ayurvédique de Susruta, datant de 250 avant J.-C., recommande une pommade contenant du curcuma pour soulager les effets d'un aliment empoisonné (**Chloé, 2020**).

L'Ayurveda" (la science de la vie) a été apportée en Europe par les marchands arabes comme de nombreuses matières et épices au XIII<sup>e</sup> siècle, et son utilisation s'est répandue dans le monde moderne, notamment en Europe et en Grande-Bretagne, en raison de ses bienfaits bien connus sur la santé et thérapeutiques (**Gayle, 2019**)

Le curcuma est déplacé en Chine en 700 après JC, cent ans plus tard, il s'est déplacé en Afrique de l'Est et de l'Ouest en 1200, puis en Jamaïque au 18<sup>ème</sup> siècle. Le curcuma fait partie intégrante de nombreuses recettes et plats en Asie du Sud-est et au Moyen-Orient. Il est souvent utilisé dans les plats salés et certains desserts. Le curcuma est considéré comme sacré en Inde et les hindous l'ont toujours utilisé dans leurs cérémonies religieuses et leurs mariages depuis l'Antiquité(**Engels, 2019**)

Il existe deux racines pour le curcuma dans les langues européennes : la racine majoritaire 'kurkum' et la racine minoritaire curmerik. La racine 'turmerik' vient du français terre-mérite, lui-même de terra Merita. La racine « kurkum » vient de l'arabe kurkum qui a donné naissance à l'hébreu kurkum, lui-même issu du nom sanskrit de kumkuman. De même, son nom chinois est jianghuang, qui signifie gingembre doré, car il appartient à la même famille

de plantes de gingembre et en raison de sa couleur frappante a été utilisé comme teinture et colorant(Mathini, 2022)

**Tableau 1 : Différents noms de curcuma/curcumine dans différentes langues.**

Longue	Nom
Arabe	Kurkum, Alwaras, Kharkoum
Farsi (IRAN)	Al hard ou karkab
Français	Safran des Indes, Terre-mérite
Espagnole	Kurkum
Hindi	Haldi
Indonésien	Kunir
Anglais	Turmeric, Indian saffron

## 2. Description botanique : caractères généraux

### 2.1. Les zingibérales:

Zingibérale a un groupe monophylétique bien défini de 8 familles, 92 genres, et plus de 2100 espèces. Les huit familles sous zingibérales sont :

- Musaceae(famille des bananes)
- Strelitziaceae(famille des fleurs d'oiseaux de paradis).
- Lowiaceae (Orchidantha inoue, Orchidantha maxillarioides, Orchidantha chinensis et quelques autres).
- Heliconiacees(famille des platanillio)
- Zingiberaceae(famille du gingembre)
- Costacees(famille des costus)
- Cannaceae(famille du canna lily).
- Marantaceae(famille arrowroot)(Dinh,2015)

L'une des caractéristiques déterminantes des zingibérales est leur structure florale unique. Les fleurs sont souvent composées de bractées aux couleurs vives qui surmontent une petite fleur discrète. Cette disposition sert à attirer les pollinisateurs et à protéger les structures reproductrices délicates de la plante (Lastly, *et al*, 2019). Ayant un ovaire infère, le périanthe de cette plante est généralement bien développé avec des sépales qui se distinguent souvent des pétales. Apparaissant parfois pétaloïdes, ils ont tout de même une forme distincte qui les sépare des pétales. Riches en amidon, les graines contiennent à la fois du péricarpe et de l'albumine. (E. Lahav, 2020). L'albumen féculent est présent avec des grains d'amidon composés saupoudrés. La nervation pseudo-pennée et les feuilles larges sont portées sur une base étroite ressemblant à une gaine ou à un calice, lui donnant un aspect de pétiole. L'anémogamie est rare, avec des cellules subsidiaires et des vaisseaux généralement limités aux racines - c'est là que vous trouverez la plupart des stomates. (Michael G. Simpson, 2019)



**Fig.1. plante de Zingibérale (feuilles et fleurs) (aujardin ,2023).**

## 2.2. Les zingibéracées :

Zingiberaceae est une famille plus de 50 genres et plus de 100 espèces. Ces plantes se trouvent principalement en Asie tropicale et dans les îles du Pacifique. Mais certaines espèces peuvent également être trouvées en Afrique et en Amérique du Sud. Le membre le plus connu de cette renommée est le gingembre, qui est largement utilisé comme épice et pour ses propriétés médicinales. Les plantes de la famille des zingibéracées sont connues pour leur inflorescence unique, qui consiste en un axe central avec des fleurs qui émergent de bractées. Les fleurs sont souvent de couleur vive et ont une forme tubulaire. De nombreuses espèces de cette famille sont utilisées pour leurs huiles essentielles, qui sont extraites des rhizomes ou d'autres parties de la plante et utilisées dans les parfums, les cosmétiques et les arômes. (Admin, 2020)

Les membres de la famille sont des plantes vivaces qui ont souvent des rhizomes charnus sympodiens (fourchus) (tiges souterraines). Ils peuvent atteindre 6 mètres (20 pieds) de hauteur. Quelques espèces sont épiphytes, c'est-à-dire soutenues par d'autres plantes et ayant des racines aériennes exposées à l'atmosphère humide. Les bases enroulées des feuilles forment parfois une tige aérienne courte apparente. (Petruzzello, 2023)



**Fig.2 : zingiberaceae (2023)**

### 3. Le genre *curcuma long L*

#### 3.1. Description générale

Le *curcuma longa* fait partie de la famille du gingembre (Zingibéracées). Ses rhizomes (tiges souterraines) sont à l'origine d'une épice et d'un colorant jaune vif. Le curcuma est stérile (il ne produit pas de graines, mais il pousse vigoureusement à partir des rhizomes). On pense qu'il est né de la sélection et de la multiplication végétative d'un hybride entre le curcuma sauvage (*Curcuma aromatica*), originaire de l'Inde, du Sri Lanka et de l'est de l'Himalaya, et d'autres espèces étroitement apparentées. (Katzner, 2020)

Le genre *Curcuma* comprend de nombreuses autres espèces économiquement importantes, notamment *C. amada* (gingembre mangue), *C. angustifolia* (curcuma sauvage), *C. aromatica* (curcuma Cochin, curcuma sauvage) et *C. zedoaria* (zédoaire). (Gernot, 2021) Le curcuma est une épice qui provient de la racine de la plante *curcuma longa*, une plante vivace de la famille du gingembre. Son principal ingrédient actif est la curcumine. "La curcumine donne au curcuma sa couleur jaunâtre ». Le trésor du curcuma réside dans les bienfaits de la curcumine. La curcumine possède des propriétés antioxydants et anti-inflammatoires. (Bastianetto, 2022)

**Tableau 2 : classification de curcuma.**

Autres désignations botaniques	Désignations vernaculaires	Designation anglaise	Partie extraite	Origines courantes	Classification botanique
<b>Curcuma domestica Val</b>	Curcuma, Safran des Indes, turméric, souchet des Indes	Turmeric root, long rooted curcuma, Indian saffron	Rhizome coupé et séché	Inde, cultivé dans toute l'Asie de l'est	Règne : Plantae Division : Magnoliophyta Classe : Liliopsida Ordre : Zingiberales Famille : Zingiberaceae Genre : Curcuma



**Fig.3. curcuma (copmed, 2023)**

### **3.2. Types de curcuma**

Il existe plusieurs types de curcuma qui poussent dans différentes parties du monde, et tous ces types appartiennent à la famille du gingembre, et les plus importants de ces types sont les suivants : Le curcuma longa est originaire du Sri Lanka ; Curcuma Aeruginosa est originaire de Birmanie et du Cambodge ; Curcuma Amada et Curcuma Angustifolia sont d'Inde ; Curcuma Aromatica et Curcuma Caesia sont origine du Bengale ; Curcuma Mangga est cultivé en Malaisie. (**International Plant Name Index, 2023**)

Le curcuma est une plante herbacée vivace qui atteint environ un mètre de haut, avec des feuilles semblables à celles de l'herbe et des fleurs jaune verdâtre. Le curcuma prospère dans les régions tropicales pluvieuses telles que le sous-continent indien et l'Asie du Sud-est. Le curcuma est souvent considéré comme une racine, ce qui est techniquement incorrect. Les rhizomes sont des tiges souterraines qui poussent horizontalement sous terre (et dont partent des racines plus petites). Le rhizome souterrain du curcuma se compose de deux parties distinctes : le rhizome primaire ou mère, de forme ovoïde, qui est une extension de la tige, et les rhizomes secondaires, longs, cylindriques et à branches multiples, qui poussent vers le bas à partir des rhizomes. Plus des graines qui sont Petites, ovoïdes, brunes et non viables.





**Fig.4.Plante de curcuma long L. (florafauweb, 2023)**



Feuilles : Grandes, oblongues, jusqu'à 1 m de long, vert foncé sur la face supérieure, vert pâle en dessous. Chaque pousse feuillue (pseudo-tige) porte 8 à 12 feuilles.

**Fig.5.feuilles de curcuma. (Florafaunaweb, 2023)**





Fleurs : Jaune-blanc, portées par un pédoncule en forme d'épi de 10 à 15 cm de long. Les fleurs sont stériles et ne produisent pas de graines viables.

**Fig.6.Fleur de curcuma. (Florafaunaweb, 2023)**

Plantez le curcuma en septembre ou octobre, dans un sol chaud. les rhizomes doivent être plantés à 5-7 cm de profondeur. Le curcuma est souvent planté sur des billons, généralement à une distance de 30 à 45 cm et avec un espacement de 15 à 30 cm entre les plantes. La culture est plantée par sets (petits rhizomes) avec un ou deux bourgeons. Il faut environ 1 700 kg de rhizomes par hectare. Le rendement attendu est de 13 à 35 tonnes/ha de curcuma frais. Dans les régions plus fraîches d'Australie, le curcuma peut être cultivé sous serre. Comme toutes les plantes vivaces herbacées, les touffes de curcuma doivent être brisées et de nouveaux morceaux doivent être plantés tous les 3 ou 4 ans. Elle a besoin d'un sol bien drainé, d'un climat sans gel et de 1000 à 2000 mm de pluie par an ou d'une irrigation complémentaire. Elle se développe mieux sur des sols fertiles limoneux ou alluviaux et ne supporte pas l'engorgement. Un ombrage important réduit le rendement, mais un ombrage léger est bénéfique. **(Greenharvest, 2023)**. Les rhizomes sont récoltés 9 à 10 mois après la plantation. Le jaunissement des feuilles inférieures ou le dessèchement et la chute des tiges sont des indications de maturité. Les rangées de plantes doivent d'abord être débarrassées de toutes les parties aériennes restantes à l'aide d'une machette. Ces parties aériennes sont conservées et des piles de 2,5 mètres sont disséminées dans le champ. Aucune partie de la plante n'est perdue. Les fanes seront utilisées comme combustible ou pour recouvrir les racines déterrées jusqu'à ce qu'elles puissent être traitées dans le champ. Une fois les fanes enlevées, un tracteur passe avec un outil de creusage pour soulever les masses de racines du

sol. Doigts de curcuma. Une fois les groupes de racines détachés, les ouvriers, généralement des femmes, parcourent chaque rangée à quatre pattes et séparent les graines, le rhizome mère et les "doigts". La plante de curcuma se propage par division des racines et il est nécessaire de séparer les graines à la main car elles sont attachées à la grappe de "doigts" qui deviennent l'épice brillante de curcuma. (Chioffi, 2020)

### 3.3. Protection de la plante

- **Maladies :**
- Tache foliaire



La tache foliaire est causée par *Taphrina maculans* et apparaît sous la forme de petites taches brunes ovales, rectangulaires ou irrégulières de chaque côté des feuilles qui deviennent rapidement jaune sale ou brun foncé. Les feuilles jaunissent également. (Malini, 2019).

**Fig.7. Tache foliaire. (Malini, 2019)**

### Pourriture du rhizome



Les feuilles se dessèchent à partir des bords. La région du collet se ramollit, s'imbibe d'eau et les plantes s'affaissent, puis le rhizome pourrit. (Malini, 2019).

