

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 20 اوت 1955 سكيكدة

Université 20 Aout 1955-SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

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

Filière : Sciences Biologiques

Option : Biochimie Appliquée

Thème :

**Evaluation de l'activité antibactérienne des composés  
phénoliques extraits de la plante médicinales *Zingiber  
officinale* (Gingembre)**

Présenté par :

Meksen Assila  
Taabni Souad

Guessabi Khawla  
Guira Nour El Houda

**Membre de Jury :**

M <sup>me</sup> . Gabli Z	Président	MCA	Univ. Du 20 Août 1955 – Skikda
M <sup>me</sup> . Khadri S	Promoteur	MCB	Univ. Du 20 Août 1955 – Skikda
M <sup>me</sup> . Benzazia S	Examineur	MCA	Univ. Du 20 Août 1955 – Skikda

**Année universitaire : 2023/2024**

# Remerciement



*Nous tenons à remercier le Bon Dieu tout puissant de nous avoir offert l'opportunité de franchir ce stade de savoir, et de nous avoir donné la foi, la force et le courage, de réaliser ce modeste travail dans de bonnes conditions.*

*Nos remerciements les plus sincères s'adressent à notre promotrice **Dr. Khadri Siham** ayant eu la bonté et la patience de satisfaire notre curiosité, de nous aider dans la réalisation de ce travail par ses conseils précieux, réponses et recommandations.*

*Nous tenons également à remercier les membres de jury constitué de :*

***Dr. Gabli** comme étant présidente et **Dr. Benzazia** comme étant examinatrice, d'avoir accepté d'examiner ce travail. Merci à vous d'avoir pris le temps de lire et d'évaluer ce modeste travail.*

*Un remerciement particulier va aux ingénieurs des laboratoires pédagogiques Mesdames **Asma** et **Nassira**, pour leur aide considérable.*

*Nous devons également exprimer nos vifs remerciements et notre profonde gratitude à tous nos chers enseignants qui nous ont fortement impressionnés par leur grande expérience et leur concrète contribution au bon déroulement de notre formation tout au long du cursus.*

*Notre reconnaissance s'étend également à nos familles, nos amies et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*



# *Dédicace*

*A l'aide d'Allah, le tout puissant, j'ai pu réaliser ce travail que je dédie :*

*À ma famille*

*Tous mes amis*

*Et à tous mes professeurs depuis 17 ans*

*Assila*





# Dédicace

*Je remercie tout d'abord mon Dieu le tout puissant qui m'a donné la volonté, la force et le courage pour réaliser ce travail.*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon père pour ses encouragements incessants et son soutien moral aux moments difficiles qui furent pour moi les meilleurs gages de réussite. A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie ma mère qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'études, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.*

*Que Dieu les protège et que ce travail soit la preuve modeste d'une reconnaissance infinie d'un profond amour pour eux,*

*A mes chères frères **Adam** et **Mehdi**.*

*A ma chère adorable sœur **Rahma** .*

*A mes meilleures amies : Nesrine, Djihen, Assila, Amal, Chaima , Hana , Amina .*

*A mes chers binômes Assila, Fereil et Nour qui ont partagé avec moi les moments difficiles au cours de ce travail.*

*A tous ma famille près ou loin.*

*A tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de four à la réalisation de ce travail.*

*A tous ceux qui me sont chers et que j'ai omis de citer.*

*Khawla*





# *Dédicace*

*À toute ma famille*

*Mes amies*

*Et mes professeurs*

*Souad*





# Dédicace

*Avec tous mes sentiments de respects. Avec de ma reconnaissance, je dédie ma remise de diplôme et ma joie*

*Mon paradis a la prunelle de mes yeux à la source de ma vie et mon bonheur, ma l'une et le fil d'espérance qui allumer mon chemin, ma moitié : **Maman***

*A celui qui m'a fait un homme, ma source de vie d'amour, d'affection. A mon support qui était toujours à mes cotés pour me soutenir et m'encourager, à mon prince : **Papa***

*A mon frère : **Yahya***

*En ce jour de ma graduation, je tiens à te dédier ce succès en signe de gratitude pour tout ce que tu as fait pour moi. Tu as toujours été mon premier soutien, me guidant et me conseillant. Je te souhaite un avenir rempli de réussite et de bonheur.*

*À ma belle-sœur : **Salsabil**, qui est devenue une amie et une confidente Bijoux merci pour ta gentillesse, ton soutien et ton amour.*

*À mon cher mari : **Taha***

*Ce travail est le fruit de nombreux efforts et sacrifices, et il n'aurait pas été possible sans ton soutien inébranlable. Merci pour ta patience, ton amour et tes encouragements constants qui m'ont permis de mener à bien ce projet. Tu es ma source de force et d'inspiration, et je te dédie ce mémoire avec toute ma gratitude et mon amour.*

*À ma chère petite fille : **Djenna Layan***

*Le sourire, la joie de vivre et la pure innocence de ce petit être ont été une source d'inspiration chaque jour tout au long de ce voyage académique.*

*La présence de cette précieuse personne dans ma vie rappelle constamment ce qui est vraiment important et donne la force de persévérer. Ce travail est dédié à cette personne chère, avec l'espoir qu'un jour, elle puisse également poursuivre ses rêves avec la même détermination et passion.*

**Nour El Houda**



## Résumé :

Les plantes médicinales ont longtemps été la principale source pour créer des remèdes naturels, ayant été employées par diverses civilisations dans le cadre de leur médecine traditionnelle.

*Zingiber officinale* est connu sous le nom de gingembre appartenant à la famille des zingibéracées. Elle est célèbre pour ses rhizomes aux nombreuses vertus médicinales. C'est dans ce travail que nous avons essayé de conformer scientifiquement l'efficacité de cette dernière plante dans le traitement traditionnel des infections antibactérienne par l'évaluation de l'activité antibactérienne in vitro des poly phénol totaux extrais de ces rhizomes frais et sec avec une petite comparaison entre les deux.

L'extraction des composées phénoliques de la plante a été effectuée par macération qui a donné un rendement relativement élevé en extrait sec par rapport aux extraits frais.

L'extrait sec dispose d'une teneur notable en polyphénols totaux et en flavonoïdes dosés par des méthodes spectrophotométriques avec un taux de 24.290µg EAG/mg et 7.04µg EQ/mg respectivement. Par ailleurs, des quantités faibles en polyphénols totaux et en flavonoïdes ont été enregistrées pour l'extrait frais (16.412µg EAG/mg et 4.082µg EQ/mg).

L'activité antibactérienne des deux extraits a été testée sur cinq souches bactérienne de références à savoir : *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, *Salmonella typhimurium* ATCC14023, *Escherchia coli* ATCC25922, *Klibsiella pneumoniae* ATCC13883, *Staphylococcus aureus* ATCC25923, par deux méthodes : méthode de diffusion en disque, méthode de dilution en milieu solide.

Les résultats obtenus montrent que l'extrait frais et sec de *Zingiber officinale* ont montré une activité antibactérienne modérée vis-à-vis de la plupart des souches testées avec des zones d'inhibition varient entre 7-9mm, cependant, la souche *Klibsiella pneumoniae* est la plus sensible et la souche *Pseudomonas aeuroginosa* est la plus résistante, Par ailleurs l'étude a révélé des valeurs de CMI relativement faible variées entre 0,1 et 0,001mg/ml

**Mots clés :** Activité antibactérienne, plante médicinale, polyphénols et *Zingiber officinale*

## **Abstract:**

Medicinal plants have long been the main source for creating natural remedies, having been used by various civilizations as part of their traditional medicine.

*Zingiber officinale* is known as ginger belonging to the Zingiberaceae family. It is famous for its rhizomes with many medicinal properties. It is in this work that we tried to scientifically confirm the effectiveness of this last plant in the traditional treatment of antibacterial infections by evaluating the in vitro antibacterial activity of total polyphenols extracted from these fresh and dry rhizomes with a little comparison between the two.

The extraction of phenolic compounds from the plant was carried out by maceration which gave a relatively high yield in dry extract compared to fresh extracts.

The dry extract has a significant content of total polyphenols and flavonoids measured by spectrophotometric methods with a rate of 24.290 $\mu$ g EAG/mg and 7.04 $\mu$ g EQ/mg respectively. Furthermore, low quantities of total polyphenols and flavonoids were recorded for the fresh extract (16,412 $\mu$ g EAG/mg and 4,082 $\mu$ g EQ/mg).

The antibacterial activity of the two extracts was tested on five reference bacterial strains, namely: *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, *Salmonella typhimurium* ATCC14023, *Escherichia coli* ATCC25922, *Klasiella pneumoniae* ATCC13883, *Staphylococcus aureus* ATCC25923, by two methods: disk diffusion method, solid medium dilution method.

The results obtained show that the fresh and dry extract of *Zingiber officinale* showed moderate antibacterial activity against most of the strains tested with inhibition zones varying between 7-9 mm, however, the strain *Klasiella pneumoniae* is the most sensitive and the *Pseudomonas aeruginosa* strain is the most resistant. Furthermore, the study revealed relatively low MIC values varying between 0.1 and 0.001 mg/ml.

**Keywords :** Antibacterial activity, medicinal plant, polyphenols and *Zingiber officinale*.

## ملخص:

كانت النباتات الطبية منذ فترة طويلة المصدر الرئيسي لإنشاء العلاجات الطبيعية، حيث استخدمتها الحضارات المختلفة كجزء من الطب التقليدي.

يعرف *Zingiber officinale* باسم الزنجبيل الذي ينتمي إلى عائلة Zingiberaceae وتشتهر بجذورها ذات الخصائص الطبية العديدة. في هذا العمل حاولنا مطابقة فعالية هذا النبات الأخير في العلاج التقليدي للعدوى المضادة للبكتيريا من خلال تقييم النشاط المضاد للبكتيريا في المختبر لإجمالي البوليفينول المستخرج من هذه الجذور الطازجة والجافة مع مقارنة صغيرة بين الاثنين.

تم استخلاص المركبات الفينولية من النبات عن طريق النقع الذي أعطى إنتاجية عالية نسبياً للمستخلص الجاف مقارنة بالمستخلصات الطازجة.

يحتوي المستخلص الجاف على محتوى ملحوظ من إجمالي البوليفينول والالفونويدات المقاسة بطرق قياس الطيف الضوئي بمعدل 24.290 ميكروجرام mg/EAG و 7.04 ميكروجرام mg/EQ على التوالي. علاوة على ذلك، تم تسجيل كميات منخفضة من إجمالي البوليفينول والالفونويدات في المستخلص الطازج (16,412 ميكروجرام EAG/mg و 4,082 ميكروجرام mg/EQ).

تم اختبار النشاط المضاد للبكتيريا للمستخلصين على خمس سلالات بكتيرية مرجعية وهي: *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853، *Escherchia coli* ATCC14023، *Salmonella typhimurium* ATCC14023، *Staphylococcus aureus* ATCC25922، *Klinsiella pneumoniae* ATCC13883، *ATCC25922*، بطريقة التخفيف الدقيق السائل و المتوسط.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن المستخلص الطازج والجاف لنبات *Zingiber officinale* نشاطاً مضاداً للبكتيريا معتدلاً ضد معظم السلالات التي تم اختبارها بمناطق تثبيط تتراوح بين 7 و 9 ملم، حيث سلالة *Klinsiella pneumoniae* هي الأكثر حساسية وسلالة *Pseudomonas aeruginosa* هي الأكثر مقاومة، وكشفت الدراسة عن قيم MIC منخفضة نسبياً تتراوح بين 0.1 و 0.001 ملغم/مل.

