

République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان  
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCCEN  
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de  
l'Univers  
Département de BIOLOGIE



## MÉMOIRE

Présenté par

**SAIDI Amina et BENHAMMADI Sabiha**

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de MASTER en Sciences Biologiques**

En Physiologie Cellulaire et Physiopathologie

**Thème :**

**Caractérisation physico-chimique du gingembre**

Soutenu le Juin 2023, devant le jury composé de :

Président	BABA AHMED FZ	Professeur	Université de Tlemcen
Encadrant	BOUANANE Samira	Professeur	Université de Tlemcen
Examineur	BEREKSI REGUIG Salma	MCB	Université de Tlemcen

**Année universitaire 2022/2023**

# Remerciements

---

Au terme de ce travail, nous devons remercier tout d'abord le Bon Dieu qui nous a donné la force et le courage de suivre nos études et d'arriver à ce stade .

Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre encadreur Mme **BOUANANE SAMIRA** professeur à la faculté SNV/STU qui nous a beaucoup aidé, soutenu et nous a permis d'arriver à ce niveau-là et pour ses excellents conseils et surtout pour son temps passé avec nous ; sa patience, et sa confiance en nous sans oublier les membres de jury Mme **BABA AHMED FZ** professeur à la faculté SNV/STU et Mme **BEREKSI REGUIG S** Maître de Conférences classe B qui nous ont fait honneur d'examiner notre travail.

Nous tenons aussi à remercier l'ensemble des doctorants avec qui on a eu la chance de réaliser nos expériences pratiques parmi eux Mr **LAROUSSE MOHAMED AMINE** merci pour vos efforts votre temps et vos conseils très enrichissants.

Enfin, nous renouvelons nos remerciements à ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour réaliser ce travail sans oublier les enseignants qui ont contribué à notre formation.

*Merci à vous tous*

Merci mon Dieu, de m'avoir donné la capacité et la patience d'atteindre le bout de mon rêve

J'ai l'honneur de dédier ce mémoire :

A ma mère ; le symbole de tendresse qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite.

À mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études et qui m'a veillé tout au long de ma vie à m'encourager à me donner l'aide et à me protéger

A mes frères **Boubaker, Mohammed EL Amine** et **Youcef Feth Ellah** et ma sœur **Fatima Zahra**, Merci de me soutenir et de m'aider toujours, je vous exprime à travers ce travail les sentiments de fraternité et d'amour et je vous souhaite une vie pleine de joie et de bonheur..

A tous les membres de ma famille, petits et grands.

A mon binôme **BENHAMMADI Sabiha**, qui a partagé avec moi tous les moments depuis le début de notre travail .

A mes très chères **Yamina, Chourouk, Donia, Meriem, Ibtissam, Nassima et Souhila**

Merci pour tous les bons moments.

A tout mes collègues de la promotion de Master II physiologie cellulaire et physiopathologie de faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université AbouBekr Belkaïd Tlemcen et je leur souhaite plein de succès et excellence.

A tous ceux qui ont sacrifiés leur temps pour la science et à tous ceux qui ont utilisés la science pour le bien et la prospérité de l'humanité.

*Amina*

Tout d'abord louange à Allah qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long de mes études et m'a inspiré les bons pas, et avec l'aide et la grâce de Allah que j'ai achevé ce modeste travail.

Que je dédie :

A mes parents les plus chers au monde qui m'ont toujours aidé dans ma vie, encouragé et soutenu dans mes études ;

A mon frère et sœurs, à qui je souhaite plein de bonheur et de réussite dans leur vie.

A mon cher binôme **SAIDI Amina** pour son soutien moral et sa patience durant tout ce travail.

A mes chers ami(e)s et camarades, de la promotion de Master II physiologie cellulaire et physiopathologie pour tous les souvenirs pendant les années d'études ensemble.

A tous ceux qui m'aiment.