**Fig.8. Pourriture du rhizome. (Malini, 2019)**

## 4. Production et commerce international :

L'Inde est de loin le premier exportateur mondial de curcuma. Les dernières données commerciales du curcuma en 2021, le curcuma était le 3198e produit le plus échangé au monde, avec un commerce total de 358 millions de dollars. Entre 2020 et 2021, les exportations de curcuma ont augmenté de 0,73%, passant de 356m\$ à 358m\$. Le commerce du curcuma représente 0,000017% du commerce mondial total. (Wunsch, 2022)

- En 2021, les principaux exportateurs de curcuma étaient l'Inde, les Fidji, le Viet Nam, les Pays-Bas et la Birmanie. (oec.world, 2022)
- En 2021, les principaux importateurs de curcuma étaient les Etats-Unis, l'Inde, le Bangladesh, les émirats arabes, et l'Algérie (tableau04). (oec.world, 2022)

**Tableau 3 :** Les pays exportateurs et importateurs de curcuma. (oec.world, 2022)

Les pays exportateurs et importateurs de curcuma d'une valeur d'un million de dollars pour l'année 2021.					
EXPORTATION	Inde	Fidji	Viet Nam	Les. Pays-Bas	Birmanie
	220 M\$	13 M\$	12,1M\$	11,2 M\$	9,33M\$
IMPORTATION	Les Etas -Unis	Inde	Bangladesh	Les émirats arabes	Algérie
	61M\$	31,2M\$	29,1M\$	21,1M\$	1M\$

## **5. Composition nutritionnelle et chimique du curcuma**

### **5.1. Composition nutritionnelle**

Le curcuma est une riche source d'hydrates de carbone et de fibres. Il contient également des protéines et des graisses, mais pas de cholestérol. En outre, il contient de la pyridoxine, de la vitamine C, du potassium, du calcium, du magnésium et du phosphore en quantités appropriées, ce qui en fait l'un des produits alimentaires naturels les plus riches sur le plan nutritionnel (Shabir ,2020)

**Tableau 4 : composition nutritionnelle de curcuma.**

Principaux composants	Valeur nutritive (kcal)	Pourcentage de l'AJR (%)
<b>Énergie</b>	354	17
<b>Glucides</b>	64,9	50
<b>Graisses totales</b>	9,88	33
<b>Protéines</b>	7,83	14
<b>Cholestérol</b>	0	0
<b>Fibres alimentaires</b>	21	52,2
<b>Vitamines</b>		
Pyridoxine	1,80	138
Niacine	5,140	32
Riboflavine	0,233	18
Vitamine A	0	0
Vitamine C	25,9	43
Vitamine E	3,10	21
Vitamine K	13,4	11
<b>Électrolytes</b>		
Potassium	25	54
Sodium	38	2,5
<b>Minéraux</b>		
Calcium	183	18
Cuivre	603	67
Fer	41,42	517
Magnésium	193	48
Phosphore	268	38
Zinc	4,35	39,5

## 5.2. Constituants moléculaires

Le curcuma possède de nombreux constituants moléculaires, chacun possédant une variété d'activités biologiques. Par exemple, au moins 20 molécules sont antibiotiques et 14 de ses constituants ont une activité préventive connue contre le cancer. De même, 12 de ses molécules sont antitumorales et les 12 autres ont des effets anti-inflammatoires. Elle contient également au moins 10 constituants moléculaires ayant des propriétés antioxydants. Au total, 326 activités biologiques du curcuma ont été identifiées. Trois des constituants du curcuma qui font l'objet de nombreuses recherches sont des alcaloïdes dorés, les curcuminoïdes, à savoir la curcumine, la bisdéméthoxycurcumine et la déméthoxycurcumine. La figure 9 montre les métabolites naturels de la curcumine. (Shabir et al., 2020)

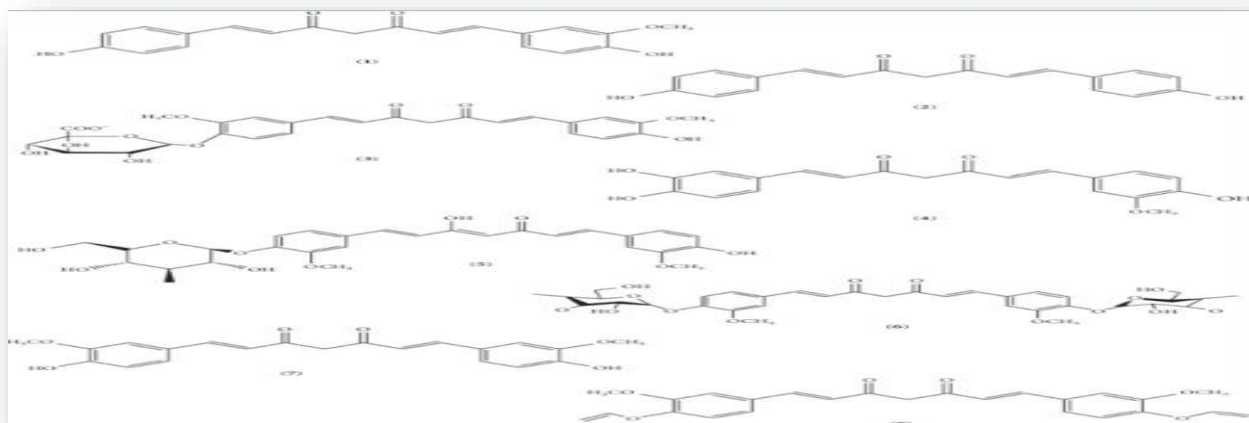


Fig.9. les métabolites naturels de la curcumine(2020)

Structures moléculaires 2D de la curcumine : (1) déméthoxycurcumine, (2) bisdéméthoxycurcumine, (3) glucuronide de curcumine, (4) monodéméthylcurcumine, (5) monoglucoside de curcumine, (6) diglucoside de curcumine, (7) céto-curcumine et (8) allyl-curcumine.

## 5.3. Utilisation du curcuma

### 5.3.1. Alimentation

On utilise le rhizome séché et réduit en poudre comme épice et il entre couramment dans les mélanges d'épices de la cuisine Algérienne surtout notre plats traditionnelles (tajine Lahlou et couscous) et mondiale comme l'Inde, en particulier le curry mais aussi le mukhavas (mélange

indien de graines pris en fin de repas pour favoriser la digestion. De plus, le curcuma est utilisé dans l'industrie alimentaire. ( Ahmad,2020)

➤ Emballage alimentaire

Le curcuma possède des propriétés qui permettent à nos aliments de rester comestibles plus longtemps. Il recouvre les aliments de films conservateurs qui préservent l'intégrité des fibres, des nutriments et des vitamines des aliments. L'enrobage des aliments à base de curcuma et de chitosan est sûr à 100 % et moins cher que les sacs en plastique, et protège les aliments contre les rayons UV et les bactéries nocives. Cela signifie que vos aliments sont plus sûrs et exempts de bactéries nocives. (Ahmad,2020)

➤ Coloration des aliments

Depuis le début, le curcuma est également utilisé pour donner une certaine couleur aux aliments. De nombreuses industries de coloration utilisent le curcuma comme colorant alimentaire (E100). Il donne une couleur jaune vif aux aliments. Cela signifie que le curcuma est utilisé comme colorant jaune naturel. (Ahmad,2020) .

### 5.3.2. En médecine

- Anti-inflammatoire: Il inhibe la réaction d'inflammation naturelle de l'organisme, ce qui contribue à soulager les douleurs, à réduire le stress et à accroître considérablement le bien-être général, ses effets sur les maladies inflammatoires, parmi lesquelles les maladies inflammatoires de l'intestin, l'arthrite, le psoriasis, la dépression, l'athérosclérose et le COVID-19 sont au cœur de la recherche. Les données actuelles suggèrent que la curcumine est efficace pour réduire les niveaux de médiateurs inflammatoires et que les propriétés anti-inflammatoires de la curcumine peuvent avoir un effet bénéfique sur ces maladies. (Peng et al, 2021)
- Équilibre endocrinien : il équilibre le système qui contrôle toutes les hormones de votre corps, régulant ainsi le métabolisme, la croissance et le développement, la santé sexuelle, l'humeur et le sommeil. (Veltri ,2020)
- Infection bactérienne / Plaies : Le curcuma est utile comme antibiotique externe pour prévenir les infections bactériennes dans les plaies. **(Bhowmik et al, 2019)**
- Neuroprotecteur : il améliore les fonctions cérébrales et prévient le déclin cognitif et les maladies neurologiques. **(Bhowmik et al, 2019)**
- Cardioprotecteur : il protège le cœur (et réduit le risque global de crise cardiaque et d'accident vasculaire cérébral), en renforçant les artères et les vaisseaux sanguins et en

augmentant les niveaux des substances chimiques naturelles qui soutiennent le cœur. (Bastianetto, 2022).

- Perspectives anticancéreuses : Le curcuma et ses ingrédients peuvent être considérés comme des substances photochimiques à cibles multiples pour le traitement du cancer. Par exemple, l'apoptose, l'autophagie et l'arrêt du cycle cellulaire peuvent être influencés par leur utilisation. De nombreuses voies de signalisation (p53, Ras, phosphoinositide 3-kinase, AKT, Wnt/ $\beta$ -caténine et cible mammalienne de la rapamycine, par exemple) sont des cibles anticancéreuses de la curcumine. De même, la régulation de l'expression du réseau des microARN est modifiée par le curcuma. Il convient de noter que l'activité des histones désacétylases est inhibée par la curcumine. (Shabir et al, 2020).

Autres troubles de la santé

- Le curcuma diminue la congestion et l'inflammation des muqueuses stagnantes.
- Le curcuma est anti-inflammatoire pour les muqueuses qui recouvrent la gorge, les poumons, l'estomac et les intestins
- L'utilisation régulière du curcuma peut être bénéfique en cas de colite, de maladie de Crohn, La diarrhée et les états post-giardia ou post-salmonelle.
- Les démangeaisons et l'inflammation qui accompagnent les hémorroïdes et les fissures anales peuvent être réduites par l'utilisation du curcuma.
- Le curcuma peut également être bénéfique pour les affections cutanées telles que l'eczéma, le psoriasis et l'acné, pour lesquelles il est un puissant détoxifiant. (Bhowmik et al, 2019)

### 5.3.3. Utilisation en cosmétique

Le curcuma est peut-être le premier cosmétique connu, car il est traditionnellement étalé sur la peau par les femmes. On pense qu'il réduit la croissance des poils du visage, atténue l'acné et améliore le teint. De nombreuses femmes en Inde appliquent encore quotidiennement du curcuma sur leur visage avant de prendre leur bain. La couleur jaune est utilisée dans les produits de soin de la peau. La tétrahydrocurcumine est une forme hydrogénée blanc cassé de la curcumine qui est utilisée par voie topique comme antioxydant cutané. Elle peut prévenir le rancissement des lipides lorsqu'elle est ajoutée à des crèmes hydratantes. Les curcuminoïdes ont un potentiel dans les produits cosméceutiques en tant qu'antioxydants, anti-inflammatoires et agents d'éclaircissement de la peau. In vitro, les curcuminoïdes inhibent la collagénase, l'élastase et la hyaluronidase. Il a été rapporté que le gel de curcumine améliore l'apparence des

affections cutanées photodégradées telles que les changements pigmentaires, les élastoses solaires, la poïkilodermie actinique, les lentigines solaires et la kératose actinique lorsqu'il est appliqué pendant une période prolongée, par exemple six mois. Elle peut favoriser l'apoptose des cellules dont l'ADN est endommagé. Elle est en cours d'évaluation comme agent de coloration capillaire respectueux de l'environnement. Les huiles essentielles peuvent avoir un potentiel dans l'industrie des parfums, des cosmétiques et du savon. (Gopinath et Kaliaperumal, 2019)

## **II Les antioxydants naturels d'origine végétale :**

Les antioxydants sont présents dans certains aliments et peuvent prévenir certains dommages causés par les radicaux libres en le neutralisant. Il s'agit notamment des nutriments antioxydants, des vitamines A, C et E, et des minéraux cuivre, zinc et sélénium. D'autres composés alimentaires, tels que les composés photochimiques présents dans les plantes, sont supposés avoir des effets antioxydants plus importants que les vitamines ou les minéraux. Il s'agit des antioxydants non nutritifs, qui comprennent les substances photochimiques (telles que les lysogènes des tomates et les anthocyanes des canneberges). (Hussain *et al*, 2019)

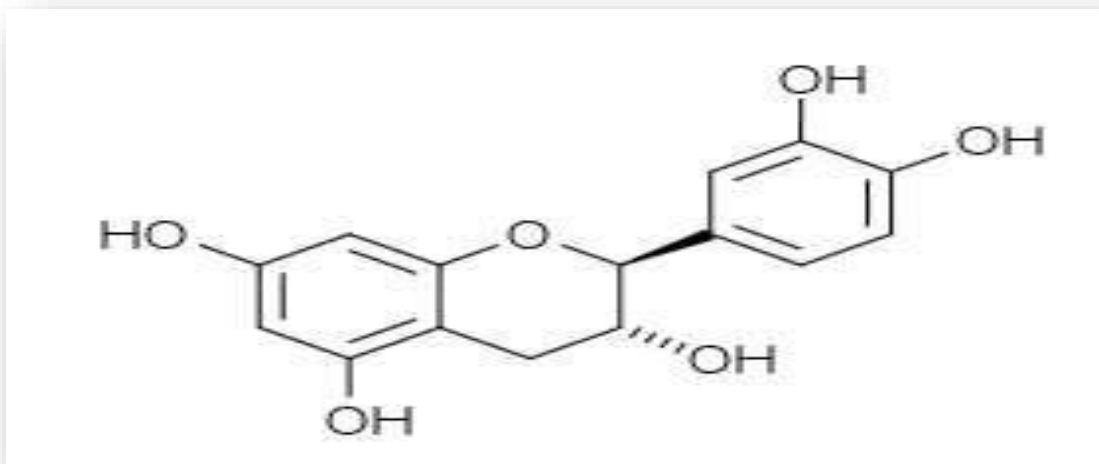
### **1. Les composés polyphénoliques :**

Les polyphénols sont une catégorie de composés naturellement présents dans les aliments d'origine végétale, tels que les fruits, les légumes, les herbes, les épices, le thé, le chocolat noir et le vin. Ils peuvent agir comme des antioxydants, c'est-à-dire qu'ils peuvent neutraliser les radicaux libres nocifs qui, autrement, endommageraient les cellules et augmenteraient le risque de maladies telles que le cancer, le diabète et les maladies cardiaques. On pense également que les polyphénols réduisent l'inflammation, qui est considérée comme la cause première de nombreuses maladies chroniques. Plus de 8 000 types de polyphénols ont été identifiés. Ils peuvent être classés en 4 groupes principaux :

- Les flavonoïdes. Ils représentent environ 60 % de tous les polyphénols. Les exemples incluent la quercétine, les catéchines et les anthocyanes, que l'on trouve dans des aliments tels que les pommes, les oignons, le chocolat noir et le chou rouge.
- Acides phénoliques. Ce groupe représente environ 30 % de tous les polyphénols. Les stilbènes et les lignines, que l'on trouve principalement dans les fruits, les légumes, les céréales complètes et les graines, en sont des exemples.