**الكلمات المفتاحية:** النشاط المضاد للبكتيريا، نبات طبي، متعدد الفينول ونبات الزنجبيل.

# Sommaire

Remerciement

Dédicaces

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des tableaux ..... 1

Liste des figures ..... 1

Liste des abréviations..... 1

Introduction ..... 1

## Partie Théorique

### Chapitre I

#### Phytothérapie et plantes médicinales

1 Phytothérapie ..... 4

2 Plantes médicinales ..... 5

3 Métabolites végétales ..... 5

3.1 Métabolites primaires..... 5

3.2 Métabolites secondaire ..... 5

4 Composés phénoliques..... 6

4.1 Définition ..... 6

4.2 Classification ..... 6

4.3 Propretés biologiques ..... 7

4.4 Activité antibactérienne ..... 8

### Chapite II

#### *Zingiber officinale*

1 Définition ..... 10

2 Classification botanique ..... 10

3 Describtion botanique..... 10

3.1 Partie aérienne ..... 11

3.2 Partie souterraine ..... 11

4 Distribution géographique ..... 12

5 Composition chimique ..... 13

<b>6</b>	<b>Propriété biologiques .....</b>	<b>14</b>
----------	------------------------------------	-----------

### **Partie Pratique**

#### **Chapitre III**

##### **Matériels et Méthodes**

<b>1</b>	<b>Matériel.....</b>	<b>18</b>
1.1	Matériel végétal.....	18
1.2	Souches bactériennes à tester .....	18
1.3	Matériel du laboratoire .....	19
<b>2</b>	<b>Méthodes.....</b>	<b>19</b>
2.1	Préparation de la plante.....	19
2.2	Extraction des composés phénoliques à partir de la plante de <i>Zingiber officinale</i> .....	21
2.3	Calcul du rendement .....	21
2.3.1	Dosage des polyphénols totaux.....	21
2.3.2	Dosage des flavonoïdes totaux.....	22
2.4	Test d'activité antibactérienne .....	23
2.4.1	Méthode de diffusion en milieu solide .....	23
2.4.2	Méthode de dilution en milieu solide .....	24

#### **Chapitre IV**

##### **Résultats et discussion**

<b>1</b>	<b>Rendement d'extraction .....</b>	<b>27</b>
<b>2</b>	<b>Teneures en composés phénoliques .....</b>	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>Activité antibactérienne des extrait éthanolique .....</b>	<b>30</b>
3.1	Méthode de diffusion en disque .....	30
3.2	Détermination de CMI par dilution en milieu gélosé .....	32

	<b>Conclusion.....</b>	<b>37</b>
--	------------------------	-----------

	<b>Référence Bibliographiques .....</b>	
--	---	--

# Liste des tableaux

<b>Tableau 01</b> : Activités biologiques de quelques composés phénoliques. ....	8
<b>Tableau 02</b> : Diamètres des zones d'inhibition de la croissance bactérienne induites par les extrait polyphénolique brut de <i>Zingiber officinale</i> .....	30
<b>Tableau 03</b> : Résultats des CMI par méthode de dilution en milieu solide Muller-Hinton pour l'extrait polyphénolique frais de <i>Zingiber officinale</i> .....	32
<b>Tableau 04</b> : Résultats des CMI par méthode de dilution en milieu solide Muller-Hinton pour l'extrait polyphénolique sec de <i>Zingiber officinale</i> .....	33

# Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Classification des composées phénoliques .....	7
<b>Figure 02</b> : <i>Zingiber officinale</i> Roscoe.....	11
<b>Figure 03</b> : Rhizome du gingembre.....	12
<b>Figure 04</b> : Carte géographique de la distribution géographique du gingembre.....	13
<b>Figure 05</b> : Structure des principaux composants actifs du gingembre .....	14
<b>Figure 06</b> : Rhizomes de <i>Zingiber officinale</i> .....	18
<b>Figure 07</b> : La préparation du matériel végétal. ....	19
<b>Figure 08</b> : Préparation de la matière végétale.....	20
<b>Figure 09</b> : Etapes d'extraction des composés phénoliques.....	21
<b>Figure 10</b> : Préparation de l'inoculum .....	24
<b>Figure 11</b> : Application des disques sur géloseensemencé par la souche bactérienne.....	24
<b>Figure 12</b> : Méthode de dilution en milieu solide .....	25
<b>Figure 13</b> : L'extrait frais et l'extrait sec .....	27
<b>Figure 14</b> : Rendements d'extraction du <i>Zingiber officinale</i> frais et sec. ....	27
<b>Figure 15</b> : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique. ....	28
<b>Figure 16</b> : Courbe d'étalonnage de la quercétine. ....	28
<b>Figure 17</b> : Teneur en polyphénols totaux de l'extrait sec et frais de <i>Zingiber officinale</i> . ....	29
<b>Figure 18</b> : Teneur en flavonoïdes totaux de l'extrait sec et frais de <i>Zingiber officinale</i> . ....	29
<b>Figure 19</b> : Exemple du résultat de la méthode de diffusion en milieu solide de l'extrait frais .....	31
<b>Figure 20</b> : Exemple du résultat de la méthode de diffusion en milieu solide de l'extrait sec	31

# Liste des abréviations

<b>CMI</b>	: Concentration minimale inhibitrice
<b>DMSO</b>	: Diméthyle Sulfoxyde
<b>DO</b>	: Densité optique
<b>GN</b>	: Gélose nutritif
<b>MH</b>	: Gélose de Mueller-Hinton
<b>Rdt</b>	: Rendement



# Introduction



Pendant des millénaires, l'humanité a développé des méthodes pour se traiter en fonction de son intelligence, de son génie, de sa perception culturelle de la santé et de la maladie, ainsi que de ses relations avec l'environnement (**Eddouks et al., 2007**).

Le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques a conduit les chercheurs à puiser dans le monde végétal et particulièrement dans les plantes médicinales et culinaires pour trouver des molécules naturelles efficaces et sans effets indésirables (**Rauter et al., 1989**).

Les plantes de la famille de Zingibéracées sont employées depuis des siècles dans la cuisine traditionnelle comme colorant, ainsi que dans la médecine traditionnelle comme remède. De nombreuses ont été incluses dans les pharmacopées de l'Occident (**Cheikh Ali, 2012**). L'espèce *Zingiber officinale* communément connue sous le nom de gingembre en français, ginger en anglais et zanjabil en arabe (**Faivre et al., 2006**), est consommé comme épice à travers le monde depuis plus de 2000 ans et un agent aromatisant de l'ancien temps (**Gigon, 2012**). Utilisée traditionnellement dans les régions d'Inde et en Asie.

Les multiples pouvoirs du gingembre et ses propriétés bénéfiques pour la santé peuvent être liés à sa composition qui constitue une excellente source de plusieurs composés phénoliques bioactifs, y compris les composés piquants non volatils tels que les gingérols, les paradols, les shogaols et les zingérones (**Huang et al., 2012 ; Srinivasan, 2017; Ghafoor et al., 2020**), qui lui confèrent plusieurs activités biologiques telles que les activités antimicrobiennes, antioxydants, anti-inflammatoires, anticancéreux...ect (**Gigon, 2012**).

Notre travail est une étude comparative de l'effet antibactérienne entre deux extraits *du Zingiber officinale* frais et sec. Ce mémoire se divise en deux parties :

- La première concerne une synthèse bibliographique partagée en deux chapitres : le 1<sup>er</sup> chapitre illustre le concept de phytothérapie et plante médicinale et la 2<sup>ème</sup> comprend un aperçu général de la plante étudiée.
- La deuxième partie est consacrée au travail expérimental et comprend deux chapitres : matériel et méthodes ou sont détaillés l'extraction, les dosages des composés phénoliques et l'évaluation de l'activité antibactérienne, puis les résultats et discussion.



# Partie Théorique





## **Chapitre I**

# **Phytothérapie et plantes médicinales**



## **1 Phytothérapie**

Le terme "phytothérapie" est une abréviation de deux mots grecs, "Therapeia" pour "traitement" et "Phyton" pour "plantes" (**Gayet, 2018**).

Il s'agit d'une approche médicale allopathique très ancienne qui vise à prévenir et traiter des dysfonctionnements et/ou des états pathologiques en utilisant des plantes, leurs parties ou l'extraits des plantes (principes actifs), qu'elles soient ingérées ou appliquées en usage externe (**Chabrier, 2010**).

Les principes actifs sont des substances qui peuvent uniquement se former dans les tissus sécréteurs de la plante. Ils ne représentent qu'une petite proportion du poids sec total de la plante. Ils constituent un groupe très hétérogène par leur nature chimique (**Maamri, 2008**).

Il apparaît que l'homme a compris très tôt les multiples bienfaits du règne végétal, l'utilisant non seulement pour se nourrir et s'habiller, mais aussi pour des soins médicaux (**Verbois, 2015**).

Aujourd'hui, l'efficacité de la médecine « par les plantes » est reconnue et démontrée scientifiquement, ses bénéfices indéniables pour la santé et son caractère naturel ont intégré la phytothérapie dans notre vie quotidienne (**Broze et al., 2010**).

On distingue deux types de pratique de phytothérapies : (**Gahbiche, 2009**)

- Traditionnelle : utilise des plantes médicinales selon des pratiques héritées de cultures anciennes, demeure largement pratiquée comme médecine traditionnelle dans de nombreux pays.
- Moderne : repose sur les avancées et preuves scientifiques qui recherchent des extraits actifs des plantes, combinant ainsi les connaissances traditionnelles avec des méthodes plus contemporaines.

Différentes thérapies à base de plantes :

- Aromathérapie : une partie de la phytothérapie définie comme un traitement utilisant des huiles essentielles (**Lardry et Haberkorn, 2007**).
- Gemmothérapie : Utiliser les tissus embryonnaires frais tels que les bourgeons et les jeunes pousses pour obtenir un macérât glycéринé.
- Homéopathie : implique de prescrire à un patient une substance fortement diluée et dynamisée, qui provoque des symptômes similaires à ceux qu'il éprouve (**LAROUSSE**).

## **2 Plantes médicinales**

Les plantes médicinales sont des plantes renferment une ou plusieurs substances bénéfiques pour la santé, pouvant être employées à des fins thérapeutiques ou comme précurseurs dans la fabrication de médicaments. Les pharmaciens et les pharmacologues utilisent le terme "drogues" pour désigner ces plantes ou leurs parties possédant des propriétés médicinales. Les plantes médicinales sont employées dans différents domaines de la santé ainsi que dans la recherche pharmaceutique, où elles servent également de matière première pour la production de médicaments, et rarement utilisée dans son entier. On utilise une ou plusieurs parties selon le but d'utilisation (**Baba Aissa, 2000**).

Ces contiennent une multitude de principes actifs, dont certains proviennent de leur métabolisme secondaire. Elles constituent déjà la source de 70% de nos médicaments, avec environ 170 000 molécules bioactives identifiées à partir des plantes (**Chaabi, 2008**).

## **3 Métabolites végétales**

Les métabolites sont des molécules produites lors du métabolisme, c'est-à-dire les réactions chimiques qui se déroulent à l'intérieur de plante, Il y a deux classes :

### **3.1 Métabolites primaires**

Qualifiés de primaires car ils sont essentiels pour la survie des plantes, contribuant au maintien de la structure membranaire, des voies métaboliques, de la photoprotection et de la croissance végétale. On le trouve dans tous les espèces.

Ces composés comprennent : glucides, lipides, protéines, acides aminés, les acides nucléiques.

### **3.2 Métabolites secondaire**

Sont des molécules organiques complexes biosynthétisés à partir de métabolites primaires, différent en fonction des espèces. Ces métabolites se distinguent par leur présence à des concentrations faibles dans les tissus végétaux (**Newman et Cragg, 2012**).

Ils n'exercent pas de fonction direct dans les activités essentielles de la plante. Leur absence ne conduit pas à une mort immédiate (**Guignard, 1996**).

Ils assurent des fonctions périphériques qui sont indirectement vitales pour la vie des plantes, telles que la communication intercellulaire, la défense et la régulation des cycles catalytiques (**Walton et al., 1999**).

Les métabolites secondaires sont classés en trois grands groupes :

- Les composés phénoliques
- Les terpènes
- Les alcaloïdes

## **4 Composés phénoliques**

### **4.1 Définition**

Les composés phénoliques ou les polyphénols, sont des substances végétales qui se distinguent par la présence d'au moins un noyau benzénique associé à un groupe hydroxyle, pouvant être libre ou impliqué dans d'autres fonctions telles que l'éther, l'ester ou l'hétéroside. Le ou les cycles aromatiques (benzénique) dérivés principalement du métabolisme de l'acide shikimique et/ou du polyacétate (**Bruneton, 2009**).

Plus de 8 000 structures phénoliques sont identifiés à ce jour, allant de molécules simples telles que les acides phénoliques à des substances hautement polymérisées comme les tanins. Les composés phénoliques présents dans les plantes jouent généralement un rôle dans la protection contre les rayons ultraviolets, les attaques de pathogènes, de parasites et contribuent également à la coloration des plantes. Ils sont présents dans tous les organes végétaux (**Dai et al., 2010**).