*Sabiha*



# Liste des Tableaux

---

<b>Tableau 1</b>	Les principaux pays producteurs du gingembre .....	17
<b>Tableau 2</b>	Valeur alimentaire du rhizome de gingembre .....	24
<b>Tableau 3</b>	Quelques classes distinctes des flavonoïdes .....	27
<b>Tableau 4</b>	Les produits utilisés et leurs formules brutes .....	36
<b>Tableau 5</b>	Résultats du screening phytochimique.....	49
<b>Tableau 6</b>	Teneurs des polyphénols totaux de décoction et macération .....	53
<b>Tableau 7</b>	Teneurs en flavonoïdes totaux : .....	55
<b>Tableau 8</b>	Les valeurs d'IC50 des extraits de <i>Z. officinale</i> et du Contrôle.....	58
<b>Tableau 9</b>	Les valeurs d'EC50 des extraits et quercétine. ....	61

# Liste des Figures

---

<b>Figure 1</b> Gingembre .....	13
<b>Figure 2</b> Les types de fleur de gingembre ouvert .....	14
<b>Figure 3</b> Répartition géographique de gingembre .....	16
<b>Figure 4</b> Structures des principaux constituants actifs du gingembre .....	25
<b>Figure 5</b> Structure de Les anthocyanes .....	29
<b>Figure 6</b> Structure des tanins hydrolysables (A) et condensés (B).....	30
<b>Figure 7</b> Squelettes de base des triterpènes .....	31
<b>Figure 8</b> Proto-alcaloïdes .....	32
<b>Figure 9</b> Les pseudo-alcaloïdes .....	32
<b>Figure 10</b> Rhizomes de gingembre frais.....	35
<b>Figure 11</b> Schéma récapitulatif du protocole de test saponoside. ....	38
<b>Figure 12</b> Schéma récapitulatif du protocole de test Tanin (hydrolysables).....	38
<b>Figure 13</b> Schéma récapitulatif du protocole de test Proanthocyanidol.....	39
<b>Figure 14</b> Schéma récapitulatif du protocole de test Flavonoïde. ....	39
<b>Figure 15</b> Schéma récapitulatif du protocole de test Tri terpène et Stéroïde. ....	40
<b>Figure 16</b> Schéma récapitulatif du protocole de test Alcaloïde.....	40
<b>Figure 17</b> Schéma récapitulatif du protocole de test Anthocyane.....	41
<b>Figure 18</b> Schéma récapitulatif du protocole de test Amidon .....	41
<b>Figure 19</b> Schéma récapitulatif du protocole de dosage des polyphénols totaux.....	42
<b>Figure 20</b> Schéma récapitulatif du protocole de dosage de flavonoïde.....	43
<b>Figure 21</b> Schéma récapitulatif du protocole de test du DPPH.....	44
<b>Figure 22</b> Schéma récapitulatif du protocole de Test du pouvoir réducteur. ....	46
<b>Figure 23</b> Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	53
<b>Figure 24</b> Teneurs en polyphénols totaux entre la décoction et macération. ....	54
<b>Figure 25</b> Courbe d'étalonnage de la quercétine. ....	55
<b>Figure 26</b> Teneurs en flavonoïdes entre la décoction et macération. ....	56
<b>Figure 27</b> Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique. ....	57
<b>Figure 28</b> Activité antioxydante des extraits de gingembre macération. ....	58
<b>Figure 29</b> Activité antioxydante des extraits de gingembre décoction. ....	58
<b>Figure 30</b> Pourcentage du radical DPPH par les extraits du gingembre et le contrôle. ....	59
<b>Figure 31</b> Pouvoir réducteur du fer de l'extrait de gingembre macération.....	60
<b>Figure 32</b> Pouvoir réducteur du fer de l'extrait de gingembre décoction .....	60
<b>Figure 33</b> Pouvoir réducteur des extraits et control (quercétine). ....	61