- Amides polyphénoliques. Cette catégorie comprend les capsaïcinoïdes des piments et les avenanthramides de l'avoine.
- Autres polyphénols. Ce groupe comprend le resvératrol du vin rouge, l'acide ellagique des baies, la curcumine du curcuma et les lignines des graines de lin, des graines de sésame et des céréales complètes.



**Fig.10. Structure de base des polyphénols**

### **1.1. Mécanismes et pouvoir antioxydant des polyphénols**

La production excessive de ROS peut provoquer des lésions tissulaires susceptibles d'entraîner un processus inflammatoire. L'activité antioxydante des polyphénols dépend de la structure de leurs groupes fonctionnels. Le nombre de groupes hydroxyles influence considérablement plusieurs mécanismes de l'activité antioxydante, tels que le piégeage des radicaux et la capacité de chélation des ions métalliques. Les activités antioxydantes des polyphénols sont liées à leur capacité à piéger un large éventail de ROS. En effet, les mécanismes impliqués dans la capacité antioxydante des polyphénols comprennent la suppression de la formation des ROS par l'inhibition des enzymes impliquées dans leur production, le piégeage des ROS, ou l'augmentation ou la protection des défenses antioxydantes. (Snezhkina et al, 2019)

### **1.2. Les méthodes d'évaluation du pouvoir antioxydant**

Il existe différentes méthodes pour mesurer le pouvoir antioxydant d'un aliment ou d'un fluide biologique :

- Le test DPPH 20°
- Le test FRAP 37°

**Tableau5. Propriétés biologiques des polyphénols et effets sur la santé  
(Snezhkina et al, 2019).**

<b>Polyphénols</b>	<b>Activitésbiologique</b>	<b>Auteur</b>
<i>Acidesphénols</i>	Antibactériennes,antiulcéreuses,antiparasitaires, antifongique,antioxydantes	<b>(Gurbuzet al.,2009)</b>
<i>Coumarines</i>	Protectrices vasculaires, anti-inflammatoires, antioxydantes, antiparasitaires, analgésiques et anti-œdémateuses	<b>(SmythTet al.,2009)</b>
<i>Flavonoïdes</i>	Antitumorales,antiparasitaires, vasodilatatrices,antibactériennes,anticarcinogène, anti-inflammatoires,analgésiques,hypotenseurs, antivirales,diurétique,ostéogène,antioxydantes, antiathérogènes,antithrombotiques,antiallergique.	<b>(Tripolietal.,2007)</b>
<i>Anthocyanes</i>	Protectricescapillaro-veineux,antioxydant	<b>(Bruneton,1993)</b>
<i>Proanthocyanidines</i>	Effetsstabilisantsurlecollagène,antioxydantes, antitumorales, antifongiques,anti-inflammatoires	<b>(Masquelieretal.,1979)</b>
<i>Tanninsgalliques etcatéchiques</i>	Antioxydantes	<b>(Kubataet al.,2005)</b>
<i>Saponines</i>	Antioxydantes,anti-inflammatoires,analgésiques	<b>(Kimetal.,2009)</b>

## 2. Flavonoïde :

Flavonoïde, également appelé flavone, toute classe de pigments biologiques non azotés largement représentés dans les plantes. Les flavonoïdes sont des molécules polyphénoliques contenant 15 atomes de carbone et solubles dans l'eau (ayant un groupe -OH attaché à un anneau aromatique) et se trouvent dans les vacuoles des cellules végétales. Ils sont constitués de deux anneaux benzéniques reliés par une courte chaîne de trois carbones. L'un des carbones de cette chaîne est relié à un carbone de l'un des anneaux benzéniques, soit par un pont d'oxygène, soit directement, ce qui donne un troisième anneau central. **(Petruzzello, 2023)** Les flavonoïdes peuvent être divisés en six sous-types principaux, qui comprennent les chalcones, les flavones, les isoflavonoïdes, les flavanones, les anthoxanthines et les anthocyanes. Nombre de ces molécules, en particulier les anthoxanthines, sont à l'origine de la couleur jaune de certains pétales, tandis que les anthocyanes sont souvent responsables de la couleur rouge des bourgeons et de la couleur pourpre-rouge des feuilles d'automne. Plus de 3 000 flavonoïdes différents ont été décrits. Les flavonoïdes et les flavonols sont des pigments typiquement jaunes ou ivoire. **(Robertson, 2023)**

De nombreux effets biologiques des flavonoïdes semblent liés à leur capacité à moduler un certain nombre de cascades de signalisation cellulaire. Il a été démontré que les flavonoïdes présentent des activités anti-inflammatoires, antithrombogéniques, antidiabétiques, anticancéreuses et neuroprotectrices par le biais de différents mécanismes d'action in vitro et dans des modèles animaux. **(Jones, 2017)**

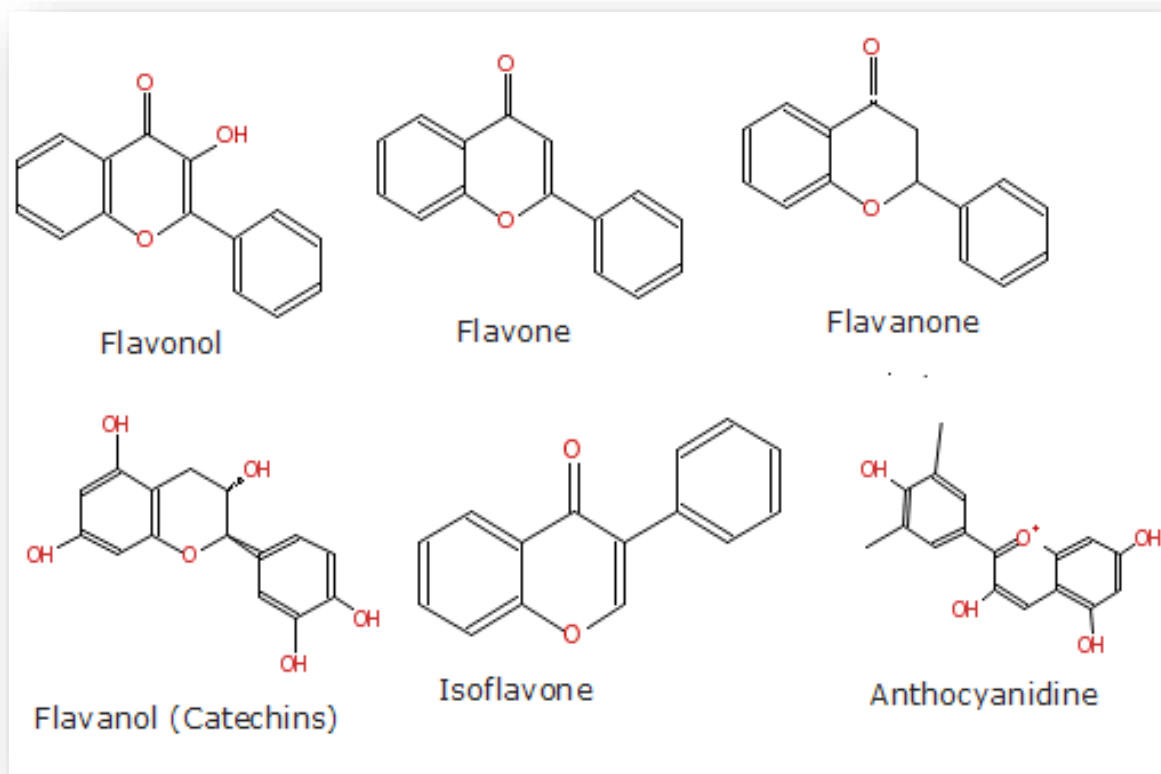


Fig.11. Classement des flavonoïdes (Chang-Qing Zhu et al. 2023)

### Effets biologiques des Flavonoïdes

Le processus d'oxydation dans le corps humain endommage les membranes cellulaires et d'autres structures, notamment les protéines cellulaires, les lipides et l'ADN. Lorsque l'oxygène est métabolisé, il crée des molécules instables appelées "radicaux libres", qui volent des électrons à d'autres molécules, causant des dommages à l'ADN et à d'autres cellules. L'organisme peut faire face à certains radicaux libres et en a besoin pour fonctionner efficacement. Toutefois, les dommages causés par une surcharge de radicaux libres au fil du temps peuvent devenir irréversibles et entraîner certaines maladies (notamment les maladies cardiaques et hépatiques) et certains cancers (tels que les cancers de la bouche, de l'œsophage, de l'estomac et de l'intestin). L'oxydation peut être accélérée par le stress, la cigarette, l'alcool, le soleil, la pollution et d'autres facteurs. (Betterhealth ,2022)

**MATERIELS**

**&**

**METHODES**

## **I .1.Matériel végétal**

Le curcuma (*Curcuma Longa*) a été acheté dans un marché local de MOSTAGANEM (Algérie) au mois de mars 2023. La plante a été ensuite identifiée au niveau du laboratoire des Microorganismes Bénéfiques, des Aliments Fonctionnels et de la Santé (LMBAFS)



**Fig.12.Echantillon de rhizome de curcuma**

Le rhizome de curcuma séché était finement broyé jusqu'à l'obtention d'une poudre fine de diamètre. Les broyats obtenus sont utilisés pour les différents dosages test réalisés dans ce travail.



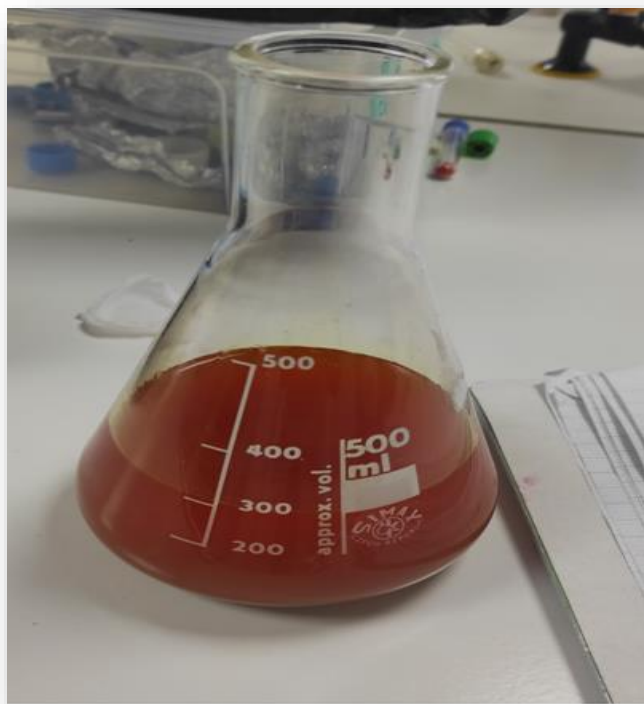
**Fig. 13. Les étapes de préparation de la matière Végétale**

## 2. Objectifs de l'expérimentation

- ✓ L'objectif général de ce travail est de déterminer le contenu en Polyphénols totaux et en flavonoïdes totaux dans le rhizome du curcuma.
- ✓ Ensuite mesurer le pouvoir antioxydant des composés phénoliques contenu dans l'extrait de rhizome du curcuma étudié.