### **4.2 Classification**

On peut classer les composés phénoliques en fonction de la complexité, le degré et les liaisons possibles du squelette de base avec d'autres molécules.

Ils peuvent aller des molécules simples comme les acides phénoliques, à des composés fortement polymérisés comme les tanins.

La figure suivant représente les différentes classes des composés phénoliques.

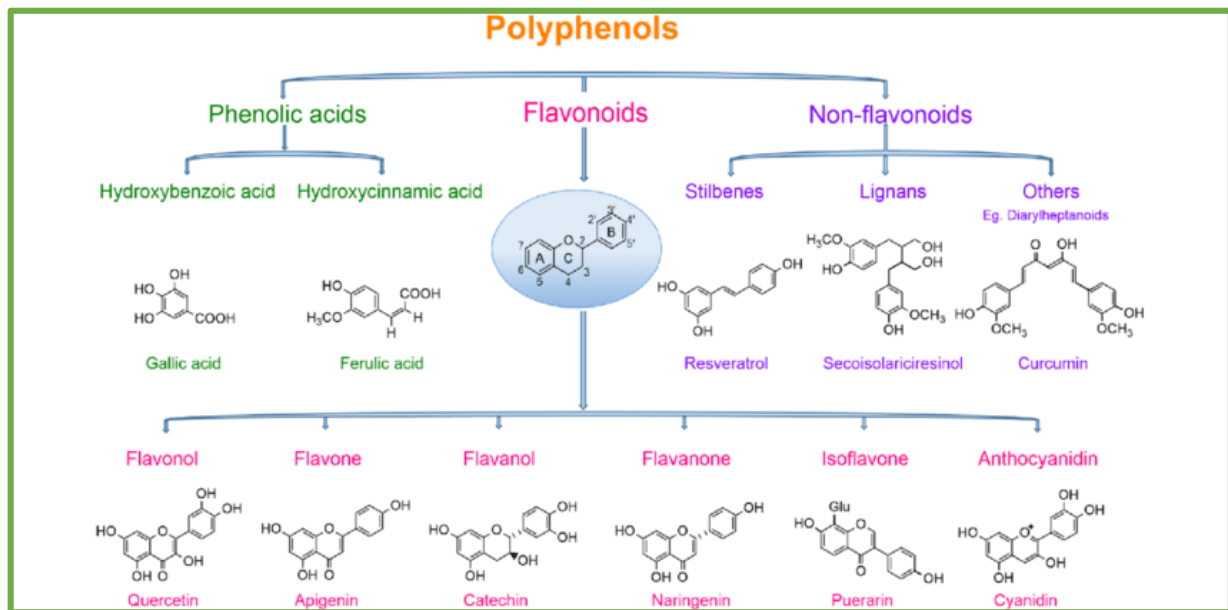


Figure 01 : Classification des composées phénoliques (Rambaran, 2020).

### 4.3 Propriétés biologiques

Les composés phénoliques jouent un rôle crucial dans la lutte contre certaines maladies en raison de leur capacité à interagir avec de nombreuses enzymes et à posséder des propriétés antioxydants, ce qui est largement documenté (Fleuriet *et al*, 2005 ; Gomaz - caravaca *et al*, 2006 ; Xiuzhen *et al.*, 2007). De nombreuses études indiquent que les polyphénols contribuent à la prévention des maladies cardiovasculaires, anti - inflammatoires, antiathérogènes, antibactériennes, antiviraux, anti – allergènes (Manach *et al.*, 2005 ; Babar *et al.*, 2007). Ils appartiennent à la catégorie des veinotoniques et des vasculo-protecteurs (Ghosh *et al.*, 2009).

Les polyphénols préviennent le développement des maladies cancérogènes dans l'organisation en inhibant les réactions oxydatives et empêchant la formation d'ADN anormal. Elles ont montré des effets protecteurs dans d'autres pathologies, telle que la sclérose en plaque, l'ostéoporose et les pathologies liées au vieillissement cérébral (Alzheimer, parkinson) (González - gallego *et al.*, 2010 ; Manach *et al.*, 2005). Les composés phénoliques peuvent également réduire les infections d'origine virale ou bactérienne (Ghedira, 2005).

Les exemples de certains composés phénoliques et de leurs activités biologiques sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 01 : Activités biologiques de quelques composés phénoliques.

Composée phénoliques	Activités biologiques
Acides phénols	Antibactériennes, Antioxydant, Antifongique,
Coumarines	Protectrices vasculaires, Antioxydant, Antioœdémateuse, Anti-inflammatoires, Analgésiques
Flavonoïdes	Protectrices vasculaires, Antimicrobienne, Antioxydant, Antitumorale, Anticarcinogène, Anti-inflammatoire, Antivirale, Antiallergique, Hypotenseurs, Diurétiques
Lignanes	Antioxydant, Antivirale, Anti-inflammatoire,
Tanins	Antioxydant, Antimicrobiennes, Antivirale, Antifongique

#### 4.4 Activité antibactérienne

Le traitement des infections bactériennes repose principalement sur l'utilisation d'antibiotiques. La prescription à grande échelle et parfois inappropriée de ces agents conduit la sélection de souches multirésistantes. Cela souligne l'importance de diriger les recherches vers la découverte de nouvelles voies qui constituent une source d'inspiration de nouveaux médicaments à base des plantes, sous forme de métabolites secondaires dont les composés phénoliques, sont encore couramment employés dans l'industrie alimentaire et cosmétique et comme les polyphénols, notamment les flavonoïdes et les tannins, sont connus pour leur capacité à être toxiques pour les microorganismes. Le mécanisme de toxicité peut être lié à l'inhibition des enzymes hydrolytiques ou d'autres interactions pour inactiver les adhésives microbiens, les protéines de transport et d'enveloppe cellulaire (Cowan, 1999).



## Chapitre II

*Zingiber officinale*



## 1 Définition

Le mot "gingembre" dérive à l'origine du terme sanskrit "srngaveram", "signifiant " en forme des bois du cerf" faisant référence à la forme des jeunes pousses émergeant de son rhizome. La dénomination scientifique de cette plante est *Zingiber officinale* (**Brown et al., 2009**). Le gingembre est une plante herbacée annuelle vivace de grande taille, faisant partie de la famille des zingibéracées. Elle est originaire des régions tropicales d'Asie du Sud-Est (**Alèdi et al., 2018**). Les premières indications d'utilisation du gingembre remontent à plus de 3000 ans, par les peuples indiens et chinois. Plusieurs revues ont été publiées dans la littérature à propos de cette plante, ce qui reflète la popularité de son utilisation en tant qu'épice et plante médicinale (**Gigon, 2012**).

## 2 Classification botanique ( en Amari, 2016).

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

## 3 Description botanique

Le gingembre est une plante vivace tropicale herbacée, atteignant jusqu'à 90 Cm de hauteur en culture, poussant dans les régions ensoleillées et humides (**Braga et al., 2006**).

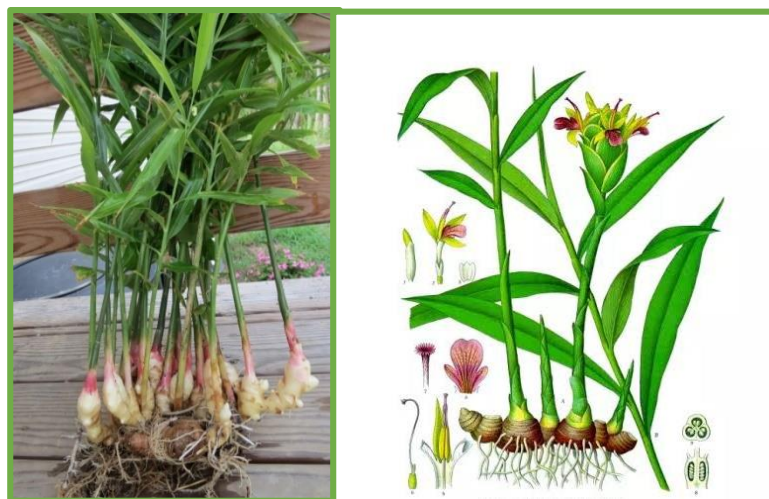
Le *Zingiber officinale* est divisé en deux parties :

### 3.1 Partie aérienne

En général, la tige mesure 1,50 mètre de haut, mais peut s'élever jusqu'à 3 mètre (**Braga *et al.*, 2006 ; Gigon, 2012**). Elle se forme annuellement à la suite du bourgeonnement du rhizome. Il existe deux types de tiges :

- Les hautes tiges stériles ont pour fonction l'assimilation et portent des feuilles alternes, longues et étroites.
- Les basses tiges ont pour fonction la reproduction et sont dénuées de feuilles (**Braga *et al.*, 2006**).

Les feuilles sont de couleur vert clair, persistantes, alternes et lancéolées. Leur longueur peut atteindre jusqu'à 20 centimètres, tandis que leur largeur peut aller jusqu'à 2 centimètres. Les fleurs sont parfumées et sont de couleur blanche et jaune, avec des lignes rouges sur les lèvres. La période de floraison s'étend d'août à novembre. Les fruits sont des capsules à trois valves renfermant des graines noires (**Faivre *et al.*, 2006**).



**Figure 02 : Zingiber officinale Roscoe (Gigon, 2012).**

### 3.2 Partie souterraine

La partie souterraine présente des rhizomes horizontaux et ramifiés, avec une peau beige pâle parfumé et juteuse. En moyenne, sa longueur est d'environ 10 cm, avec une largeur pouvant atteindre 2 cm et une épaisseur de 1,5 cm. Avec le temps, il devient de plus en plus fibreux (**Faivre *et al.*, 2006**) et son arôme est très aromatique avec une saveur chaude (**Gigon, 2012**). C'est La partie la plus utilisée de la plante, qu'elle soit séchée, entière, coupée, etc... comme drogue dans la fabrication de nombreux remèdes traditionnels. Elles sont

récoltées après 9 à 10 mois de culture après dessèchement des parties vertes (Faivre *et al.*, 2006 ; Sharifi-Rad, 2017).

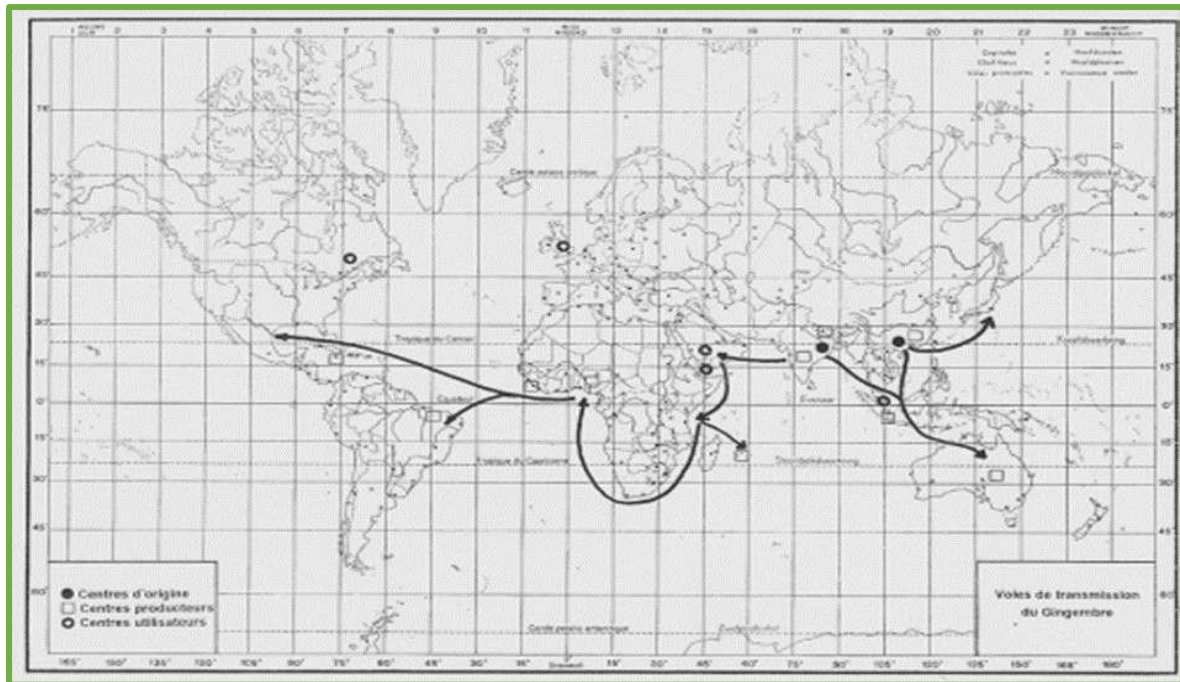


**Figure 03 :** Rhizome du gingembre (Oreka jardinage, 2021).

#### **4 Distribution géographique**

Le gingembre est une plante qui se développe dans les régions tropicales et subtropicales. Préférant les environnements chaudes et humides à des altitudes dépassant 1500 mètres au-dessus du niveau de la mer (Dhanik *et al.*, 2017).