# Liste des abréviations

---

**Abs** : absorbance.

**DPPH** : 2,2 Diphényl 1- picrythydrazine.

**EA** : Extrait aqueux.

**EAE** : Extrait d'acétal d'éthyle.

**EAG/gMS** : Equivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche.

**ECH** : Extrait chloroforme.

**EC50** : Concentration efficace 50

**EG** : Extrait de gingembre.

**EM** : Extrait méthanolique

**ENB** : Extrait d n-butanol

**EH** : Extrait d'hexane

**Frap**: ferric reducing antioxydant power.

**Fe<sup>2+</sup>** : Fer Ferreux.

**Fe<sup>3+</sup>** : Fer Ferrique.

**H3PW12O40** : Acide phosphotungstique.

**H3PMO12O40** : Acide phosphomolybdique.

**HG** : huile de gingembre.

**IC50** : Concentration inhibitrice à 50%.

**PEE** : Extrait d'éther de pétrole.

**PG** : Poudre de gingembre.

**R2** : coefficient de corrélation

**Z. officinal**: Zingiber officinal

# Table des matières

---

Remerciements.....	i
Dédicace.....	ii
Liste des tableaux.....	iv
Liste des figures.....	v
Liste des abréviations.....	vi
Table des matières.....	vii
Introduction Générale.....	10

## PARTIE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I :Généralité sur le gingembre .....	13
I.1 Historique de gingembre :.....	13
I.2 Description botanique : .....	14
I.2.1 Partie souterraine :.....	14
I.2.2 Partie aérienne :.....	14
I.3 Classification botanique : .....	15
I.4 Répartition géographique : .....	15
I.5 Culture et production de gingembre :.....	16
I.6 Domaine d'utilisation du gingembre :.....	17
I.6.1 L'utilisation traditionnelle :.....	17
I.6.2 Les activités biologiques :.....	18
I.6.2.1 Activité antioxydante : .....	18
I.6.2.2 Activité antiémétique :.....	18
I.6.2.3 Activité antidiabétique :.....	19
I.6.2.4 Activité anticancéreuse :.....	19
I.6.2.5 Activité anti-inflammatoire : .....	20
I.6.2.6 Activité antimicrobienne : .....	20
I.7 Les bienfaits du gingembre sur la santé : .....	20
I.8 Les effets secondaires du gingembre :.....	21
Chapitre II :Métabolites secondaires .....	24
II.1 Composition chimique de gingembre :.....	23
II.1.1 Métabolites primaires :.....	25
II.1.2 Métabolites secondaires :.....	26
II.2 Classification des métabolites secondaires :.....	26
II.2.1 Les composés phénoliques :.....	26
A. Flavonoïdes :.....	27
B. Les anthocyanes :.....	28
C. Les tanins :.....	29
II.2.2 Terpenoïdes et stéroïdes :.....	30
II.2.3 Alcaloïdes :.....	31

## PARTIE 02 :Etude expérimentale

Chapitre III :Matériels et méthodes .....	26
III.1 Matériel d'étude : .....	35
III.1.1 Matériel végétal :.....	35
III.1.2 Produits chimiques :.....	36
III.2 Méthodologie : .....	37
III.2.1 Préparation de l'homogénat de gingembre :.....	37
III.2.2 Préparation des extraits : .....	37
III.2.2.1 Macération en milieu aqueux : .....	37
III.2.2.2 Décoction : .....	37
III.2.3 Test qualitatif : .....	37
III.2.3.1 Screening phytochimique :.....	37
<input type="checkbox"/> Saponosides :.....	37
<input type="checkbox"/> Tanins (hydrolysables) :.....	38
<input type="checkbox"/> Proanthocyanidols (tanins condensés).....	39
<input type="checkbox"/> Flavonoïdes : .....	39
<input type="checkbox"/> Triterpènes et Stéroïdes :.....	40
<input type="checkbox"/> Alcaloïdes :.....	40
<input type="checkbox"/> Anthocyanes :.....	41
<input type="checkbox"/> Amidon :.....	41
III.2.4 Test quantitatif : .....	42
III.2.4.1 Composées phénoliques :.....	42
Dosage des polyphénols totaux :.....	42
Dosage des flavonoïdes :.....	43
III.2.4.2 Activité antioxydants :.....	43
Test du DPPH :.....	43
Test du pouvoir réducteur : .....	45
Chapitre IV Résultats et discussions .....	36
IV.1 Test qualitatif :.....	49
IV.1.1 Screening phytochimique :.....	49
IV.2 Test quantitatif :.....	53
IV.2.1 Composée phénoliques :.....	53
IV.2.1.1 Dosage des polyphénols :.....	53
IV.2.1.2 Dosage des flavonoïdes :.....	54
IV.2.2 Activité antioxydants : .....	57
IV.2.2.1 Test de DPPH :.....	57
IV.2.2.2 Test du pouvoir réducteur :.....	59
Conclusion.....	68
Références Bibliographiques.....	70
Annexes.....	77

# Introduction

Les plantes médicinales sont "l'épine dorsale" de la médecine traditionnelle et sont considérées comme une riche source d'ingrédients pouvant être utilisés dans le développement et la synthèse de médicaments. De plus, ces plantes ont joué un rôle vital dans le développement de la culture humaine dans le monde entier (**Khan et al., 2019**).