## 3. Préparation de l'extrait eau-méthanol et le rhizome du curcuma

Après broyage de rhizome curcuma, 30 g du matériel végétale et soumis a une agitation pendant 30 minutes à température ambiante, dans 300 ml du mélange eau-méthanol (187,5-112,5 ml) pendant 1 heure. L'extrait ensuite filtrés sur papier Whatman N°05, puis concentrés au Rotavapeur. La solution récupérée est séchée dans l'étuve à 37°C pendant 72h, c'est l'extrait brut eau-méthanol pour rhizome de curcuma. **(Karumiet al. 2004)**



**Fig. 14. L'extrait Eau –Méthanol de rhizome de curcuma.**



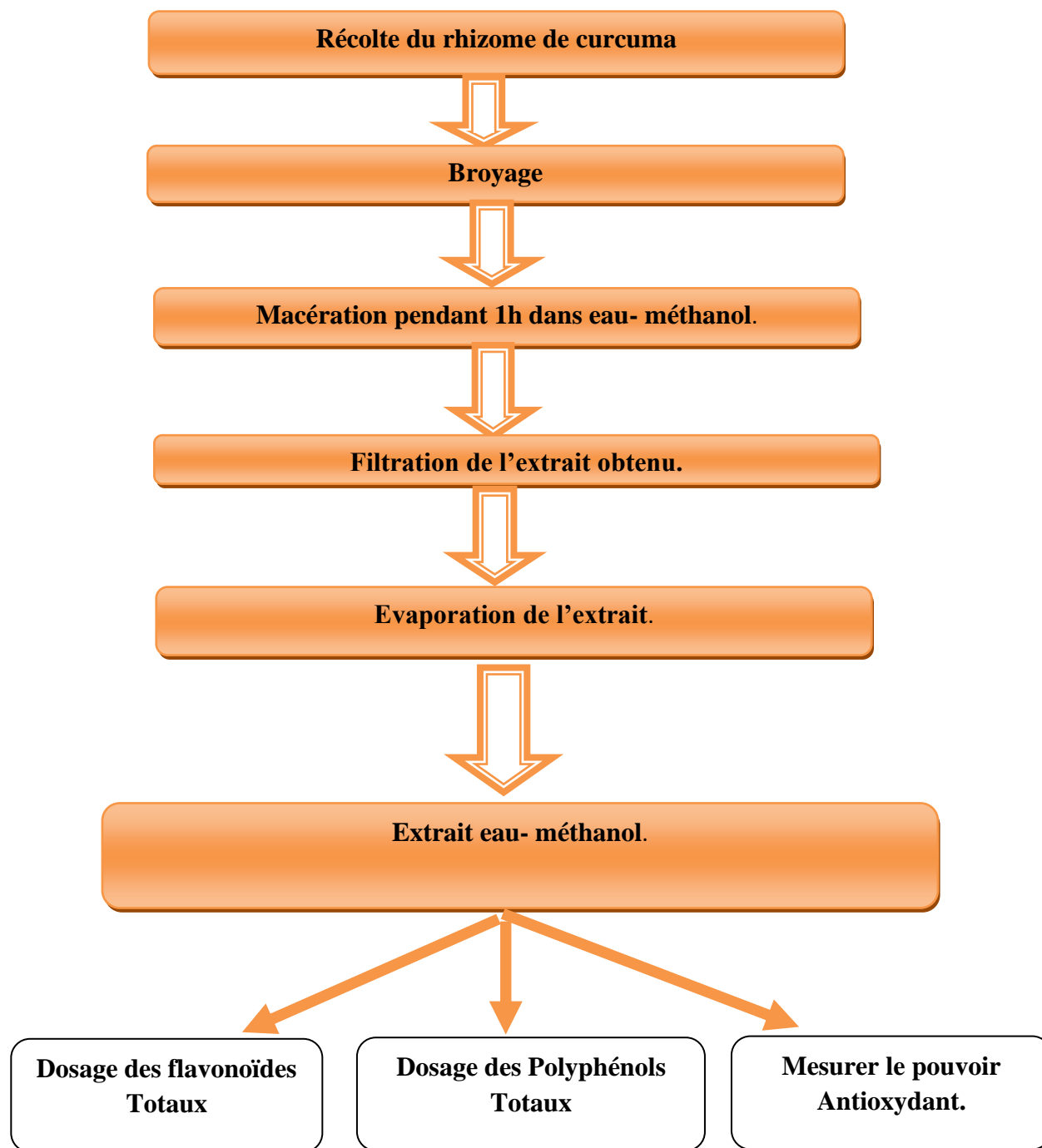
**Fig. 15. Le matériel utilisé pour préparer l'extrait Brute Eau-Méthanol pour rhizome de curcuma**



**Fig.16. Les étapes de préparation d'extrait Brute Eau-Méthanol pour rhizome de curcuma**



Les étapes de l'expérimentation sont présentées dans la figure 17 :



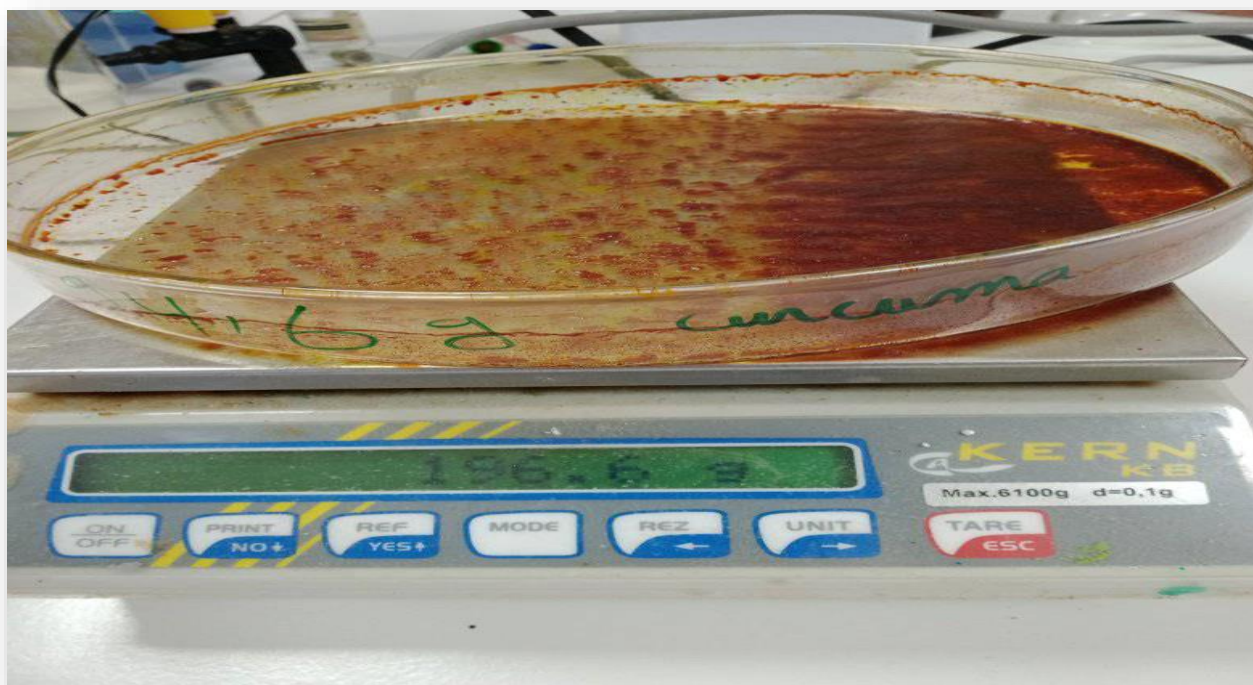


Fig.18.L'extrait Brute Eau-Méthanol pour rhizome de curcuma

### 3.1. Le Rendement Obtenue

Le rendement de l'extraction est déterminé par le rapport entre la masse des Polyphénols extraits et la masse de la matière première végétale traité. Le rendement exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$\text{Rdt (\%)} = \frac{\text{P1} - \text{P2}}{\text{P3}} \times 100$$

**P1** : Poids du ballon après évaporation.

**P2** : Poids du ballon avant évaporation.

**P3** : Poids de la matière végétale de départ.

### 4. Dosage des Polyphénols Totaux

Ce dosage repose sur la méthode colorimétrique utilisant le réactif de Folin Ciocalteu. Ce dernier est constitué d'un mélange d'acide Phosphotungstique ( $\text{H}_3 \text{PW}_{12} \text{O}_4$ ) et d'acide Phosphomolybdique ( $\text{H}_3 \text{PMO}_{12} \text{O}_{40}$ ). L'oxydation des phénols réduit ce réactif en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. L'intensité de la couleur est proportionnelle au

taux de composés phénoliques oxydés dont l'absorbance est comprise entre 725 et 760 nm (Lit et al, 2007).

### ➤ Méthode

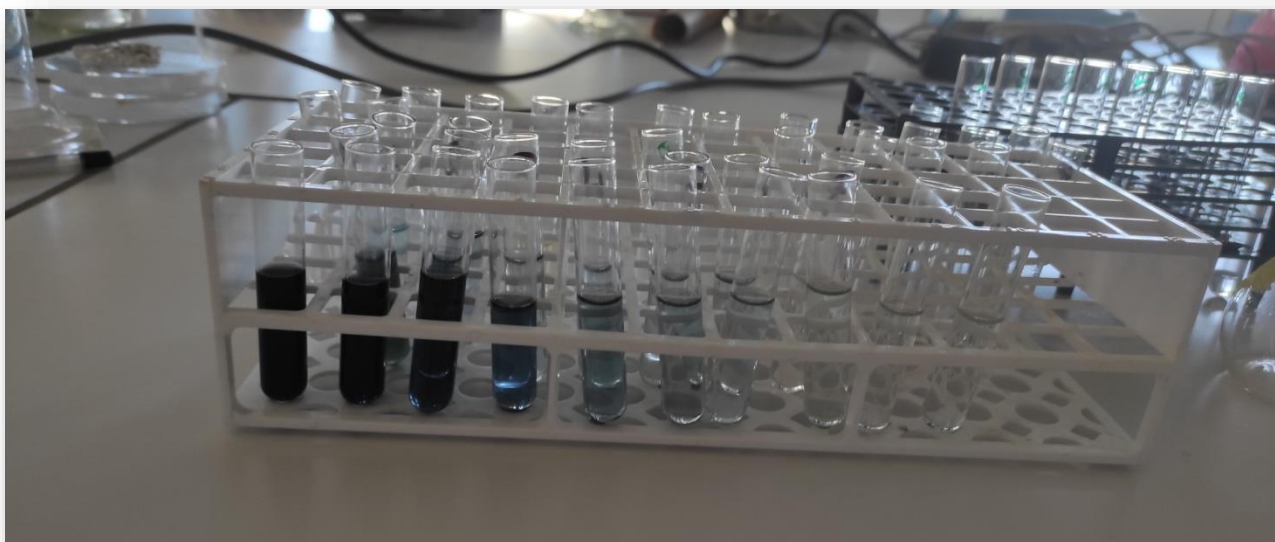
Un Volume de 0.2 ml d'extrait a été mélangé avec 1.5 ml de FolinCiocalteu (10%). Après 5 minutes, on rajoute 1.5 ml d'une solution de Carbonate de sodium (6%). Le mélange est soumis une agitation puis incubé a température ambiante a l'obscurité pendant 2h et l'absorbance est lue a 765 nm sur un Spectrophotomètre. L'acide gallique est utilisé comme standard de référence. Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalents d'acide gallique par mg d'extrait sec ( $\mu\text{g EA/mg d'extrait}$ ).

$$\text{Polyphénols} = \frac{a \cdot f}{C}$$

**a** : Concentration de Polyphénols ( $\mu\text{g Eq acide gallique/mg d'extrait}$ ) déterminée à partir de courbe étalon.

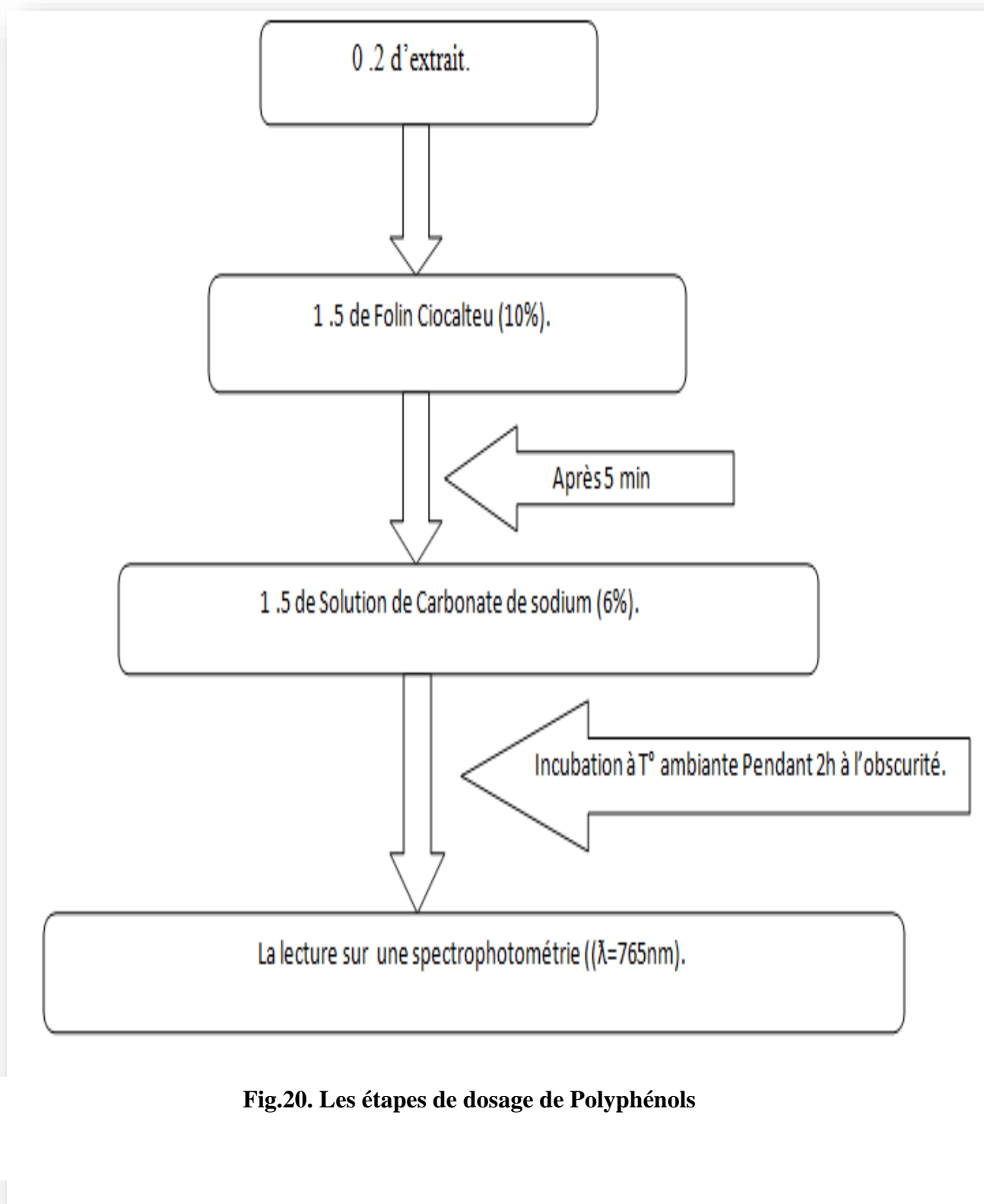
**f** : Facteur de dilution ( $\times 22$ ).