La culture de gingembre est principalement centrée dans les pays de l'hémisphère sud, notamment en Chine et en Inde, qui sont les principaux exportateurs de cette plante (environ la moitié de la production mondiale) (Bruneton, 2009), et d'autres pays comme : Malaisie, Nigeria, Cameroun, la Sierra Leone, Taiwan, le Japon, la Thaïlande, Sri Lanka, Vietnam, Jamaïque, Hawaï, Indonésie, Australie et le Brésil, Bangladesh, Népal (Dhanik *et al.*, 2017 ; Teuscher *et al.*, 2005).



**Figure 04 :** Carte géographique de la distribution géographique du gingembre (Foine, 2017).

## 5 Composition chimique

Le gingembre renferme une variété de composés actifs dont la concentration varie selon différents facteurs tels que l'origine géographique, la saison et la maturité des rhizomes (Wilson *et al.*, 2013). La majorité des composants chimiques sont concentrés dans le rhizome.

Les principaux composés responsables des propriétés thérapeutiques du gingembre se divisent en composés volatils et non volatils. La fraction non volatile comprend l'oléorésine, qui renferme les composants responsables du goût épicé de la plante. Elle contient des composés phénoliques qui représentent 5%-8% du poids sec, qui sont les gingérols, les shogaols, les paradols et les zingérones (Bellik, 2014).

Tandis que la fraction volatile est principalement composée de dérivés des huiles essentielles, responsables de l'arôme (Anasori et Asghari, 2008).

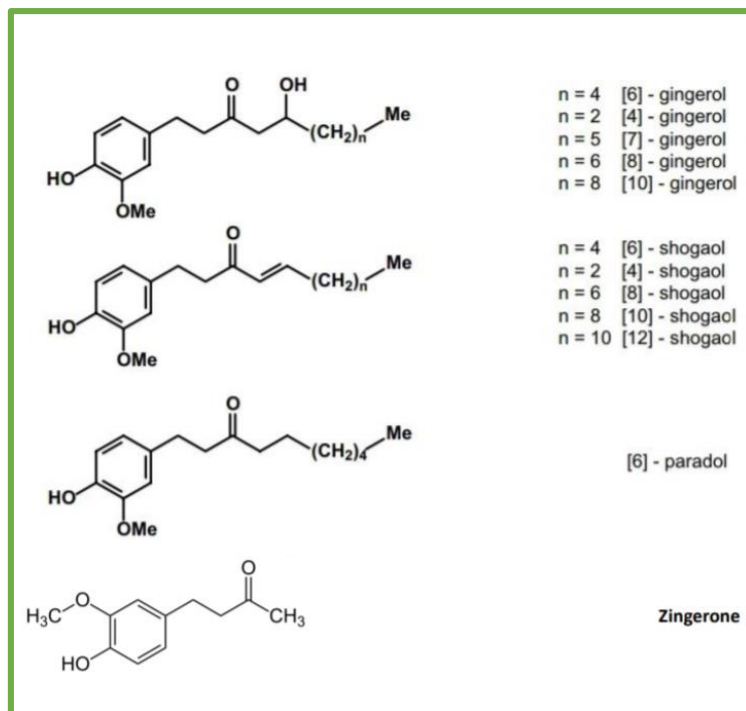


Figure 05 : Structure des principaux composants actifs du gingembre (Ali *et al.*, 2008).

Le gingembre contient aussi quelques acides phénoliques (acide gallique, acide vanillique, acide férulique, acide tannique, acide cinnamique et acide salicylique) et flavonoïdes (quercétine, rutine, catéchine, épicatechine, kaempférol, naringénine, fisétine et morin) (Ghasemzadeh *et al.*, 2010).

## 6 Propriété biologiques

- **Propriété antimicrobienne** : par le camphène, le phellandrène, le zingiberène et la zingérone, inhiber la croissance d'une variété de microorganismes pathogènes, y compris les bactéries à gram positif et à gram négatif, et les champignons (Kumar *et al.*, 2011 ; Teles *et al.*, 2019).
- **Propriété antioxydant** : par 6-gingérol, 6-shogaol, 8-gingérol et 10- gingérol (Sharma *et al.*, 2009 ; Atashak *et al.*, 2014).
- **Propriété anti-inflammatoire** : le gingérol inhiber la synthèse des prostaglandines et des leucotriènes augmentant ainsi l'aspect antiulcéreux et anti-inflammatoire (Faivre *et al.*, 2006).

- **Propriété anticancéreuse** : le 6-shogaol et le 6-gingérol possèdent un puissant effet antiprolifératif sur plusieurs lignées cellulaires tumorales (**Mishra *et al.*, 2012**).
- **Propriété antidiabétique** : en aidant le foie et le pancréas à se décongestionner et à bien fonctionner à la fabrication de la bile (**Semwal *et al.* 2015**).
- **Propriété antiémétique** : réduire les nausées et les vomissements causés par la chirurgie laparoscopie gynécologique (**Ravindran *et al.*, 2005 ; Gigon, 2012**).



# Partie Pratique





## **Chapitre III**

### **Matériels et Méthodes**



Notre travail consiste à évaluer l'activité antibactérienne des polyphénols provenant de la plante médicinale *Zingiber officinale* (gingembre), notre étude expérimentale a été réalisée en 2 parties, au niveau de hall de technologie, Faculté des sciences, université 20 août 1955 Skikda.

- Une 1<sup>ère</sup> partie biochimique qui consiste en l'extraction des polyphénols à partir des rhizomes frais de gingembre et le dosage du polyphénol totaux et des flavonoïdes, elle a été réalisée au niveau du laboratoire de biochimie.
- Une 2<sup>ème</sup> partie a été consacrée pour tester le pouvoir antibactérien de nos échantillons les polyphénols (frais et sèche) sur cinq souches bactériennes de références. Elle a été réalisée au niveau du laboratoire de microbiologie.

## 1 Matériel

### 1.1 Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude correspond à l'espèce de *Zingiber officinale* reconnue sous le nom de gingembre. La partie utilisée est le rhizome dont il a été achetés fraîche chez un herboriste de notre wilaya Skikda, dont il est originaire de la Chine.



**Figure 06 :** Rhizomes de *Zingiber officinale* (Original).

### 1.2 Souches bactériennes à tester

L'activité antibactérienne des polyphénols de *Zingiber officinale* a été testée sur cinq souches bactériennes :

Gram négatif (-) :

- ✓ *Escherchia coli* (ATCC25922)
- ✓ *Klibsiella pneumoniae* (ATCC13883)
- ✓ *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC27853)
- ✓ *Salmonella typhimurium* (ATCC14023)

Gram positif (+) :

✓ *Staphylococcus aureus* (ATCC25923)

Les souches ont été aimablement fournies par le laboratoire de microbiologie faculté des sciences université Badji Mokhtar Annaba où elles ont été conservées à 5C° dans des tubes stériles contenant 10ml de gélose nutritive incliné.

### 1.3 Matériel du laboratoire

L'ensemble des matériels et des produits utilisés dans notre travail seront cité au fur et à mesure de leur utilisation.

## 2 Méthodes

### 2.1 Préparation de la plante

Tout abord les rhizomes ont été lavées et épluchés.



**Figure 07 :** La préparation du matériel végétal (**Original**).

Les rhizomes frais ont été traités de deux manières afin d'avoir deux types de matière végétale utilisées pour l'extraction ; une fraîche et l'autre poudre sèche. Le protocole de préparation de la matière végétale est résumé dans la figure ci-dessous.

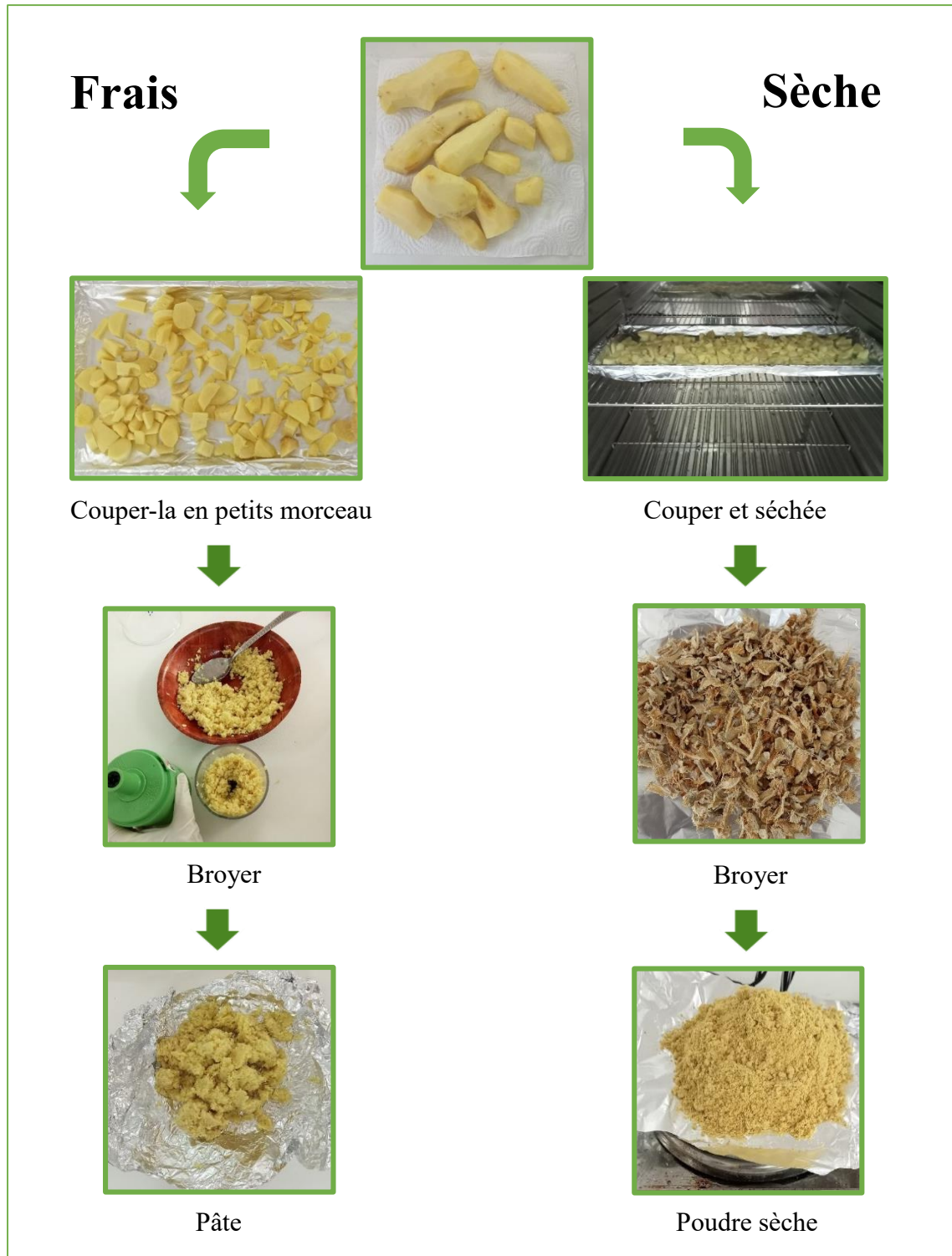


Figure 08 : Préparation de la matière végétale (Original).

## 2.2 Extraction des composés phénoliques à partir de la plante de *Zingiber officinale*

L'extraction des polyphénol totaux a été effectuée par macération de la matière végétale (50g) dans l'éthanol pendant 72h sous agitation permanente, avec renouvellement du solvant chaque 24h. Les trois filtrats sont regroupés ensuite sont soumis à l'évaporation à l'aide d'un évaporateur rotatif.