Les plantes médicinales offrent des alternatives prometteuses à de nombreux médicaments. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime que jusqu'à 80% de la population mondiale dépend des préparations à base de plantes médicinales pour leurs besoins de santé.

En effet, de nombreuses plantes aromatiques et épices ont suscité l'intérêt de nombreux groupes de recherche (**Bellik et al., 2013**). Le gingembre, le rhizome de *Zingiber officinale*, est considéré comme un aliment, une épice, un complément et un agent aromatisant depuis plus de 3 000 ans dans des pays tels que la Birmanie, la Chine, le Congo, l'Allemagne, la Grèce, l'Inde, l'Indonésie, le Japon, le Sri Lanka, le Tibet, et aux États-Unis en raison de ses propriétés bénéfiques telles que le piquant et l'arôme (**Wohlmuth et al., 2005 ; Kubra et Rao, 2012 ; Kiyama, 2020**).

Aussi, le gingembre est utilisé dans la médecine traditionnelle pour traiter certaines maladies comme les nausées, l'indigestion, les douleurs abdominales, les coliques et la constipation. Les rhizomes de *Z. officinale* sont souvent mâchés crus et le jus avalé pour soulager les douleurs abdominales généralisées. *Z. officinale* est également utilisé comme aide respiratoire pour soulager la toux (**Amir et al., 2011**).

Compte tenu de ses caractéristiques, le gingembre a été largement étudié pour son activité biologique. Où le balayage des radicaux libres propriétés de leurs composés ont été bien établis comme antioxydants (**Bellik et al., 2014**).

Ainsi, l'objectif global de notre travail porte sur l'étude phytochimique, l'étude des composés phénoliques et l'activité antioxydante pour les deux extraits de gingembre obtenus par macération et décoction.

Pour cela, ce travail est subdivisé en deux parties principales :

La première partie concerne une revue bibliographique sur le gingembre en général, et les métabolites secondaires, leur classification en particulier.

Dans la deuxième partie, Nous avons réalisé une étude expérimentale qui consiste en un screening phytochimique, colorimétrique (polyphénol et flavonoïdes), et activité antioxydante (pouvoir réducteur et DPPH). Les résultats obtenus sont interprétés et discutés, et le travail est terminé par une conclusion générale.

## **Partie 01 :**

Synthèse  
Bibliographique

## **Chapitre I :**

# Généralités sur le gingembre

## I.1 Historique de gingembre :

L'une des épices les plus connues au monde est le gingembre (*Zingiber Officinale* Roscoe), qui appartient à la même famille végétale que la cardamome et le curcuma (Iijima et al., 2003 ; Bode et al., 2011) (Figure 1).

En dépit d'avoir un nom commun dérivé du mot anglais commun "zingiber," Gingembre a effectivement une histoire datant de plus de 3000 ans au mot sanskrit "srngaveram," qui en fonction de son apparence signifie "racine de corne", il était connu comme zinziberi en latin et ziggiberis en grec (Sabulal et al., 2006 ; Pinson, 2012).

Une des premières plantes encore en existence, le gingembre était l'une des premières épices orientales pendant plus de 5000 ans, les Indiens et les Chinois ont fabriqué le gingembre comme racine tonique pour traiter une variété de maladies et dans l'Égypte ancienne, le gingembre était une composante du processus de momification (Bode et al., 2011).

Ensuite, le gingembre s'est rapidement répandu par le commerce de toute l'Asie du Sud-Est vers les Caraïbes et l'Afrique de l'Ouest.

Les Phéniciens sont probablement responsables de la première traversée connue de cette épice orientale de la mer Méditerranée en Europe pendant l'empire romain au premier siècle (Lionel, 2006 ; Gigon, 2012).