**C** : Concentration de l'extrait.



**Fig.19.** Les tubes de dosage de Polyphénols

Les étapes de dosage de Polyphénols totaux sont présentées dans la figure 20 :



**Fig.20. Les étapes de dosage de Polyphénols**

## II Mesure du pouvoir antioxydant

De nombreuses méthodes sont utilisées pour l'évaluation de l'activité antioxydante, in vitro et in vivo des composés Phénoliques purs ou d'extrait. Dans notre étude nous avons utilisé des tests chimiques qui mesurent la réduction du radical stable le DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) (Bourkhisset *al.*, 2010)

### 1. Évaluation de l'activité Antiradicalaire du radical libre DPPH

La méthode du DPPH utilise un radical relativement stable, dont les antioxydants réduisent ce radical ayant une couleur violette en un composé jaune, le diphénylpicryl hydrazine (Figure 21). Les absorbances mesurées à 517 nm servent à calculer le pourcentage d'inhibition du DPPH ; dont la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants donneur de proton présents dans l'échantillon (Parejoet *al.* 2003)

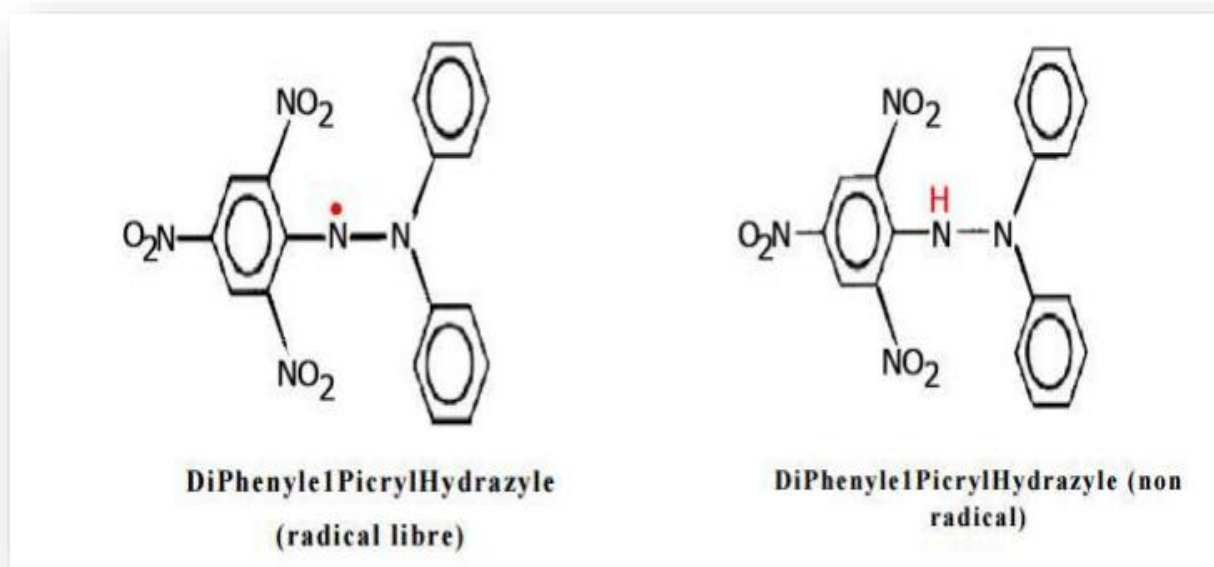
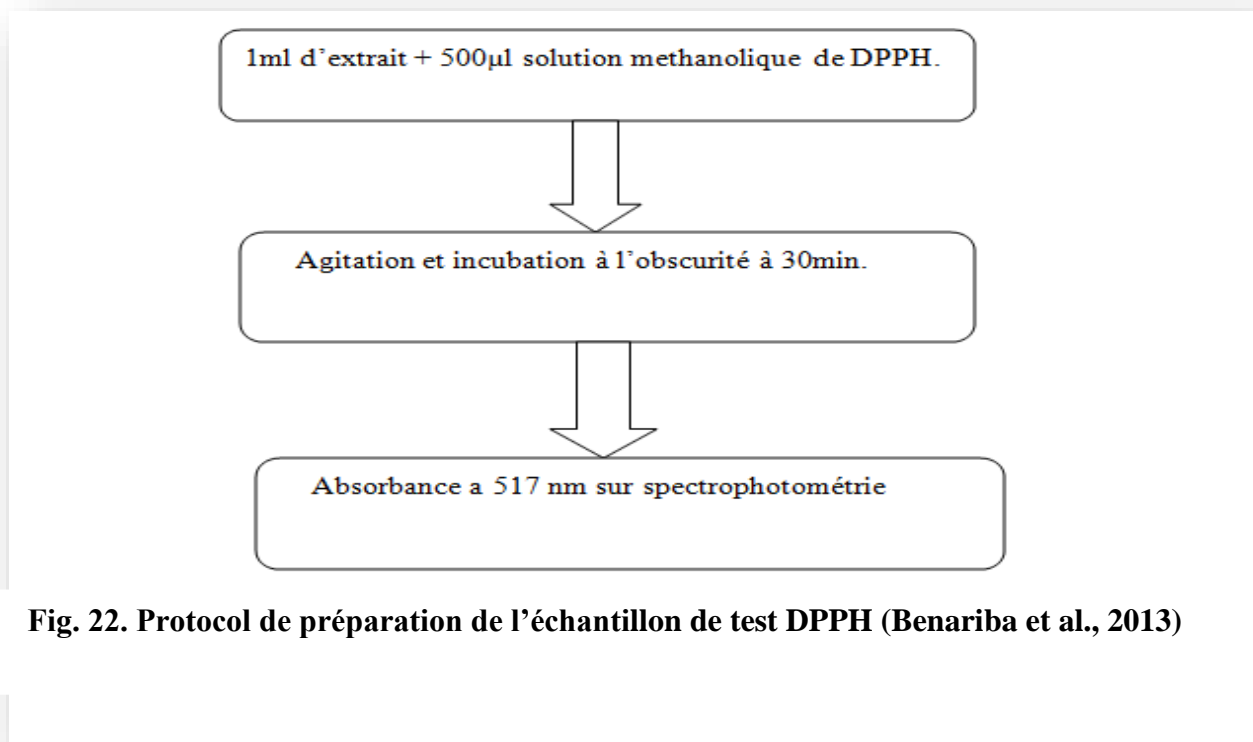


Fig.21. Structure Chimique de radical libre et non radical (Molyneux, 2004).

## 2. Mode Opérateur

L'effet de l'extrait sur la réduction du DPPH a été réalisé selon le Protocole suivant (Benariba et al. 2013)

- 3.15 mg de DPPH est dissoute dans 50ml du méthanol pur pour obtenir une solution de DPPH.
- Un Volume de 1ml de notre extrait est dissout dans 500µl de solution methanolique de DPPH (0.16mmol/ml), fraîchement préparée.
- En ce qui concerne le contrôle négatif, ce dernier est préparé en parallèle en mélangeant 0.1ml du méthanol avec 1ml d'une solution methnolique de DPPH à la même concentration utilisée.
- Le mélange obtenu est ensuite agité, puis gardé à l'abri de lumière à température ambiante pendant 30min.
- Ensuite La lecture ce fait a l'aide d'un Spectrophotométrie de la densité optique à 517nm (Figure 22).



**Fig. 22. Protocole de préparation de l'échantillon de test DPPH (Benariba et al., 2013)**

### 3. Pourcentage D'inhibition du radical DPPH

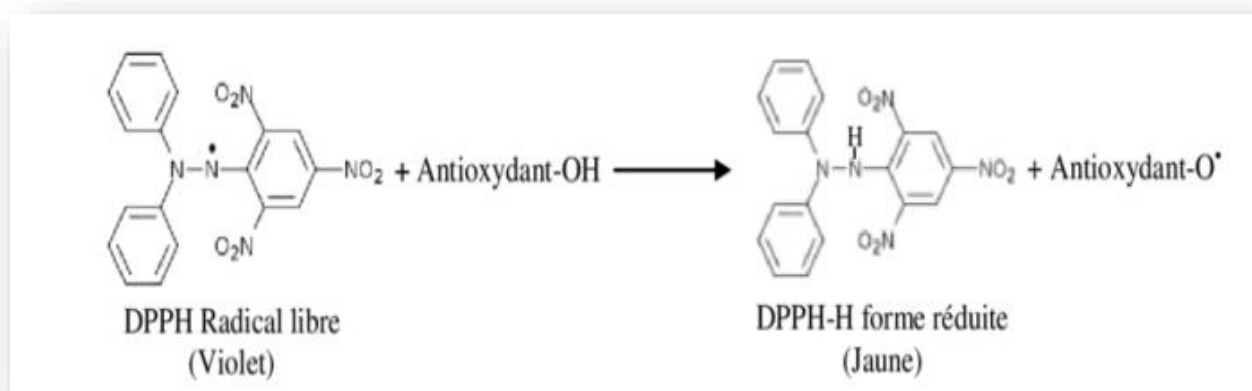
$$I\% = ((Ac - At) / Ac) * 100$$

Ac : absorbance du contrôle négatif.

At : absorbance de l'extrait.

L'acide ascorbique à été utilisé comme contrôle positif à différentes concentrations.

Le mécanisme réactionnel du test DPPH est présenté dans la Figure suivante :



**Fig.23. Mécanisme réactionnel du test DPPH (Molyneux, 2004)**

La valeur IC<sub>50</sub> est la concentration d'extrait qui assure la réduction de 50% du DPPH, déterminée graphiquement par la régression linéaire, pour chaque extrait à partir de la courbe du pourcentage de réduction en fonction de la concentration (**Samarth et al. 2008**)

### 4. Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique

La courbe d'étalonnage est effectuée par l'acide ascorbique à différentes concentrations de 0.1 au 10 µg/l, dans les mêmes conditions et les mêmes étapes du dosage. Les résultats sont ainsi exprimés en milligramme d'équivalents d'acide ascorbique par gramme de matière végétale fraîche.

### III Analyse statistique

Les résultats sont exprimés sous forme de  $M \pm ES$  de 3 essais par échantillon. Après analyse de variance, la comparaison des moyennes entre les différents échantillons est effectuée en utilisant le test 't' de Student (test 't' est significatif à **P<0,05**).