L'extrait obtenu est récupéré dans une boîte de pétri puis conservé à 4°C jusqu'à son utilisation.

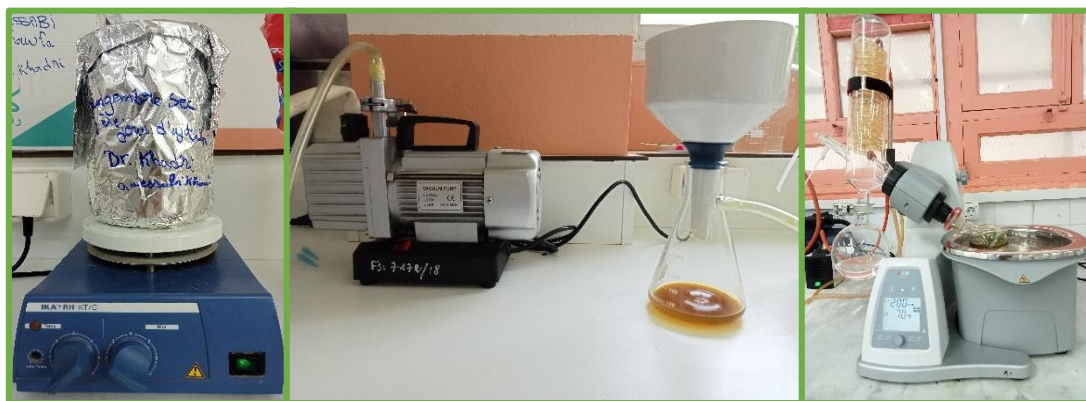


Figure 09 : Etapes d'extraction des composés phénoliques (Original).

## 2.3 Calcul du rendement

Pour déterminer le rendement de la plante en calculant le rapport suivant :

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

- ✓ P1 : poids du ballon après évaporation.
- ✓ P2 : poids du ballon vide avant évaporation.
- ✓ P3 : poids de la matière végétale de départ.

### 2.3.1 Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux a été réalisé par la méthode de Folin-Ciocalteu décrite par Wong *et al.*, (2006).

- **Principe de la réaction**

Le réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ( $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $\text{H}_3\text{PMO}_{12}\text{O}_{40}$ ). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols dans un milieu basique, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène ( $\text{W}_8\text{O}_{23}$ ) et de molybdène ( $\text{Mo}_8\text{O}_{23}$ )

(Robbins, 2003). La coloration bleue ainsi produite est proportionnelle aux taux de composés phénoliques et possède une absorption maximum aux environs de 750-765 nm.

- **Mode opératoire**

Il consiste à mélanger 200 µl de l'échantillon (0.5 mg dilué dans 1ml Méthanol) avec 1ml de réactif de Folin-Ciocalteu (10 fois diluée dans l'eau distillé). Les solutions ont été mélangées et incubées pendant 4 minutes. Après l'incubation, 800 µl de la solution de carbonate de sodium  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (75g/l) a été ajoutée. Le développement d'une couleur bleue est obtenu après incubation à l'obscurité et à température ambiante pendant 2 heures. Après incubation, l'absorbance est mesurée par un spectrophotomètre à 765 nm.

Le blanc de la réaction ne contenant pas de l'échantillon est réalisé comme le point 0 en µg/ml.

La concentration des polyphénols totaux a été calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec de l'acide gallique et est exprimée en microgramme (µg) équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg d'EAG/mg d'extrait).

### 2.3.2 Dosage des flavonoïdes totaux

La méthode de trichlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) cité par **Djeridane *et al.*, 2006** est utilisée pour quantifier les flavonoïdes.

- **Principe de la réaction**

Cette technique est basée sur la formation d'un complexe très stable, entre le chlorure d'aluminium et les atomes d'oxygène présent sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes (**Lagnika, 2005**).

- **Mode opératoire**

Brièvement, 1 ml de chaque échantillon (0.5 mg dissous dans 1ml de Méthanol) a été ajouté à 1ml de solution d' $\text{AlCl}_3$  (2% dans le méthanol). Le mélange a été vigoureusement agité et l'absorbance à 430 nm a été lue après 10 minutes d'incubation. Le blanc = control négatif : contient tout le mélange réactionnel sauf échantillon. Les résultats sont calculés à partir d'une courbe d'étalonnage établit avec de la quercétine et exprimé en µg d'équivalent de la quercétine par mg de l'extrait.

## 2.4 Test d'activité antibactérienne

L'activité antibactérienne des polyphénols de la plante médicinale *Zingiber officinale* in vitro a été testée par deux méthodes :

- ✓ La méthode de diffusion en milieu solide.
- ✓ La méthode de dilution en milieu solide.

### 2.4.1 Méthode de diffusion en milieu solide

Cette méthode permet de déterminer qualitativement l'activité inhibitrice de la croissance bactérienne par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour d'un disque de papier wattman imprégné de l'agent antibactérien à tester.

#### a. Préparation de l'inoculum

##### ▪ Préparation de pré culture

Les souches bactériennes à tester sont cultivées dans des boîtes de Pétri contenant de la gélose nutritive (GN) à l'aide d'une anse de platine ou pipette pasteur et incubées pendant 18h à 24h à une température de 37C°, afin d'obtenir une culture jeune et des colonies bien isolées.

##### ▪ Préparation de la suspension bactérienne

À partir d'une culture jeune, prélever à l'aide d'un écouvillon 3 à 5 colonies bien isolées et parfaitement identiques. Décharger l'écouvillon dans 5 ml d'eau physiologique stérile, agiter manuellement pour bien homogénéiser la suspension bactérienne. La standardisation de la suspension est réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre réglé à une longueur d'onde de 625nm.

La densité optique (DO) comprise entre 0.08 et 0.1 (CA-SFM, 2013).

#### b. Ensemencement

La gélose Mueller Hinton (MH) est coulée dans des boîtes de Pétri. Après refroidissement et solidification de la gélose (MH) sur la paillasse, la suspension bactérienne à tester sont étalés à la surface du milieu gélosé à l'aide d'un écouvillon.

Des disques de papier Wattman stériles de 6mm de diamètre imprégnés (10µl) de l'extrait (1mg de l'extrait frais/sèche dissous dans 1ml DMSO) sont déposés à l'aide d'une pince stérile sur la gélose.

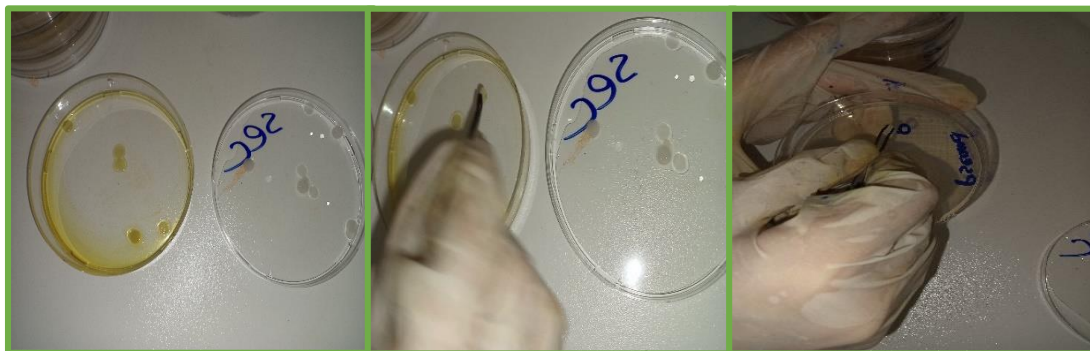
Des disques imprégnés de DMSO sont également déposés sur la même boîte pour servir de témoins.

Les boîtes de Pétri sont ensuite fermées et laissées diffuser à T° ambiante pendant 15min, puis incubées à 37C° pendant 24h (Ngameni *et al.*, 2009).

Les figures suivantes illustrent bien la méthode de diffusion en disques sur milieu solide.



**Figure 10 : Préparation de l'inoculum (Original).**



**Figure 11 : Application des disques sur gélose ensemencé par la souche bactérienne (Original).**

### c. Lecture

La lecture se fait par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque à l'aide d'une règle.

## 2.4.2 Méthode de dilution en milieu solide

Cette méthode permet de d'évaluer quantitativement l'effet inhibiteur de la croissance bactérienne d'un produit par la détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) qui correspond à la plus faible concentration qui inhibe la croissance visible des microorganismes après une incubation durant la 18 à 24h (Andrews, 2001).

### a. Préparation de la gamme de concentration des échantillons

Des gammes de concentration des polyphénols ont été préparées à partir d'une solution mère (1mg/1ml de DMSO pour l'extrait) suite à des dilutions successives à raison de 1 /10.

### b. Préparation des boîtes et ensemencements

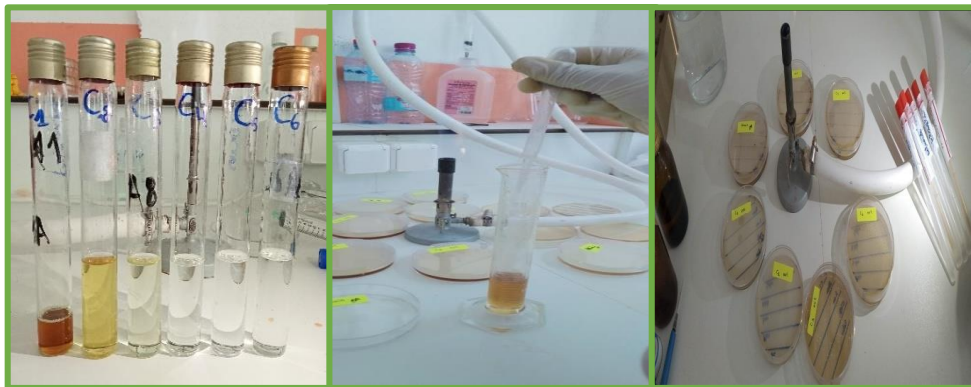
Dans un tube stérile a été mis 16 ml de milieu de MH en surfusion, incorporée 2 ml de chaque dilution, Homogénéiser et couler en boîte de Pétri.

Après solidification du milieu, l'ensemencement a été réalisé par des stries à l'aide d'un écouvillon.

Des boîtes témoins ont été réalisé contient de 16 ml de MH et 2ml de DMSO

Incuber pendant 24 heures à 37C°.

La figure ci-dessous représente la méthode de dilution en milieu solide.



**Figure 12 : Méthode de dilution en milieu solide (Original).**

### c. Lecture

La concentration minimale inhibitrice correspond à la plus petite concentration d'échantillon qui inhibe toute culture visible d'une souche bactérienne après incubation.

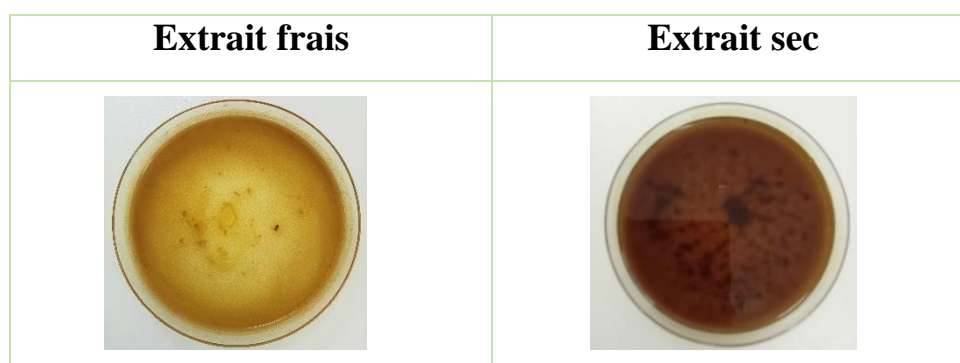


## **Chapitre IV**

### **Résultats et discussion**



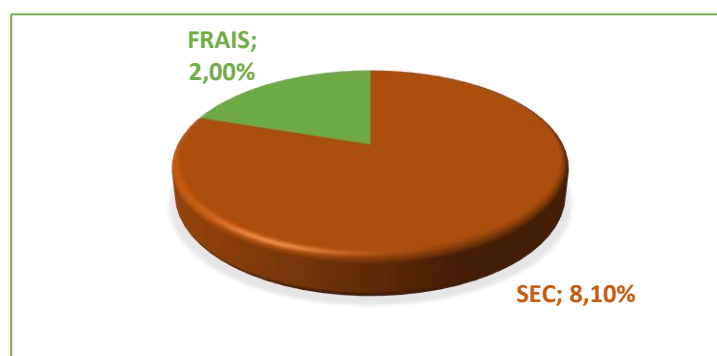
## 1 Rendement d'extraction



**Figure 13 :** L'extrait frais et l'extrait sec (Original).

Après l'extraction et l'évaporation, nous avons obtenu les deux rendements indiqués ci-dessus. On remarque que la couleur de l'extrait sec est plus sombre que l'extrait frais.