Figure 1. Gingembre (Lucie, 2016)

## I.2 Description botanique :

Le gingembre est une plante herbacée, rhizomateuse et pérenne (Kumar et al., 2014 ; Tauheed et al., 2017) qui pousse bien dans des conditions chaudes et humides (Kumar et al., 2011 ; Kumar, 2014). Et divisé en deux parties :

### I.2.1 Partie souterraine :

Les rhizomes comprimés latéralement mesurent 7-15 cm de long et 1-1,5 cm de large. Des branches d'environ 1-3 cm de long s'élèvent et les morceaux mesurent environ 15 cm (le plus souvent 3 à 4 cm) de long et 1,5 à 6,5 cm (le plus souvent 1 à 1,5 cm) de large ; possèdent des branches horizontales, plates, ovales et obliques sur leur face supérieure, allongés en formes irrégulières, comme des tubercules avec des ramifications en forme de doigts, se terminant par des bourgeons (Deme et al., 2011 ; Tauheed et al., 2017).

La chair du rhizome de gingembre peut être de couleur jaune, blanche ou rouge, selon la variété. Elle est recouverte d'une peau brunâtre qui peut être épaisse ou mince, selon que la plante a été récoltée à maturité ou jeune (Kumar et al., 2014).

### I.2.2 Partie aérienne :

Les fleurs sont de couleurs variées, jaunes, blanches ou rouges (Figure 2) selon les variétés (Deme et al., 2011). L'ovaire est inférieur, à 3 cellules, avec de nombreux ovules ; le stylet passe derrière et entre les anthères et s'étend au-delà ; le stigmate est en touffe (Tauheed et al., 2017). Ces fleurs sont souvent stériles, mais à maturité, elles contiennent des graines noires de forme triangulaire. La tige souterraine est la partie de la plante qui s'hypertrophie pour donner des rhizomes, et qui présente généralement une peau beige pâle et une chair de couleur variant du jaune clair au jaune foncé (Deme et al., 2011).



Figure 2 . Les types de fleur de gingembre ouvert (Wikimedia Foundation, 2023)

### **I.3 Classification botanique :**

**Nom en français :** Gingembre commun (**Gigon, 2012**)

**Les noms alternatifs incluent** le gingembre, épice blanche, jenjan.

**Nom latin :** Zingiber officinale (Roscoe)

**Règne :** Plantae

**Sous-règne :** Trachéobionta

**Division :** Angiospermes car elles produisent des graines à l'intérieur d'un fruit.

**Classe :** Liliopsides par une évolution de la plante à un seul cotylédon avec des feuilles réduites aux pétioles, sans formation secondaire (**Richard, 2017 ; Ansari, 2021**)

**Sous-classe :** Zingibéridéés

**Ordre :** Zingibéral.

**Famille :** Zingibéracées

**Sous-famille :** Zingibéroïdéés

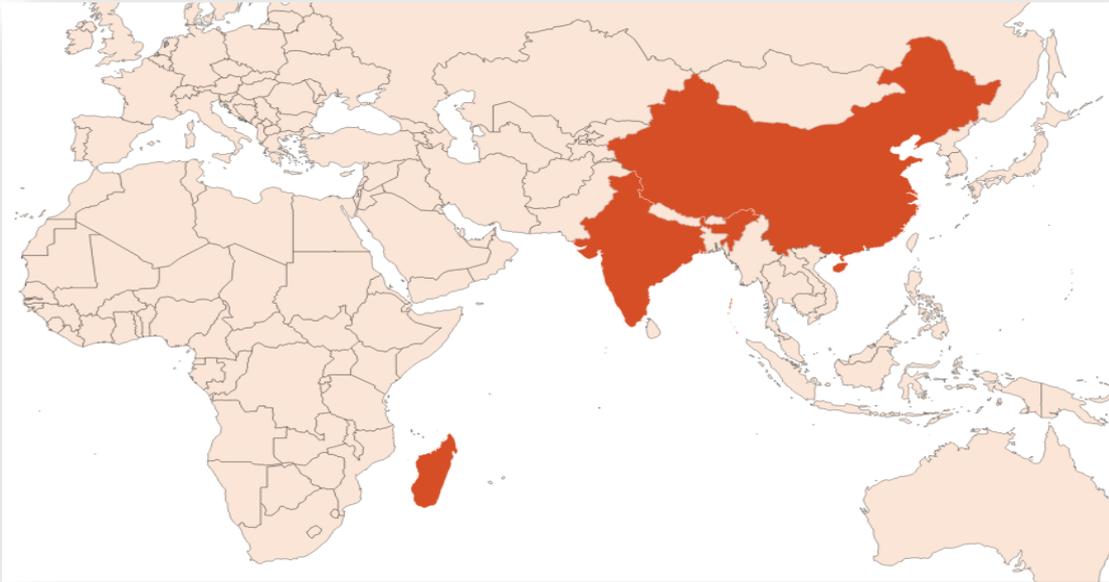
**Genre :** Zingiber.