**RESULTATS**

**ET**

**DISCUSSION**

## 1. Rendement d'extraction de rhizome de curcuma

Le rendement de l'extraction se calcule par le rapport entre la masse de Polyphénols extraits et la masse de la matière première végétale traitée. Après extraction et récupération d'extrait, leur rendement a été déterminé par rapport à 100 g de matière végétale exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

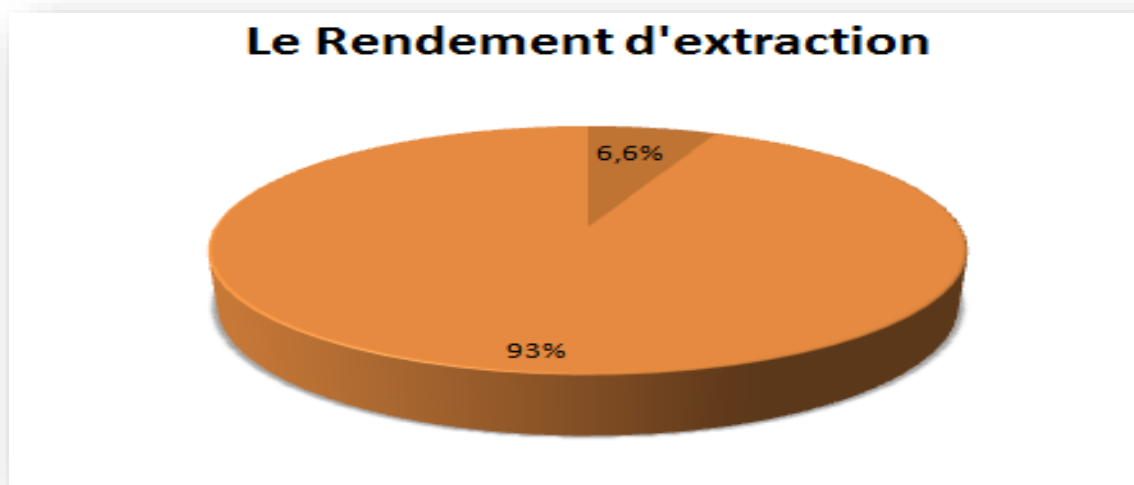
$$\text{Rdt (\%)} = \frac{\text{P1} - \text{P2}}{\text{P3}} \times 100$$

**P1** : poids du ballon après évaporation.

**P2** : poids du ballon avant évaporation.

**P3** : poids de la matière végétale de départ.

Donc : **P1** :194.5g      **P2** :196.5g      **P3** :30g



**Fig.24.** Rendement d'extraction de rhizome de curcuma.

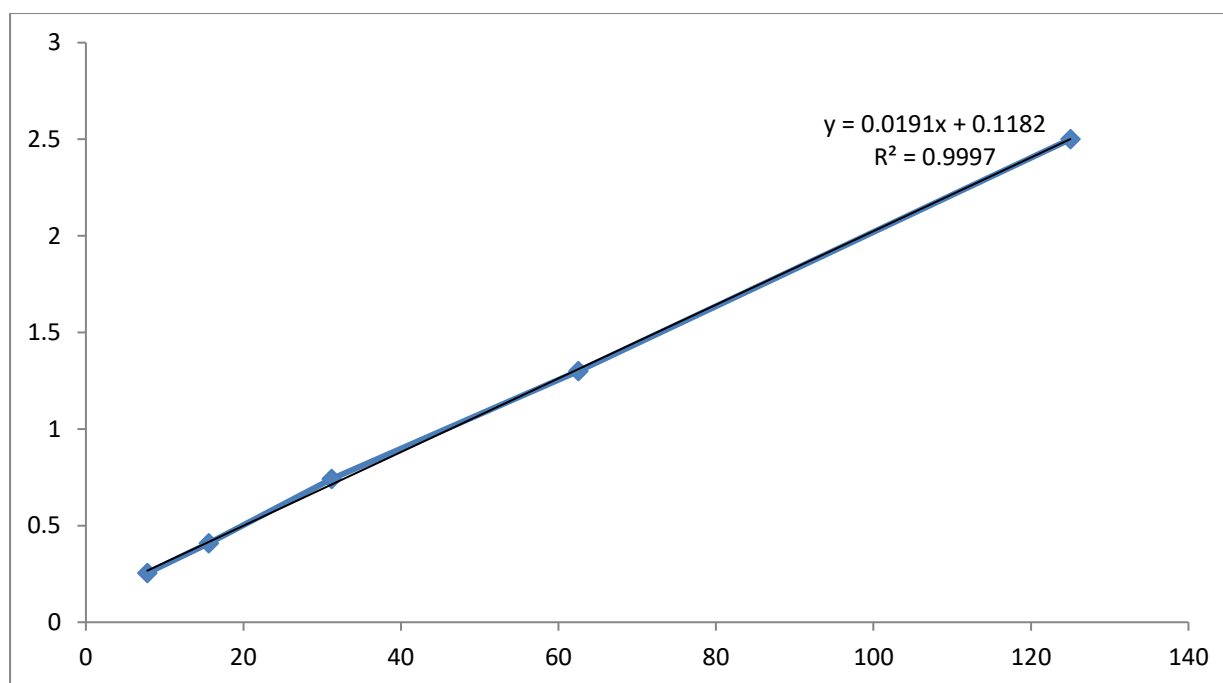
Nos résultats sont toujours supérieurs à ceux obtenus par **Panpatilet al. (2013)**, Qui a extrait 8% par un solvant mixte 250ml d'eau plus 250 ml d'éthanol. L'étude de **Kim et al. (2011)** Concernant le curcuma cultivé en Corée, les résultats Légèrement plus grands (12,34%) par rapport à nos résultats. Cette différence s'explique d'une part la méthode de filtrage utilisée, En revanche, certains paramètres influent sur le taux d'extraction, à savoir : La taille des particules

(la finesse de la poudre détermine la qualité de l'extraction), le rapport d'extraction / Solvants, durées conditions de conservation des repas végétaux (Teliet *al.*, 2010)

## 2. Dosage des Composés Phénolique

### 2.1. Taux de Polyphénols totaux dans l'extrait de rhizome de curcuma.

La teneur en Polyphénols totaux dans l'extrait eau-méthanol est déterminée à partir des équations de la régression linéaire de courbe d'étalonnage exprimées en  $\mu\text{g}$ . Eq acide gallique par mg d'extrait.



**Fig.25.**Courbe étalon de l'acide gallique.

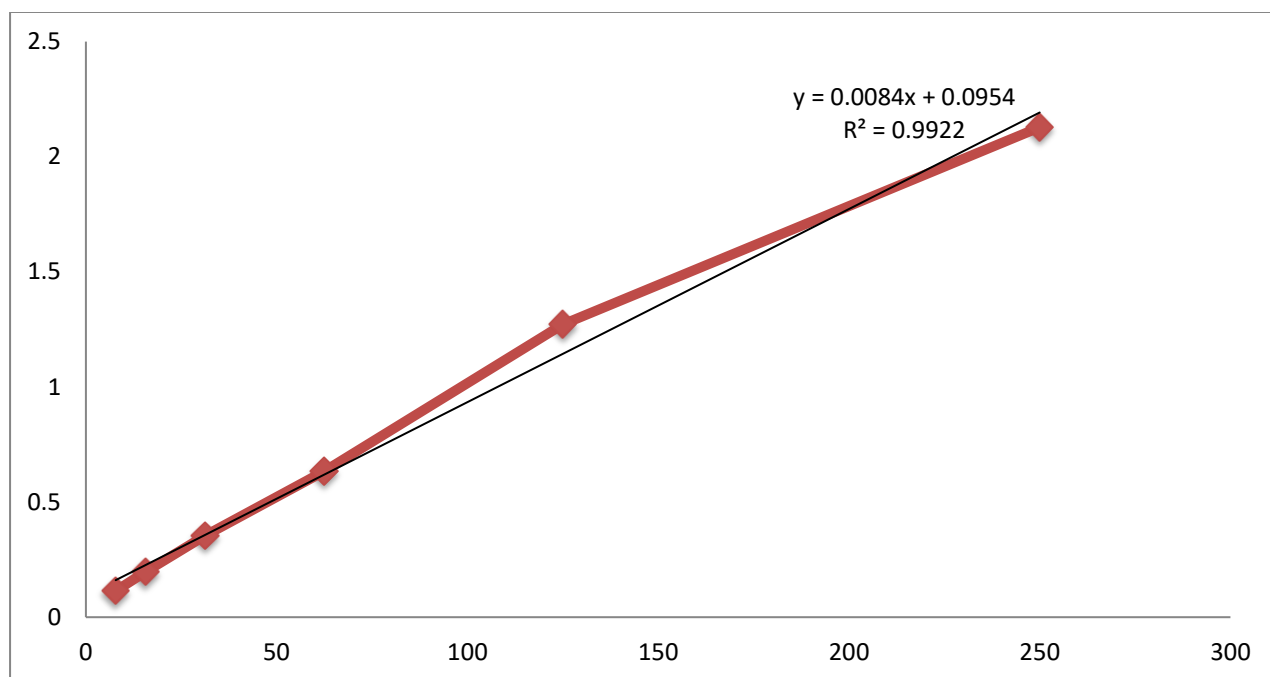
Le dosage des polyphénols a été réalisé en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu à 2%. Malgré la sensibilité et la simplicité de cette méthode qui est largement utilisée, elle n'est pas spécifique des Polyphénols. En effet, le réactif peut réagir avec des protéines, des sucres, l'acide ascorbique et des composés soufrés, ce qui peut influencer les résultats obtenus (Singleton & Rossi, 1965). En ce qui concerne notre étude, l'analyse des composés phénoliques montre que la teneur en Polyphénols enregistrée dans cette étude est de **20,554 $\mu\text{g}$ . EA** par mg d'extrait.

L'étude de Trinidad *et al.* (2012), ont également obtenu une teneur inférieurs à nos résultats de (1,74 mg EAG/g) du rhizome de curcuma long L. Par conséquent, en général, ces

différences de concentration peuvent être expliquées par : certains facteurs peuvent affecter la teneur totale en composés phénoliques, tels que l'environnement, la période de récolte, le climat, les conditions de stockage et la méthode d'extraction à utiliser (Levizuet *al.*, 2004).

## 2.2. Taux de Flavonoïde totaux dans l'extrait de rhizome de curcuma

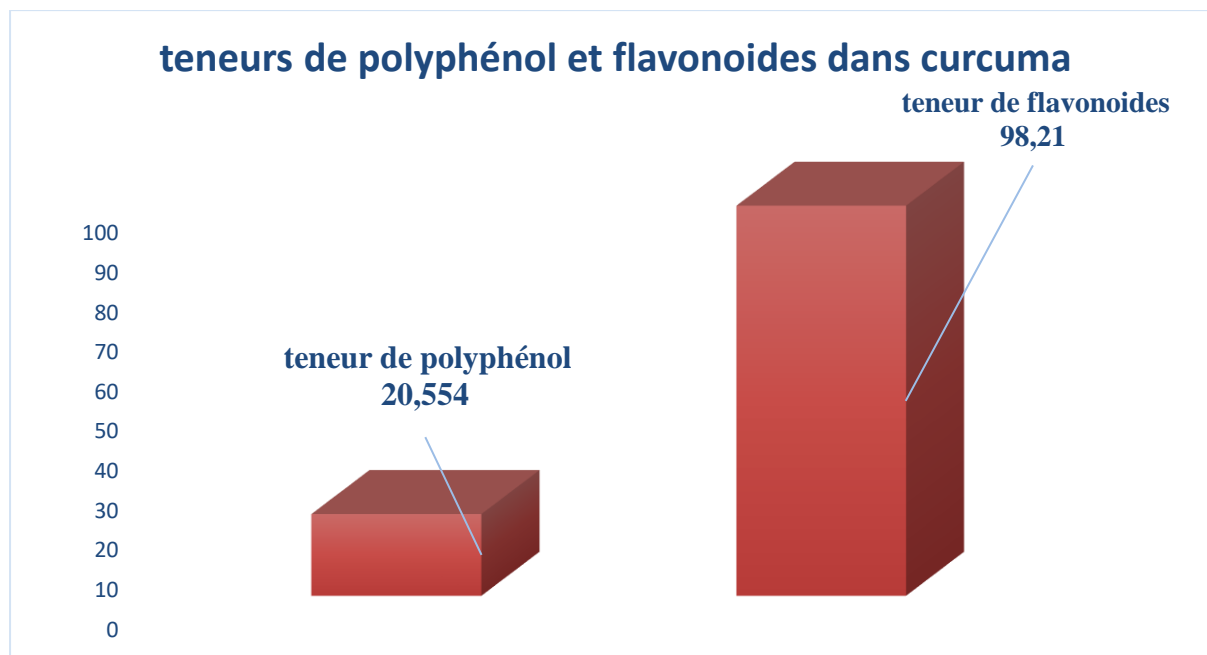
Équations de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage exprimées en µg. Eq Quercétine par mg d'extrait de rhizome de curcuma.



**Fig.26.** Courbe étalon de Quercétine.

La teneur en flavonoïde est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage à la Quercétine. La teneur en flavonoïdes enregistrée dans cette étude est de **98.21 µg EQ/mg** extrait, ce résultat est en accord avec d'autres travaux où ils ont trouvé qu'il existe seulement peu de données concernant le contenu en flavonoïdes dans le rhizome de curcuma. (Rajeshwari & Saxena ;2013). Cette valeur est supérieure aux résultats obtenus par BENAÏSSA & TABET (2020), qui ont estimé un taux de 60.95 mg EQ/g. Les facteurs extrinsèques (température, climat...) (Ksouriet *al.*, 2008), génétiques (la variété et l'origine d'espèces) (Ebrahimzadeh *al.*, 2008), affectent les teneurs en composés phénoliques qui varient de façon considérable d'une espèce à une autre et à l'intérieur de la même espèce. Ce résultat est en accord avec la teneur en flavonoïdes enregistrée du curcuma de Malaisie (*Curcuma longa*), qui contient 94 µg EQ/mg (Tanviret *al.* ; (2017)). Les flavonoïdes sont les

pigments végétaux responsables de la couleur des plantes et exercent leurs activités de promotion de la santé grâce à leur potentiel pharmacologique élevé en tant que piègeurs de radicaux.