Les rendements des extraits poly phénoliques obtenu par macération des rhizomes frais et secs de la plante médicinale *Zingiber officinale* sont représentés dans la figure suivante :



**Figure 14 :** Rendements d'extraction du *Zingiber officinale* frais et sec.

Les résultats indiquent que l'extrait sec de *Zingiber officinale* a enregistré le meilleur rendement d'extraction, atteignant 8.097%. En comparaison, l'extrait frais a montré un faible rendement d'extraction de seulement 2%.

## 2 Teneurs en composés phénoliques

L'étude quantitative de l'extrait brut éthanolique des rhizomes de *Zingiber officinale* au moyen des dosages spectrophotométriques permet de déterminer la teneur totale des polyphénols et des flavonoïdes.

- **Polyphénols totaux**

La détermination de la teneur en polyphénols totaux de nos échantillons a été réalisée selon la méthode utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. La teneur totale des polyphénols

a été calculée à partir de la courbe d'étalonnage d'acide gallique et exprimée en  $\mu\text{g}$  équivalent d'acide gallique par mg d'extrait ( $\mu\text{g GAE/mg}$ ).

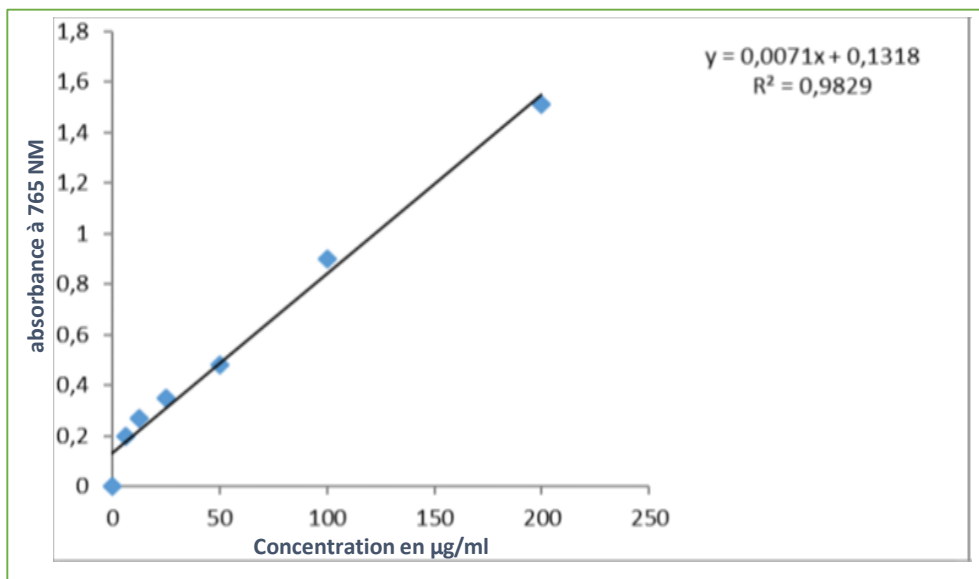


Figure 15 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

- Flavonoïdes totaux

La quantité des flavonoïdes a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage de quercétine et exprimés en  $\mu\text{g}$  équivalent de quercétine par mg d'extrait ( $\mu\text{g QE/mg}$ ).

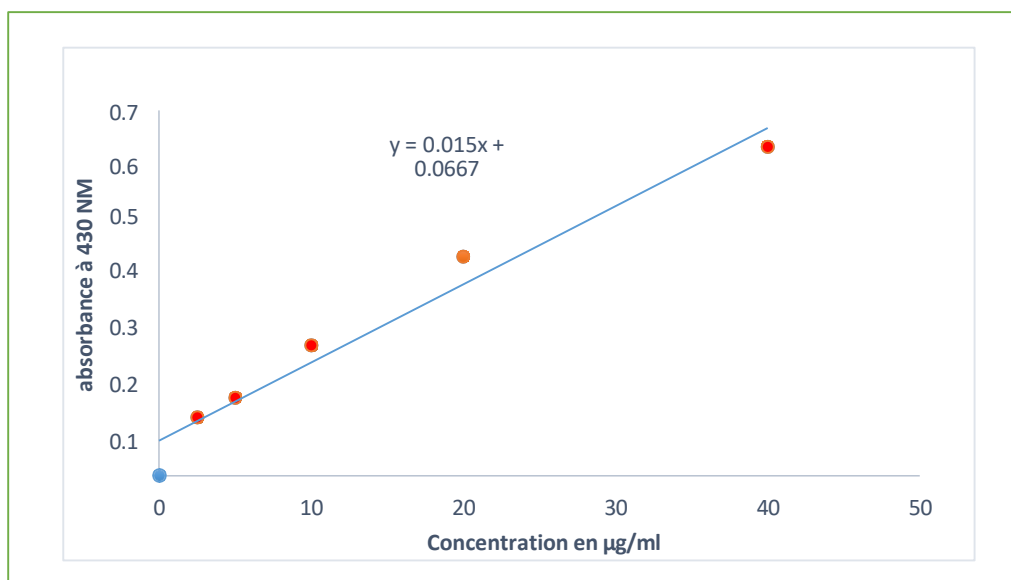
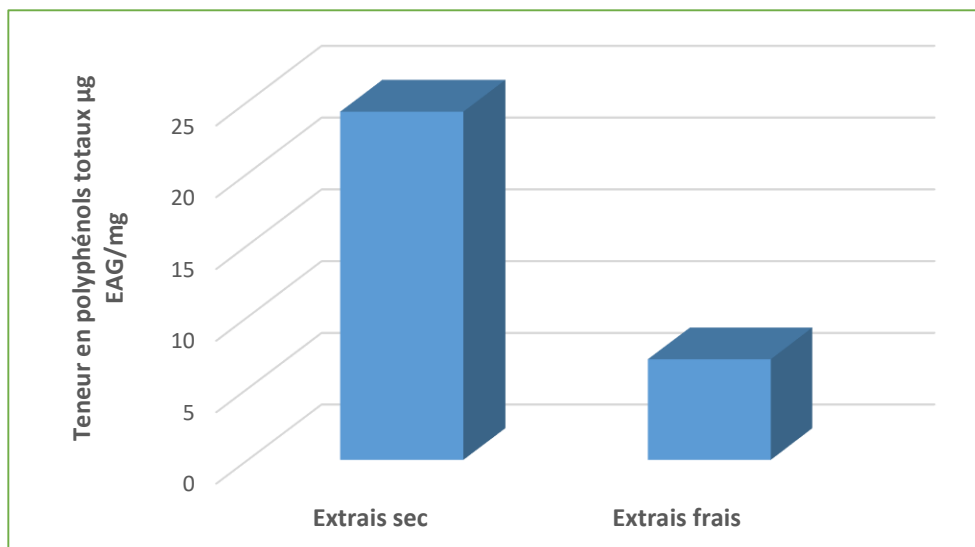
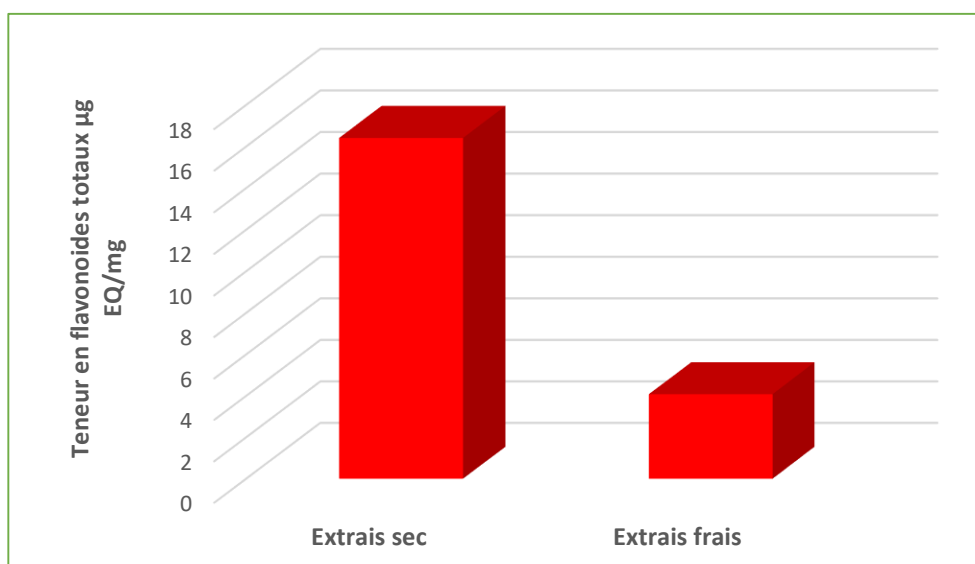


Figure 16 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.



**Figure 17 :** Teneur en polyphénols totaux de l'extrait sec et frais de *Zingiber officinale*.



**Figure 18 :** Teneur en flavonoïdes totaux de l'extrait sec et frais de *Zingiber officinale*.

Selon les résultats obtenus, on observe que la teneur en composé phénolique varie d'un échantillon à l'autre. Néanmoins, l'extrait éthanolique sec montrés des teneurs plus ou moins élevée en polyphénols totaux et en flavonoïdes (24,290 µg EAG/mg et 16,412 µg EQ/mg respectivement) par rapport à celles de l'extrait frais qui sont de 7,04 µg EAG/mg et 4,082 EQ/mg respectivement).

### 3 Activité antibactérienne des extrait éthanolique

L'activité antibactérienne des polyphénols extrait de la plante médicinale *Zingiber officinale* a été évalué sur cinq souches bactériennes : *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* par deux méthode : la méthode de diffusion en disque et la dilution sur un milieu gélosé solide Mueller Hinton.

#### 3.1 Méthode de diffusion en disque

La sensibilité des souches bactérienne testées par cette méthode se traduit par l'apparition d'une zone d'inhibition autour des disques. Rappelons que chaque disque contient 10µl de chaque échantillon. Les diamètres des zones d'inhibition de la croissance microbienne sont représentés dans le tableau suivant.

**Tableau 02 :** Diamètres des zones d'inhibition de la croissance bactérienne induites par les extrait polyphénolique brut de *Zingiber officinale*.

Souches bactériennes	Diamètres des zones d'inhibition (mm)		
	Extrait frais	Extrait sec	DMSO
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC27853)	–	–	–
<i>Salmonella typhimurium</i> (ATCC14023)	7	7	–
<i>Escherichia coli</i> (ATCC25922)	9	7	–
<i>Klebsiella pneumoniae</i> (ATCC13883)	8	9	–
<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC25923)	–	–	–

- : Absence d'une zone d'inhibition.

Selon les données enregistrées, les trois espèces bactériennes *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* et *Klebsiella pneumoniae* ont démontré une sensibilité aux deux échantillons testés.

L'espèce bactérienne *Salmonella typhimurium* a montré la même zone d'inhibition de 7 mm

de diamètre pour l'extrait frais et sec.

Les espèces bactériennes *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* ont montré une résistance pour les deux extraits.

L'extrait frais a présenté une meilleure activité inhibitrice de croissance vis-à-vis d'*Escherichia coli* avec une zone de 9 mm de diamètre, alors que la meilleure activité inhibitrice de l'extrait sec a été enregistrée vis-à-vis de l'espèce *Klebsiella pneumoniae* avec la même zone de 9 mm.