### **I.4 Répartition géographique :**

Le gingembre est principalement distribué dans les pays de l'hémisphère sud :

Z. officinale est une plante adaptée aux régions tropicales et subtropicales. Il pousse bien dans des conditions chaudes et humides au-dessus de 1500 mètres sous le niveau de la mer (**Kumar et al, 2011**). Les plantes Zingibéracées sont largement distribuées dans les régions tropicales et subtropicales d'Asie, d'Afrique et d'Amérique, Le genre Alpinia est le plus répandu comptant plus de 300 espèces (**Saha et al., 2020**).

Le gingembre est cultivé principalement en Inde, ainsi qu'en Chine, en Indonésie et aux Philippines (**Figure 3**) (**Gigon, 2012 ; Sangwan et al., 2014 ; Marwat et al., 2015**).



**Figure 3.** Répartition géographique de gingembre (2023).

### **I.5 Culture et production de gingembre :**

La récolte a lieu 36 à 40 semaines après la plantation (9 à 10 mois plus tard) ; s'il est séché au soleil, il peut être récolté un peu avant la maturité des rhizomes pour une meilleure qualité commerciale (**Euring, 2015**). Généralement cueilli à la main, lavé et séché au soleil pendant deux à trois jours, et prend une couleur jaune avant de se transformer en poudre (**Faivre et al., 2006**).

Si c'était pour de nouvelles graines, on récolterait un peu plus tard après pleine maturité, car la valeur commerciale du rhizome (plus fibreux) n'est pas importante (**Euring, 2015**).

Bien qu'il soit produit dans toute l'Asie, les Caraïbes, l'Afrique et le Brésil, plus de la moitié de la production mondiale du gingembre provient de l'Inde et de la Chine (**Tableau 1**) (**Gigon, 2012 ; Sangwan et al., 2014 ; Marwat et al., 2015**).

## I.6 Domaine d'utilisation du gingembre :

### I.6.1 L'utilisation traditionnelle :

Le gingembre est essentiel dans la thérapie ayurvédique traditionnelle indienne (**Kumar et al., 2014**). De nombreuses maladies sont traitées avec, y compris l'indigestion, le manque de goût, la perte d'appétit, les flatulences, les coliques intestinales, biliaires, les nausées, les vomissements, les problèmes respiratoires, la douleur, les maux de tête, les douleurs au dos ou tout autre problème musculaire, les dents douloureuses et les gencives gonflées et sciatique (**Kumar et al., 2011 ; Tauheed et al., 2017 ; Ansari et al., 2021**).

Il est également utilisé dans les boissons traditionnelles indiennes. Le gingembre frais est l'une des épices les plus couramment utilisées dans la cuisine (**Kumar et al., 2014**).

**Tableau 1.** Les principaux pays producteurs du gingembre (Faivre et al., 2006)

Production en tonnes données de FAOSTAT (FAO)						
	2003		2004		2017	
Inde	275000	27%	275000	27%	1070000	35%
Chine	259719	25%	260000	25%	583126	19%
Indonésie	151000	15%	151000	15%	216587	7%
Nigeria	110000	11%	110000	11%	349895	11%
Népal	90000	9%	90000	9%	279504	9%
Bangladesh	43000	4%	48000	5%	77478	2%
Thaïlande	33000	3%	33000	3%	167479	5%
Philippines	30000	3%	30000	3%	27482	0.9%
Autres pays	39259	3%	39270	3%		
Total	1030978	100%	1036270	100%	3 038 120	100%

## **I.6.2 Les activités biologiques :**

### **I.6.2.1 Activité antioxydante :**

Plusieurs auteurs ont montré que le gingembre possède de fortes propriétés antioxydantes aussi bien in vitro qu'in vivo (**Ansari et al., 2021**). L'activité antioxydante du gingembre est liée aux composés présents dans le gingembre, tels que le zingibérène, la zingérone, le shogaol et le gingérol (**Parham, 2020**).