**Fig.27.** Teneurs en Phénols totaux, et en flavonoïdes de l'extrait brut de rhizome de curcuma.

D'après ces résultats nous constatons que RHIZOME DE CURCUMA est riche en flavonoïdes totaux (98.21 $\mu$ g EA/mg extrait) par rapport les Phénols totaux. Il est difficile de comparer ces résultats avec ceux de la bibliographie car l'utilisation de différentes méthodes d'extraction, réduit les possibilités de comparaison entre les études (**Trabelsi et al., 2010**)

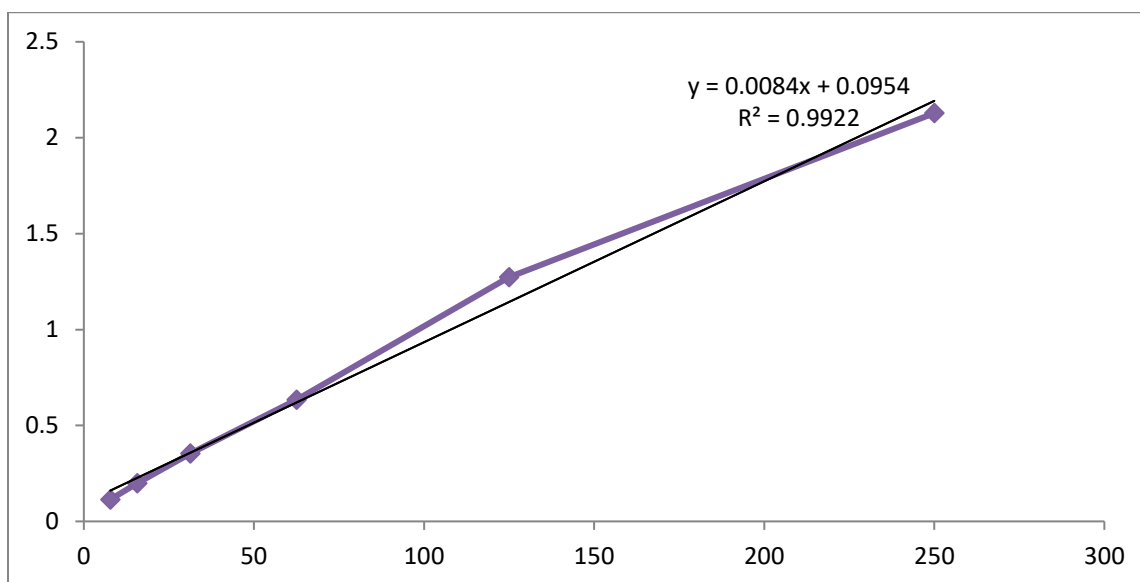
De ce fait le méthanol reste le meilleur solvant pour extraire ces composés, cette affinité est appuyée par plusieurs travaux (**Abdilleet et al., 2005**)

### 3. Evaluation du pouvoir antioxydant

L'activité antioxydante de l'extrait rhizome de curcuma est évaluée par le test de réduction du radical libre DPPH.

#### 3.1. Test de réduction du radical libre le DPPH

L'activité antioxydante est évaluée en utilisant la méthode du test DPPH. Le composé chimique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle est un radical de couleur violacée qui absorbe dans l'UV- visible à la longueur d'onde de 517nm, suivie par spectrophotométrie. Il fut l'un des premiers radicaux libres utilisés pour étudier l'activité antioxydante des composés phénoliques. Dans ce test, le substrat est un radical libre qui, en réagissant avec une molécule antioxydante, se transforme en DPPH-H (2,2-diphényl-1-picrylhydrazine) avec perte de son absorbance caractéristique à 517 nm. Les réactions ont lieu à température ambiante et en milieu méthanolique, qui permet une bonne solubilisation de la plupart des antioxydants. Ce test est très utilisé, car il est rapide et facile, Malgré qu'elle soit couteuse. L'étude quantitative d'acide ascorbique de rhizome de curcuma, est réalisée par des dosages spectrophotométrique. La teneur en vitamine C est exprimé en microgramme d'équivalent l'acide ascorbique par gramme d'extrait (figure22).



**Fig.28.** Courbe étalon d'acide ascorbique.

### 3.2. Calcul des pourcentages d'inhibitions I%

Les résultats du pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par l'extrait méthanolique de rhizome de curcuma sont illustrés dans le Tableau 06 et la Figure 29. Ces résultats sont comparés aux pourcentages d'inhibition par un puissant antioxydant (acide ascorbique) utilisé dans cette étude comme témoin positif (Figure 29).

## Résultats et discussion

---

D'après le Tableau 6 et la Figure 29, le pourcentage d'inhibition de l'extrait varie entre 7,01% et 86,97%. Le pourcentage d'inhibition le plus élevé (86,97%) est enregistré avec la concentration de l'extrait méthanolique(1000µg /ml). Comparativement à la littérature, les travaux de **Tanviret al (2017)**, a obtenu moins pourcentage d'inhibition (17%) avec la concentration (1000µg/ml).

Nous calculons les pourcentages d'inhibition par la formule suivante :

$$I\% = ((Ac - At) / Ac) * 100$$

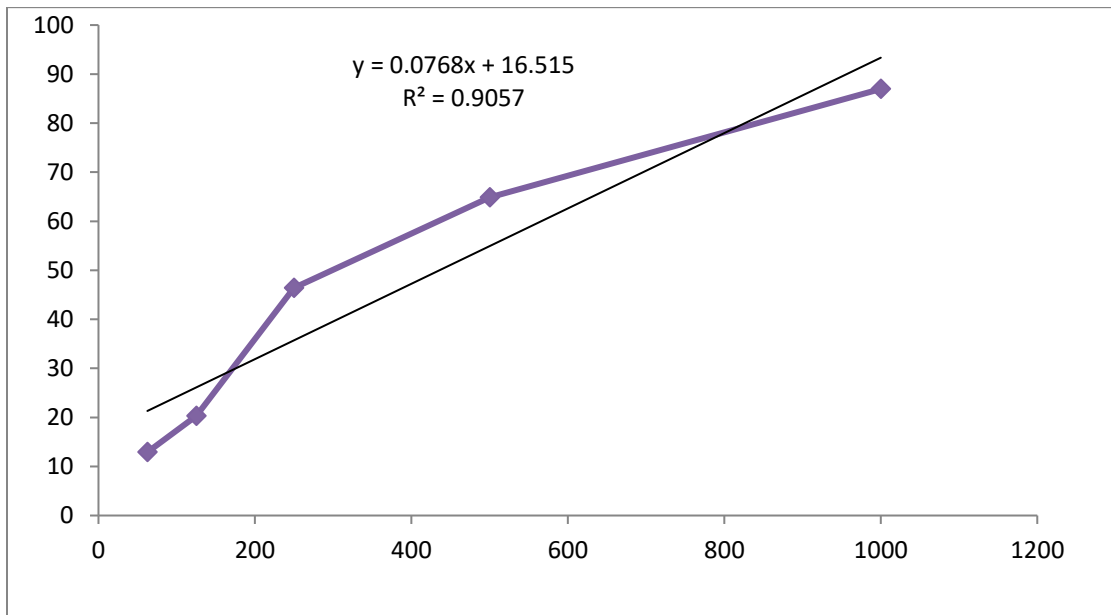
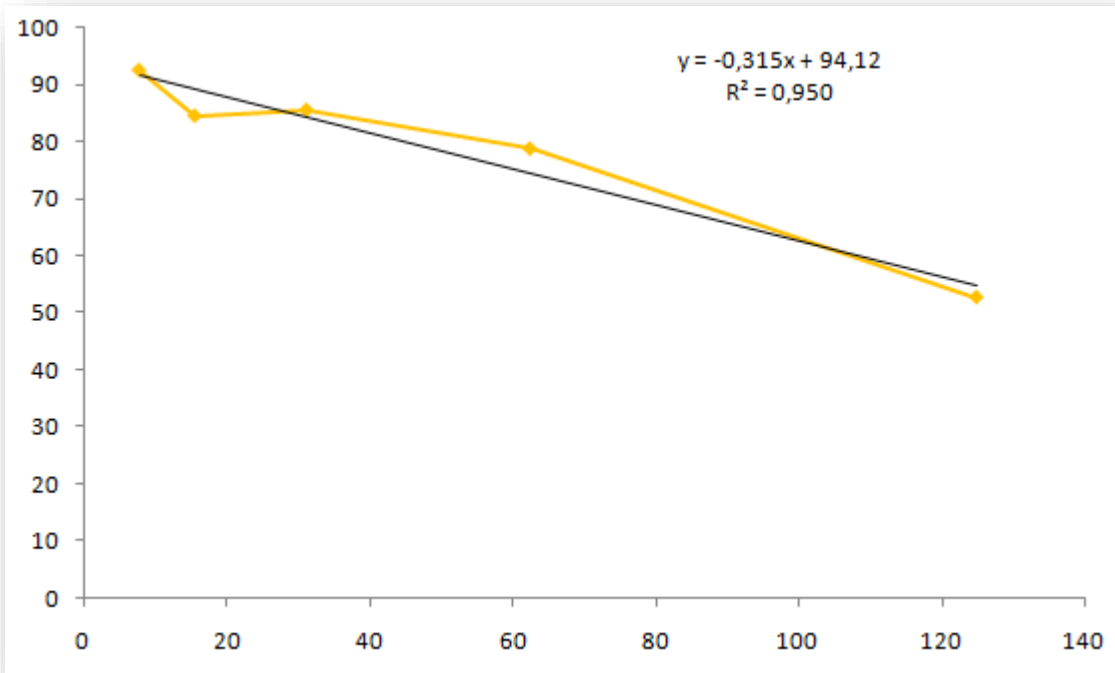
**Ac** : Absorbance du contrôle négatif.

**At** : Absorbance de l'extrait

Les résultats sont représentés sur la Figure 29 et le Tableau .6

Concentrations testées (µg/ml)	1000	500	250	125	62,5	31,25	15,6	7,8
Pourcentage d'inhibition de l'acide ascorbique (%)	96,61	63,82	61,49	79,69	30,92	12,71	-14,11	<b>-10,15</b>
Pourcentage d'inhibition de l'extrait methanolique DPPH(%)	86,97	64,86	20,32	12,91	14,44	5,79	9,46	<b>7,01</b>

---



**Fig. 29.** Effet antiradicalaire des extraits méthanolique rhizome de curcuma sur la réduction du DPPH effet de l'acide ascorbique.

L'IC<sub>50</sub> est inversement lié à la capacité antioxydante d'un composé, car il exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50%. Plus la valeur d'IC<sub>50</sub> est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est élevée. La concentration de l'échantillon nécessaire pour inhiber 50% du DPPH radicalaire, est calculée par régression



linéaire des pourcentages d'inhibition calculés en fonction de différentes concentrations d'extrait préparé.

La concentration de l'acide ascorbique qui inhibe 50% du DPPH (IC<sub>50</sub>) est évaluée graphiquement. L'acide ascorbique présente donc un faible (IC<sub>50</sub>), ce qui est en accord avec le pouvoir antiradicalaire élevé obtenu. L'IC<sub>50</sub> est déterminée à partir d'une courbe de pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH enregistrée dans cette étude est 440,657 µg /ml, cette valeur est plus à celle de l'acide ascorbique (140,063µg/ml).

Les résultats des études de **Ghasemzadeh *et al.*, (2012)** , de la même espèce de curcuma qui sont supérieur par rapport a notre études IC<sub>50</sub>= 600.7 µg/ml tandis que les valeurs CI<sub>50</sub>de **Panpatil *et al.* (2013)**, étaient inférieure 183 ,383 µg/ml.

En effet, cela a été confirmé par des études réalisées par **Bitemou *et al.* . (2020)** et par **Indis&Kurniawan. (2016)**, qui a révélé que la Curcumine présente une bonne activité antioxydante atteint 415.178µg/ml et 212, 70µg/ml respectivement. Les IC<sub>50</sub> des extraits aqueux sont faible par rapport aux extrait éthanolique et méthanolique cette déférence est due généralement à la solubilisation des polyphénols qui a un nombre élevé de groupements hydroxyles et donc présentent l'activité antioxydant la plus élevée, indiquant l'influence du solvant sur la mesure de propriétés antioxydantes (**Tanvir *et al.* , 2017**). Ces résultats concordent avec l'étude de **Qader *et al.*, (2011)**. Concernant le curcuma, il a été démontré que la curcumine est dix fois plus antioxydante que la vitamine E (**Aggarwal *et al.* , 2006**)

De plus, l'activité antioxydante de la curcumine est médiée par des enzymes antioxydantes, telles que le superoxyde dismutase, la catalase et la glutathion peroxydase. La curcumine est un récepteur de la réaction de Michael, lui permettant de réagir avec le glutathion et la thiorédoxine.

La réaction de la curcumine avec ces composés réduit le glutathion intracellulaire dans les cellules (Aggarwal et al., 2006).

# Conclusion

## *Conclusion*

---

L'objectif du présent travail a porté sur l'évaluation de l'activité antioxydante extrait préparé à partir de rhizome de curcuma.

Les résultats d'extraction de la matière végétale obtenus montrent que l'extrait brut méthanoïque de rhizome de curcuma est récupéré avec un rendement de 6.6%.