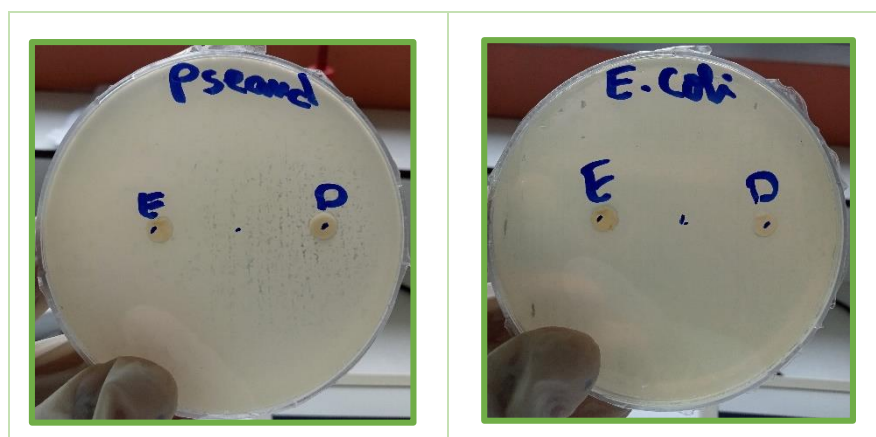
Cependant, le DMSO n'a présenté aucun effet sur toutes les souches testées.



**Figure 19** : Exemple du résultat de la méthode de diffusion en milieu solide de l'extrait frais (Original).

*Klebsiella pneumoniae* : présence du zone d'inhibition (sensible).

*Staphylococcus aureus* : absence du zone d'inhibition (résistante).



**Figure 20** : Exemple du résultat de la méthode de diffusion en milieu solide de l'extrait sec (Original).

*Escherichia coli* : présence du zone d'inhibition (sensible).

*Pseudomonas aeruginosa* : absence du zone d'inhibition (résistante).

3.2 Détermination de CMI par dilution en milieu gélosé

Les résultats des concentrations minimales inhibitrices des extraits de *Zingiber officinale* sont représentés dans les tableaux suivants :

**Tableau 03** : Résultats des CMI par méthode de dilution en milieu solide Muller-Hinton pour l'extrait poly phénolique frais de *Zingiber officinale*.

Souche Extrait (mg/ml)	<i>P,aeruginosa</i> ATCC27853	<i>S,typhimurium</i> ATCC14023	<i>E,coli</i> ATCC25922	<i>K,pneumoniae</i> ATCC13883	<i>S,aureus</i> ATCC25923
Solution mère	-	-	-	-	-
Dilution 1	+	-	-	-	+
Dilution 2	+	-	+	-	+
Dilution 3	+	+	+	-	+
Dilution 4	+	+	+	+	+
Dilution 5	+	+	+	+	+
Témoin DMSO	+	+	+	+	+

- : CMI                      - : Sensible                      + : Résistante

L'extrait poly phénolique brut de *Zingiber officinale* frais a montré une activité inhibitrice de la croissance vis-à-vis des cinq espèces bactérienne avec des CMI comprise entre 1mg/ml et 0,001mg/ml, dont la plus faible a été enregistrée contre *Klebsiella pneumoniae*

**Tableau 04 :** Résultats des CMI par méthode de dilution en milieu solide Muller-Hinton pour l'extrait poly phénolique sec de *Zingiber officinale*.

Souche Extrait (mg/ml)	<i>P,aeruginosa</i> ATCC27853	<i>S,typhimurium</i> ATCC14023	<i>E,coli</i> ATCC25922	<i>K,pneumoniae</i> ATCC13883	<i>S,aureus</i> ATCC25923
Solution mère	-	-	-	-	-
Dilution 1	+	-	+	-	-
Dilution 2	+	+	+	-	+
Dilution 3	+	+	+	-	+
Dilution 4	+	+	+	+	+
Dilution 5	+	+	+	+	+
Témoin DMSO	+	+	+	+	+

- : CMI                      - : Sensible                      + : Résistante

Concernant l'extrait sec a montré quelques changements par rapport à l'extrait frais pour les 3 espèces bactériennes *Salmonella typhimurium*, *Escherchia coli*, *Staphylococcus aureus*, les CMI enregistrées aussi comme l'extrait frais pour les cinq espèces ont comprise entre la solution mère et la troisième dilution.

*Pseudomonas aeuroginosa* est l'espèce bactérienne la plus résistante pour l'extrait éthanolique frais et sec.

Notre étude a permis de mettre en évidence, les différences entre le gingembre frais et séché en ce qui concerne leur activité antibactérienne.

Le rendement en extrait sec de *Zingiber officinale* est meilleur dont la teneur en polyphénol et flavonoïde est plus élevée que celle de l'extrait frais. Les différences de teneurs en composés phénoliques peuvent être expliquées par la faible spécificité du réactif de Folin-Ciocalteu, c'est l'inconvénient principal du dosage colorimétrique. Le réactif est extrêmement sensible à la réduction de tous les groupes d'hydroxyles non seulement celles des composés phénoliques, mais également de certains sucres et de protéines (Vuorela, 2005 ; Gomez-Caravaca *et al.*, 2006).

Nos résultats sont proches de ceux trouvés par Ait Amer et Benelhadj (2021) qui obtient le meilleur rendement dans l'extrait du *Zingiber officinale* sec avec 12.40%. Par rapport à l'extrait frais qui avait un rendement faible 4.02%, et une teneur en polyphénols d'extrait sec plus élevées (620.608 mg EAG/g MS), que l'extrait frais (433.799 mg EAG/g MS), et contrairement à nous, ils ont constaté que le contenu en flavonoïdes sont presque similaires pour les deux extraits frais et sec avec 105.302 mg EAG/g MS pour l'extrait sec et de 105.183 mg EAG/g MS pour l'extrait frais.

Certaines études ont montré que les teneurs en composés phénoliques varient considérablement d'une espèce à une autre ainsi qu'au sein d'une même espèce (Ksouri *et al.*, 2009), en raison des facteurs internes (génétique) et externes tels que les conditions climatiques, les températures élevées, l'exposition au soleil, les pratiques culturelles, la maturité à la récolte et les conditions de stockage .... (Podsdek, 2007).

De plus, la variation de sensibilité entre les espèces peut s'expliquer par le fait que les bactéries à Gram négatif sont réputées pour leur résistance accrue par rapport aux Gram positif, en raison des distinctions structurelles au niveau de leurs membranes externes. La structure de la paroi des bactéries Gram (-) est plus fine mais aussi plus complexe que celle des Gram (+), la paroi des bactéries à Gram négatif possède trois structures polymériques externes ou liées au peptidoglycane : des lipoprotéines, une membrane externe et des lipopolysaccharides qui sont attachés à la membrane externe. Ces éléments assurent l'imperméabilité de la paroi cellulaire aux solutés lipophiles. Et les porines de la membrane externe autorisent exclusivement le passage de petites molécules hydrophiles (600 Dalton) (Arias *et al.*, 2004). Les bactéries Gram négatif possèdent un espace périplasmique où les enzymes bactériennes décomposent les molécules introduites à travers les porines (Shan *et al.*, 2007). Les bactéries à Gram positif sont

plus sensibles aux agents antibactériens car elles possèdent uniquement le peptidoglycane qui ne constitue pas une véritable barrière sélective à ces composés (Arias *et al.*, 2004 ; Meyer *et al.*, 1988 ; Tian *et al.*, 2009). Il est probable que la résistance des souches testé a extrait est également due au métabolisme de certains composés à effet antibactérien. En effet, il a été prouvé que certaines souches ont la propriété de dégrader certains composés phénoliques. (Redríguez Vaquero *et al.*, 2007).



# Conclusion



Les plantes médicinales demeurent une source constante de principes actifs reconnus pour leurs bienfaits thérapeutiques. Nombre d'entre elles présentent des propriétés biologiques essentielles qui sont largement utilisées dans différents domaines tels que la médecine, la pharmacie et l'agriculture...

Cette étude vise à évaluer l'efficacité antibactérienne des extraits frais et secs de polyphénols de *Zingiber officinale*, l'une des plantes médicinales les plus utilisées en médecine traditionnelle Algérienne.

L'extraction des composés phénoliques de la plante a été réalisée par macération, produisant un rendement en extrait sec relativement élevé par rapport à celui de l'extrait frais, l'extrait sec dispose d'une teneur notable en polyphénols totaux et en flavonoïdes dosés par des méthodes spectrophotométriques avec un taux respectivement de 24.290µg EAG/mg et 7.04µg EQ/mg. Par ailleurs, l'extrait frais a montré des quantités relativement faibles en polyphénols et en flavonoïdes qui sont de 16.421µg EAG/mg et 4.082µg EQ/mg respectivement.

L'évaluation de l'activité antibactérienne de l'extrait des rhizomes de cette plante a été effectuée sur cinq souches (*Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Klébsiella pneumonia* et *Staphylococcus aureus*) par deux méthodes : méthode de diffusion en disque, méthode de dilution en milieu solide.

Les résultats obtenus montrent que cette plante possède une activité inhibitrice de la croissance modérée avec des CMI relativement faibles comprise entre 0,1 et 0,001mg/ml dont *Klébsiella pneumoniae* est l'espèce bactérienne la plus sensible et *Pseudomonas aeruginosa* l'espèce résistante vis-à-vis des deux extraits testés.

La différence de sensibilité des souches testées au poly phénolique de notre plante peut s'expliquer, d'une part, par la différence de leur composition dont de nombreux auteurs, ont constaté que le changement dans la composition chimique affecte directement les propriétés biologiques des extraits, d'autre part, par le fait que les bactéries à Gram (-) sont censées être plus résistantes que les Gram (+), ceci est dû aux différences structurales de leurs parois externes. La paroi des Gram (-) présente une structure plus fine mais plus complexe que celle des Gram+.

Ce travail mérite d'être complété, à l'avenir, on proposant les perspectives suivantes :

- Utiliser d'autres solvants organiques pour optimiser le rendement d'extraction, le fractionnement et la purification des composés phénoliques.

- Identifier les composés phénoliques par des techniques spectrométriques et chromatographiques : RMN, Spectrométrie de masse, HPLC...
- Augmenter le nombre des espèces microbiennes à tester et de travailler sur des souches microbiennes cliniques pathogènes.
- Le passage aux tests in vivo.
- Evaluer d'autres activités biologiques de *Zingiber officinale*.



**Références**  
**Bibliographiques**



- **Ait Amer, M. S., Benelhadj, R. M. (2021).** Etude comparative de l'activité antimicrobienne du *Zingiber officinale* (Gingembre) frais et sec. Mémoire de Master, Université Ibn Khaldoun Tiaret.
- **Alèdi, A., Amen, N. Y., Atti, T., Rodrigue, F. K., Pikassalé, A. K. (2018).** Effets De La Fertilisation Sur Les Nématodes Parasites Et Le Rendement En Rhizomes Frais Du Gingembre, *Zingiber officinale* Rosc. European Scientific Journal. Ed : Vol.14, No.24 (228) : pp 217.
- **Ali, B. H., Blunden, G., Tanira, M.O., Nemmar, A. (2008).** Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): a review of recent research. Food Chemical Toxicology, 46(2): 409-420.
- **Amari, S. (2016).** Étude phytochimique et évaluation de l'activité antibactérienne et antioxydante de deux extraits de la plante *Zingiber officinale*. Mémoire de fin d'étude. UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID-TLEMCEM. (46) : pp 11.
- **Anasori, P., Asghari, G. (2008).** Effects of light and differentiation on gingerol and zingiberene production in callus culture of *Zingiber officinale* Rosc. Research in Pharmaceutical Sciences, 3(1): 59-63.
- **Andrews, J. (2001).** Determination of minimum inhibitory concentrations. Journal of Antimicrobial Chemotherapy, 48(1), 5-6.
- **Arias, M. E., Gomez, J. D., Cudmani, N. M., Vattuone, M. A., Isla, M. I. (2004).** Antibacterial activity of ethanolic and aqueous extracts of *Acacia aroma* Gill. Ex Hook et Arn. Life Sciences, 75, pp :191–202.
- **Atashak, S., Peeri, M., Azarbayjani, M. A., Stannard, S. R. (2014).** Effects of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) supplementation and resistance training on some blood oxidative stress markers in obese men, Journal of Exercise Science & Fitness, 12, 26-30 p
- **Baba Aissa, F. (2000).** Les plantes médicinales en Algérie. Ed. Bouchène, Alger, 181p.
- **Babar, A. M., Hahn, E. J., Paek, K. Y. (2007).** Methyl jasmonate and salicylic acid induced oxidative stress and accumulation of phenolics in panax ginseng bioreactor root suspension cultures. Molecules, 12: 607-621.
- **Bellik, Y. (2014).** Total antioxidant activity and antimicrobial potency of the essential oil and oleoresin of *Zingiber officinale* Roscoe. Asian Pacific Journal of Tropical Disease, 4(1), 40-44.