L'extrait de gingembre a des effets antioxydants sur les chondrocytes humains, le stress oxydatif médié par l'interleukine IL-1. Il stimule l'expression de plusieurs enzymes antioxydantes et réduit la production de ROS dans les cellules de fibrosarcome humain avec un stress oxydatif induit par H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Le gingembre est efficace contre la maladie de Parkinson car l'ingrédient actif zingérone du gingembre élimine les ions superoxyde et hydroxyde et inhibe la peroxydation lipidique.

De plus, préserve-le foie des dommages induits par le tétrachlorure de carbone et l'acétaminophène en cas de lésion hépatique aiguë.

Grâce à une digestion et une absorption appropriée, ainsi qu'au maintien d'une bonne circulation, le gingembre favorise une production accrue de déchets parallèlement aux fonctions physiologiques. En conséquence, l'accumulation de déchets corporels est excrétée du corps et une amélioration immunitaire se produit (**Mao, 2019 ; Dissanayake, 2020**).

### **I.6.2.2 Activité antiémétique :**

Le gingembre est traditionnellement utilisé pour traiter les symptômes gastro-intestinaux, et des recherches récentes ont montré que le gingembre est efficace pour soulager les nausées et les vomissements (**Sihombing et al., 2022**).

Une expérience in vitro a révélé que le 6-shogaol, le 6-gingérol et la zingérone inhibent la signalisation émétique dans les neurones afférents vagues via l'inhibition des récepteurs 5-HT, le 6-shogaol présentant l'effet inhibiteur le plus puissant (**Mao et al., 2019**).

Dans une autre expérience, les activités anxiolytiques et antiémétiques de l'extrait d'éther de pétrole ou de la fraction benzénique (BF) des rhizomes de gingembre séchés ont été contrôlées. Les résultats de l'étude complète ont indiqué que le fragment (BF) possédait des activités anticonvulsivantes, anxiolytiques et antiémétiques (**Tauheed et al., 2017**).

De plus, l'extrait de gingembre a atténué les nausées et les vomissements induits par la chimiothérapie en supprimant l'activation des récepteurs 5-HT dans les neurones entériques et a atténué les nausées induites par les médicaments antituberculeux et le traitement antirétroviral et ceux provoqués par la grossesse (Mao et al., 2019).

### **I.6.2.3 Activité antidiabétique :**

Le diabète sucré est connu comme un trouble métabolique grave causé par une carence en insuline et/ou une résistance à l'insuline, entraînant une glycémie anormalement élevée. L'hyperglycémie prolongée accélère la glycation des protéines et la formation de produits finaux de glycations avancées (AGE). De nombreuses études ont évalué les effets antidiabétiques du gingembre et de ses principaux composants actifs (Mao et al., 2019). Il a été démontré que le gingembre et ses extraits ont des effets hypoglycémiques significatifs chez les femmes diabétiques et non diabétiques (Khan et al., 2019).

Il a des effets thérapeutiques antidiabétiques en augmentant la sensibilité et la synthèse de l'insuline, en protégeant les îlots pancréatiques, en réduisant l'accumulation de graisse, en diminuant le stress oxydatif et en augmentant l'absorption tissulaire du glucose.

Il a également été démontré qu'il protège contre plusieurs complications liées au diabète, telles que la maladie rénale et la cataracte, peut-être en agissant comme un antioxydant et un agent anti-glucose (Tauheed et al., 2017).

### **I.6.2.4 Activité anticancéreuse :**

De nombreuses tumeurs malignes, y compris le cancer du col de l'utérus, cancer du côlon, cancer des reins, cancer de la prostate et tumeur du pancréas et du rein, sont traitées avec du gingembre comme agent thérapeutique, parce qu'il contient des composés bioactifs tels que le zéumbone, le 6-gingerole, 6-shogaol et le 6-paradol (Semwal et al., 2015 ; Dissanayake et al., 2020).