De plus, nous avons utilisé la méthode décrite par Ardestani et Yazdanparast (2007) pour quantifier les flavonoïdes dans l'extrait étudié, ce qui nous a permis de déterminer une teneur de 98,21µg d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait

Le rhizome de curcuma riche en flavonoïdes totaux (98,21µg EA/mg d'extrait), et qui est responsable à des effets antioxydants important sur le DPPH, et le teneur totaux de polyphynoles est 20,554 µg EA/mg d'extrait)

Nos résultats suggèrent fortement que les variétés de rhizome de curcuma est des sources prometteuses d'antioxydants naturels, comme l'indiquent leurs teneurs élevées en flavonoïdes plus que polyphénol, acide ascorbique, ainsi que leurs activités considérables d'élimination des radicaux libres DPPH, mais elle est variable : le stockage selon l'espèce, origine géographique, le solvant d'extraction.....etc.

Et à partir de là, nous pouvons dire que le curcuma sur le marché local est de haute qualité, originaire de l'Inde et non frelaté, conservé et stocké dans des conditions contrôlées.

Donc on peut dire que cet épice a une activité antioxydante importante et qui pourraient 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..., Comme les points de vue suggèrent ce qui suit :

- Identifier de nouvelles substances naturelles biologiquement actives qui seront en mesure de répondre divers problèmes de santé et être une alternative aux drogues synthétiques.
- Développement de médicaments anti-radicalaires à base de curcuma et autres épices.

# Références bibliographiques

**A**

1. Abdille et al., (2005) :Abdille M.H., Singh R.P., Jayaprakasha G.K., Jena B.S., (2005). Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits, *Food Chemistry*, 90(4). 891- 896.
2. Aguilar et al., 2022 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8617559/>
3. Anastasiya V. Snezhkina, Anna V. Kudryavtseva, Olga L. Kardymon, Maria V. Savvateeva, Nataliya V. Melnikova, George S. Krasnov, and Alexey A. Dmitriev. ROS Generation and Antioxidant Defense Systems in Normal and Malignant Cells <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6701375/>

**B**

4. Bastianetto *Chercheur* 2022 [https://www.passeportsante.net/fr/Solutions/PlantesSupplements/Fiche.aspx?doc=curcuma\\_ps](https://www.passeportsante.net/fr/Solutions/PlantesSupplements/Fiche.aspx?doc=curcuma_ps)
5. Benzie et al, 2011. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK92752/>
6. BENAÏSSA et TABET 2020. Evaluation de l'activité antioxydant des extraits aqueux de *Curcuma longa* L. commercialisé dans la wilaya de Biskra
7. Betterhealth ,2022 <https://www.betterhealth.vic.gov.au/health/healthyliving/antioxidants>
8. Bill Chioffi 2020. <https://sustainableherbsprogram.org/explore/plants-in-commerce/turmeric-2/>
9. Bitemou E, Loumouamou A N, Bikindou K Loumouamou B W , BOUKOSSO H, SILOU T, CHALARD P., 2020. Correlation Between The Antioxidant Activity And The Total Polyphenol Content Of The Solvent Extracts Of Rhizomes Of *Curcuma mangga* Valetton And Zigg From The Congo Cataracts Plateau. *International Journal of Advanced Research and Publications*. 4(6) : 65-60
10. Biol Sci. 2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8898378/>
11. Bodsky ;2023). <https://www.everydayhealth.com/diet-nutrition/diet/scientific-health-benefits-turmeric-curcumin/>

**C**

12. Chloé ,2020 .raconte-moi-curcuma-lepice-aux-nombreuses-vertus
13. copmed, 2023 <https://www.copmed.fr/fr/119-acides-gras-essentiels>

## **D**

14. Debjit Bhowmik, et al. Herbal and Traditional Medicine 1  
<https://www.scholarsresearchlibrary.com/articles/turmeric-a-herbal-and-traditional-medicine.pdf>

## **E**

15. Ebrahimzadeh MA, Pourmorad F et Bekhradnia A R. 2008. Iron chelating activity screening, phenol and flavonoid content of some medicinal plants from Iran. African Journal of Biotechnology, 7(18): 3188-3192.
16. Engels, 2019.<https://www.herbalgram.org/resources/herbalgram/issues/84/table-of-contents/article3450>.
17. Eve Brown, 2022 <https://www.hopkinsmedicine.org/health/wellness-and-prevention/turmeric-benefits>

## **F**

18. Florafaunaweb, 2023. <https://www.nparks.gov.sg/florafaunaweb/flora/1/9/1904>

## **G**

19. Gayle 2019.<https://www.herbalgram.org/resources/herbalgram/issues/84/table-of-contents/article3450>
20. Gernot, 2021).[http://gernot-katzers-spice-pages.com/engl/Curc\\_lon.html](http://gernot-katzers-spice-pages.com/engl/Curc_lon.html)
21. Ghasemzadeh A, Azarifar M, SroodiO , Hawa Z. E. Jaafar. 2012. Flavonoid compounds and their antioxidant activity in extract of some tropical plants. Journal of Medicinal Plants Research .6(13) : 2639-2643
22. Greenharvest,  
2023.<https://greenharvest.com.au/Plants/Information/Turmeric.html#:~:text=It%20requires%20a%20well%2Ddrained,but%20light%20shade%20is%20beneficial>

## **H**

23. Hima Gopinath et Kaliaperumal Karthikeya,2019. Turmeric: A condiment, cosmetic and cure. <https://ijdv1.com/turmeric-a-condiment-cosmetic-and-cure/>
24. Ho dinh hai,2015.<http://theworldwidevegetables.weebly.com/order-zingiberales.html>
25. <https://docplayer.fr/48352490-Les-zingiberaceae-en-phytotherapie-l-exemple-du-gingembre.html>
26. <https://oec.world/en/profile/hs/turmeric-curcuma>.

### I

27. Indis N A , Kurniawan F. 2014. Determination of free radical scavenging activity from aqueous extract of Curcuma mangga by DPPH method. Journal of Physics:Conference Series710 (2016) :5p
28. International Plant Name Index, 2023.<https://www.ipni.org/?q=curcuma>.
29. Jansen, 2023.[https://uses.plantnet-project.org/fr/Curcuma\\_longa\\_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/fr/Curcuma_longa_(PROTA))

### K

30. K Ahmad, 2020.INDUSTRIAL USES OF TURMERIC  
<HTTPS://YESANGFOOD.COM/INDUSTRIAL-USES-OF-TURMERIC/#:~:TEXT=MAKING%20FABRIC%20DYE%20COLOR,GERMS%20FROM%20THEM%20AS%20WELL>
31. Katzer, 2020). [http://gernot-katzers-spice-pages.com/engl/Curc\\_lon.html](http://gernot-katzers-spice-pages.com/engl/Curc_lon.html)
32. Kim H-J, Lee J-W, Kim W-D. 2011. Antimicrobial activity and antioxidant effect of Curcuma longa ,Curcumaaromatica, Curcuma zedoria. Korean J Food Preserv.18(2):219-225.
33. Ksouri R, Falleh H, Megdiche W, Trabelsi N, Hamdi ,Chaieb K, Bakhrouf A, Magné C , Abdelly C .2009. Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte Référencesbibliographiques 32 Tamarix gallica L and related polyphenolic constituents. Food and Chemical Toxicology. 47(8): 2083-2091.

### L

34. Levizou, E., Petropoulou, Y, Manetas, Y. 2004. Carotenoid composition of peridermal twigs does not fully conform to a shade acclimation hypothesis. Photosynthetic. 42(4): 591 – 596

35. Lindl, 2020.[https://www.plantes-botanique.org/famille\\_zingiberaceae](https://www.plantes-botanique.org/famille_zingiberaceae)
36. Lucas VeltriTurmeric Miracle Secrets 2020  
[https://www.academia.edu/29914591/Turmeric\\_Miracle\\_Secrets](https://www.academia.edu/29914591/Turmeric_Miracle_Secrets)
37. Lobo;2019  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3249911/#:~:text=A%20free%20radical%20can%20be,are%20unstable%20and%20highly%20reactive>

## **M**

38. Mandal, 2022 .<https://www.news-medical.net/health/Curcumin-Health-Effects.aspx>
39. Mathini, 2022.<https://magikindia.com/fr/les-rituels-du-mariage-hindou-au-rajasthan/>
40. Melissa Petruzzello 2023 ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA EDITOR  
[HTTPS://WWW.BRITANNICA.COM/SCIENCE/FLAVONOID](https://www.britannica.com/science/flavonoid)

## **N**

41. Nils-Gerrit Wunsch, 2022.<https://www.statista.com/statistics/798287/main-turmeric-export-countries-worldwide/>

## **P**

42. Panpatil V V ,Tattari S , Kota N , Nimgulkar C , Polasa K. 2013. In vitro evaluation on antioxidant and antimicrobial activity of spice extracts of ginger, turmeric and garlic. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*.2 (3): 143-148.
43. Plantes et botanique - famille des Zingiberaceae [Internet]. Plantes et botanique.cité 29 sept 2016]. Disponible sur:[http://www.plantes-botanique.org/famille\\_zingiberaceae](http://www.plantes-botanique.org/famille_zingiberaceae)

## **Q**

44. Qader S W, Mahmood Ameen Abdulla M A, Lee Suan Chua L S ,Najim N , Mat Zain M , Hamdan S,. 2011. Antioxidant, Total Phenolic Content and Cytotoxicity Evaluation of Selected Malaysian Plants. *Journal molecules*. 16 :3433-3443



## R

45. Rajeshwari et al., 2013 : Raja, A., Vipin, C., & Aiyappan, A. (2013). Biological importance of Marine Algae-An overview. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 2, 222-2
46. Rabia Shabir Ahmad,<sup>1</sup> Muhammad Bilal Hussain,<sup>1</sup> Muhammad Tauseef Sultan,<sup>2</sup> Muhammad Sajid Arshad,<sup>1</sup> Marwa Waheed,<sup>1</sup> Mohammad Ali Shariati,<sup>3</sup> Sergey Plygun,<sup>3,4,5</sup> and Mohammad Hashem Hashempour Biochemistry, Safety, Pharmacological Activities, and Clinical Applications of Turmeric: A Mechanistic Review  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7238329/#B30>

## S

47. Sahdeo Prasad,  
2021. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK92752/#:~:text=The%20use%20of%20turmeric%20dates,Jamaica%20in%20the%20eighteenth%20century>
48. Sally Robertson, 2023 <https://www.news-medical.net/health/What-are-Flavonoids.aspx>
49. Saxena ;2013 [https://www.researchgate.net/publication/286848022\\_Screening\\_of\\_TotaPhenolic\\_and\\_Flavonoid\\_Content\\_in\\_Conventional\\_and\\_Non-Conventional\\_Species\\_of\\_Curcuma](https://www.researchgate.net/publication/286848022_Screening_of_TotaPhenolic_and_Flavonoid_Content_in_Conventional_and_Non-Conventional_Species_of_Curcuma)
50. Singleton et Rossi, 1965) : Singleton V.L., Rossi J.A., (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents, *American Journal of Enology and Viticulture*, (16). 144-158

## T

51. Tarique Hussain,<sup>1,2</sup> Bie Tan,<sup>1,3,\*</sup> Yulong Yin,<sup>1</sup> Francois Blachier,<sup>4</sup> Myrlene C. B. Tossou,<sup>1,2</sup> and Najma Rahu Oxidative Stress and Inflammation: What Polyphenols Can Do for Us  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5055983/#:~:text=Indeed%2C%20the%20mechanisms%20involved%20in,of%20antioxidant%20defenses%20%5B45%5D>
52. Tanvir et al ; 2017 <https://www.hindawi.com/journals/jfq/2017/8471785/>

53. Taylor Jones, RD — Updated on January 31, 2017  
<https://www.healthline.com/nutrition/does-milk-block-antioxidants>
54. Telli, A., Mahboub, N., Boudjeneh, S., Siboukeur, O.E.K. & Moulti-mati, F. 2010. Optimisation des conditions d'extraction des polyphenols de dattes lyophilisées (*Phoenix dactylifera* L) variétés ghars, *Annales des Sciences et Technologie*, 2(2): 107 – 114.
55. Trinidad, P.T., Sagum, R.S., De Leon, M.P., Mallillin, A.C., Borlagdan, M.P. 2012. *Zingiber officinale* and *Curcuma longa* as potential functional food/ingredients. *Food and Public Health*, 2(2):1-4.

## U

56. Usha Malini,  
2019. [https://agritech.tnau.ac.in/crop\\_protection/crop\\_prot\\_crop%20diseases\\_spices\\_turmeric.html](https://agritech.tnau.ac.in/crop_protection/crop_prot_crop%20diseases_spices_turmeric.html)

## Y

- Ying Peng,<sup>1</sup> Mingyue Ao,<sup>1</sup> Baohua Dong,<sup>1</sup> Yunxiu Jiang,<sup>1</sup> Lingying Yu,<sup>1</sup> Zhimin Chen,<sup>1</sup> Changjiang Hu,<sup>1,2</sup> and Runchun Xu Anti-Inflammatory Effects of Curcumin in the Inflammatory Diseases: Status, Limitations and Countermeasures  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8572027/>

## Z

57. zhoo ;2023). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9865384/>
58. zingiberaceae  
(2023). <https://www.pond5.com/fr/search?kw=zingiberaceae&media=footage>