- **Braga, M. E. M., Moreschi, S. R. M., Meireles, M. A. A. (2006).** Effects of supercritical fluid extraction on *Curcuma longa* L. and *Zingiber officinale* R. starches, *Carbohydrate Polymers*, 63: 340-346 p.
- **Brown, A. C., Shah, C., Liu, J., Pham, J. T. H., Zhang, J. G., Jadus, M. R. (2009).** Ginger's (*Zingiber officinale* Roscoe) inhibition of rat colonic adenocarcinoma cells proliferation and angiogenesis in vitro. *Phytotherapy Research*, 23, 640-645.
- **Broze, P., Zorani., Yu, A., Bieberstein, N., Bradfield, N., Tonov, S., Rakoskerti., Lunardi, S., Salcher, D., Tanir, K., Knape., Lenoble, P., Le Moal, O. (2010).** Précis de phytothérapie. s.l. : Alpen.
- **Bruneton, J. (2009).** Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales 4<sup>ème</sup> édition. Technique et Documentation .Paris, 1269 p.
- **CA-SFM. (2013).** Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie. Sur le lien : <http://www.sfm.asso.fr/>.
- **Chaabi, M. (2008).** Etude phytochimique et biologique d'espèces végétales africaines : *Euphorbia stenocla* Baill. (Euphorbiaceae), *Anogeissus liocarpus* Guill. & Perr. (Combretaceae), *Limoniastrum feei* (Girard) Batt. (Plumbaginaceae). Thèse de doctorat en pharmaco chimie, Université, Louis Pasteur et Université mentouri de Constantine(Alger): 179, 180.
- **Chabrier, J. Y. (2010).** Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie (Doctoral dissertation, UHP-Université Henri Poincaré).
- **Cheikh Ali, Z. (2012).** Études chimiques et biologiques d'*Aframomum sceptrum* (Zingiberaceae) et de la curcumine (Doctoral dissertation, Paris 11).
- **Cowan, M. M. (1999).** Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*, 12(4):564-570.
- **Dai, J., Mumper, R. J. (2010).** Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxydant and anticancer proprieties. *Molecules*, 15(10). 7313-52.
- **Dhanik, J., Arya, N., Nand, V. (2017).** A Review on *Zingiber officinale*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(3) : 174-184.
- **Djeridane, A., Yousfi, M., Boubekour, N., Boutassouna, D., Stocker, P., Vidal, N. (2006).** Antioxydant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing Phenolic compounds. *Food Chemistry*. 97: 654-660.
- **Eddouks, M., Ouahidi, M. L., Farid, O., Moufid, A., Khalidi, A., Lemhadri, A. (2007).** L'utilisation des plantes médicinales dans le traitement du diabète au Maroc. *Phytotherapie*.5(4) : pp 194.

- **Faivre, C. I., Lejeune, R., Staub, H., Goetz, P. (2006).** *Zingiber officinale* Roscoe, Phytothérapie, 2 : pp 99- 102.
- **Fleuriet, A., Jay-Allemand, C., Macheix, J. J. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux. Un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et universitaires romandes, collection biologie Lausanne, 192 p.
- **Foine, A. (2017).** Les Zingiberaceae en phytothérapie : l'exemple du gingembre. Thèse de doctorat. Université de Lille 2, Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de Lille (147) : pp 12-121.
- **Gahbiche, S. (2009).** LA PHYTOTHERAPIE. Certificat Thalassothérapie, section hydro- thermo thalassothérapie. Sousse, pp: 07.
- **Gayet, C. (2018).** Guide de poche de phytothérapie : Acné, migraine, ballonnements ... soignez-vous avec les plantes.
- **Ghafoor, K., Al Juhaimi, F., Özcan, M. M., Uslu, N., Babiker, E. E., Ahmed, I. A. M. (2020).** Total phenolics, total carotenoids, individual phenolics and antioxidant activity of ginger (*Zingiber officinale*) rhizome as affected by drying methods, LWT, Food science and Technology, 126, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109354>.
- **Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z., Rahmat, A. (2010).** Elevated carbon dioxide increases contents of flavonoids and phenolic compounds, and antioxidant activities in Malaysian young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe.) varieties. Molécules, 15(11), 7907-7922.
- **Ghedira, K. (2005).** Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. Phytothérapie, 4(3), 162-169.
- **Ghosh, D., Scheepens, A. (2009).** Vascular action of polyphenols. Molecular Nutrition & Food Research, 53 : 322 – 331.
- **Gigon, F. (2012).** Le gingembre, une épice contre la nausée. Phytothérapie, 10(2), 87-91.
- **Gómez-Caravaca, A. M., Gómez-Romero, M., Arráez-Román, D., Segura Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A. (2006).** Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 4(41), 1220-1234.
- **González-Gallego, J., García-Mediavilla, M. V., Sánchez-Campos, S., Tuñón, M. J. (2010).** Fruit polyphenols, immunity and inflammation. Br J Nutr, 104 Suppl 3:S15-27. doi: 10.1017/S0007114510003910. PMID: 20955647.
- **Guignard, J. L. (1996).** Biochimie Végétale. Ed. Masson, Paris. France. 255 P.

- **Huang, T. C., Chung, C. C., Wang, H. Y., Law, C. L., Chen, H. H. (2011).** Formation of 6-shogaol of ginger oil under different drying conditions. *Drying Technology*, 29, 248-255.
- **Ksouri, R., Falleh, H., Megdiche, W., Trabelsi, N., Mhamdi, B., Chaieb, K., Bakrouf, A., Magné, C., Abdely, C. (2009).** Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte *Tamarix gallica* L. and related polyphenolic constituents. *Food and Chemical Toxicology*, 47(8): 2083-2091.
- **Kumar, G., Karthik, L., Rao, B. (2011).** A Review on Pharmacological and Phytochemical Properties of *Zingiber officinale* Roscoe (Zingiberaceae). *Journal of Pharmacy Research*, 4(9): 2963-2966.
- **Lagnika, L. (2005).** Étude Phytochimique et Activité Antipaludique de Substances Naturelles isolées de Plantes Béninoises. Thèse de Doctorat, Université Louis Pasteur Strasbourg, Université d'Abomey-calavi Bénin.
- **Lardry, J. M., Haberkorn, V. (2007).** L'aromathérapie et les huiles essentielles. *Kinésithérapie, la Revue*. 61:14-7.
- **Maamri, S., (2008).** Etude de *pastacia atlantica* de deux régions de sud Algérienne : dosages des lipides, dosages des polyphénols, essais antileishmaniens. Mémoire de magister, Université de M'Hamed Bougera Boumerdes.
- **Manach, C., Mazur, A., Scalbert, A. (2005).** Polyphenols and prevention of cardiovascular diseases. *Current Opinion in Lipidology*, 16 : 1–8.
- **Meyer, A., Deiana, J., Leelere, H. (1988).** Cours de microbiologie générale, Ed.: Doin Paris, ISBN 2-70-40-0745-4, pp: 220-236.
- **Mishra, R K., Kumar A., Kumar, A. (2012).** Pharmacological Activity of *Zingiber officinale*. *International journal of pharmaceutical and chemical sciences. Ijpcs*, 1(3):p1422-1427.
- **Newman, D. J., Cragg, G. M. (2012).** Natural products as sources of new drugs over the 30 years from 1981 to 2010. *J. Nat. Prod.* Vol. (75): 311-335
- **Ngameni, B., Kuete, V., Simo, I. K., Mbaveng, A. T., Awoussong, P. K., Patnam, R., Roy, R., Ngadjui, B. T. (2009).** Antibacterial and antifungal activities of the crude extract and compounds from *Dorstenia turbinata* (Moraceae). *South African journal of botany*. 75(2): 256–261.
- **Oreka jardinage. (2021).** Gingembre : savoir planter, tailler, entretenir. <https://jardinage.ooreka.fr/plante/voir/134/gingembre>.

- **Podsdek, A. (2007).** Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT*. 40:1-11.
- **Rambaran, T. (2020).** Nanopolyphenols: a review of their encapsulation and anti-diabetic effects. *SN Applied Sciences*
- **Rauter, A. P., Branco, I., Tostao, Z., Pais, M. S., Gonzalez, A. G., Bermejo, J. B. (1989).** Flavonoids from *Artemisia campestris* Subsp *Maritima*. *Phytochemistry*. 28 (8): pp 2173.
- **Ravindran, P. N., Nirmal Babu, K. (2004).** *Ginger: The Genus Zingiber*. Edition internationale de Softcover. USA : CRCPress, 576p (Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles) (ISBN :9780415324687).
- **Robbins, S. P., Judje, T. (2003).** *Essentials of Organizational Behavior (VOL.7)*. Prentice Hall, Upper Saddle River.
- **Rodríguez Vaquero, M., Alberto, M., Narda, M. (2007).** Antibacterial effect of phenolic compounds from different wines. *Food Control*, 18, pp: 93-101.
- **Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C., Jiménez, L. (2005).** Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 45 (4), 287–306. doi:10.1080/1040869059096
- **Semwal, R. B., Semwal, D. K., Combrinck, S., Viljoen, A. M. (2015).** Gingerols and shogaols: Important nutraceutical principles from ginger. *Phytochemistry*, 117, 554–568 p.
- **Shan, B., Cai, Y. Z., Brooks, J. D., Corke, H. (2007).** The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. *International Journal of Food Microbiology*, 117, pp: 112-119.
- **Sharifi-Rad, J., Sureda, A., Tenore, G. C., Daglia, M., Sharifi-Rad, M., Valussi, M., Tundis, R., Sharifi-Rad, M., Loizzo, M., Ademiluyi, A. O., Sharifi-Rad, R., Ayatollahi, S. A., Iriti, M. (2017).** Biological Activities of Essential Oils: From Plant Chemoecology to Traditional Healing Systems. *Molecules*, 22(1) : 70.
- **Sharma, C., Ahmed, T., Sasidharan, S., Ahmed, M., Hussain, A. (2009).** Use of Gemcitabine and Ginger Extract Infusion May Improve the Efficiency of Cervical Cancer Treatment, *African Journal of Biotechnology*, 8: 7087-7093 p
- **Srinivasan, K. (2017).** Ginger rhizomes (*Zingiber officinale*): A spice with multiple health beneficial potentials. *PharmaNutrition*. 5 (1), 18-28.

- **Teles, A. M., Dos, S. B. A., Ferreira, C. G., Mouchreck, A. N., Calabrese, K. Da S., Abreusilva, A. L., Almeida-Souza, F. (2019).** Ginger (*Zingiber officinale*) Antimicrobial Potential: A Review. En: Ginger.
- **Teuscher, E., Anton, R., Lobstein, A. (2005).** Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et leurs huiles essentielles. Ed : Tec et Doc (522) : pp 259-260-263.
- **Tian, F., Ji, B., Li, B., Yang, J., Zhang, G., Chen, Y., Luo, Y. (2009).** Antioxidant and antimicrobial activities of consecutive extracts from *Galla chinensis*: The polarity affects the bioactivities. Food Chemistry, 113, pp: 173-179.
- **Verbois, S. (2015).** La phytothérapie. Une synthèse de référence illustrée pour découvrir les vertus et profiter des bienfaits des plantes
- **Vuorela, S. (2005).** Analysis, isolation, and bioactivities of rapeseed phenolics (dissertation).EKT series 1343. University of Helsinki. Department of Applied Chemistry and Microbiology.
- **Walton, N. J., Brown, D. E., Harborne, J. B. (1999).** Chemical from Plants: Perspectives on plant secondary products; Ed: World Scientific. P19.
- **Wilson, R., Haniadka, R., Sandhya, P., Palatty, P. L., Baliga, M. S. (2013).** Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) the Dietary Agent in Skin Care: A Review. In: Watson R.R. et Zibadi S. Bioactive Dietary Factors and Plant Extracts in Dermatology, Nutrition and Health. Springer Science+Business Media, New York (USA): 103-111.
- **Xiuzhen, H., Tao, S., Hongxiang, L. (2007).** Dietary Polyphenols and Their Biological Significance. International Journal of Molecular Sciences, 9(8), 950-988.