Le composant actif 6-gingérol joue un rôle important dans la suppression de l'hyperprolifération et l'inflammation qui conduit à l'angiogenèse, la carcinogenèse suivie de métastases (Khan et al., 2019). Il est également capable de supprimer la croissance des cellules du carcinome épidermoïde humain via des espèces réactives d'oxygène (ROS), et qui affectent les tumeurs hépatiques en arrêtant le cycle cellulaire et en déclenchant l'apoptose.

En réduisant la colite résultant de l'inhibition de la prolifération, Zerumbone orale a également un impact sur la réduction du nombre d'adénomes du côlon.

Des études précliniques ont montré que les ingrédients actifs de *Z. officinale* peuvent tuer les cellules cancéreuses ovariennes en déclenchant l'apoptose et l'autodigestion (autophagocytose) (Dissanayake et al., 2020).

#### **I.6.2.5 Activité anti-inflammatoire :**

Le gingembre a été rapporté pour être bénéfique dans le traitement de l'inflammation. (Karunakaran et al., 2019). Gingerol, Shogaol, Paradol, Zingerones et Gingerdione ont tous des propriétés pharmacologiques anti-inflammatoires et agissent comme un puissant inhibiteur de la cyclooxygénase (COX-2), inhibant la formation de prostaglandines et de leucotriène, et un extrait de gingembre a réduit l'expression accrue du facteur de nécrose tumorale alpha (TNF $\alpha$ ) et le facteur nucléaire kappa-light-chain-enhancer des cellules B activées (NF-B) (République tchèque et al., 2019 ; Paraguay et al., 2021 ; Gurung et al., 2022). De plus, le composant shogalos du gingembre agit comme agoniste de la sous-famille des canaux potentiels des récepteurs transitoires Vanilliod 1 (TRPV1), qui est responsable du transport des intrants physiques et chimiques (Gurung et al., 2022).

#### **I.6.2.6 Activité antimicrobienne :**

Il a été démontré que certains flavonoïdes inhibent la croissance bactérienne en inhibant la synthèse des acides nucléiques, la fonction de la membrane cytoplasmique, le métabolisme énergétique, l'adhésion et le développement du biofilm, l'inhibition de la porine dans les membranes cellulaires, les changements dans la perméabilité du diaphragme et la pathogénicité. (Alkandahri et al., 2020). Par ailleurs, les huiles essentielles du rhizome de gingembre ont la capacité à affecter la morphologie des bactéries et à contenir l'activité antibactérienne contre les bactéries Gram positives et négatives, avec des intensités variables en fonction de la composition chimique (Wibowo et al., 2020).

### **I.7 Les bienfaits du gingembre sur la santé :**

Le gingembre est un médicament à caractère chaud avec un goût fort, avec un impact gastro-intestinal protecteur, ainsi que des effets bénéfiques sur les glycoprotéines muqueuses et l'absorption du fer, du zinc, du calcium et du bêta-carotène dans l'intestin, il a été démontré que le gingembre protège contre les ulcères (Gigon, 2012 ; Ajayi et al., 2014).

En outre, le gingembre aide à diminuer les niveaux de lipides, le poids corporel, l'hyperglycémie et l'hyperinsulinémie induite par le fructose sur les concentrations des lipides et du glucose dans le sang (**Ansari et al., 2021**).

Il a un effet sur la coagulation et la pression artérielle et impact sur le système cardiovasculaire (**Ansari et al., 2021**). Le gingembre améliore les contractions du muscle cardiaque et augmente la circulation sanguine dans tout le corps, et les avantages de prévention du cancer (**Kumar et al., 2014**).

### **I.8 Les effets secondaires du gingembre :**

Des études ont montré qu'en cas d'ingestion supérieure à 6 grammes, la racine de gingembre peut aggraver les troubles gastro-intestinaux tels que le reflux gastro-intestinal, les brûlures d'estomac.

Il peut abaisser la pression artérielle et a été montré pour causer des arythmies dans un petit nombre de cas. En augmentant la sécrétion d'acide biliaire, il peut aggraver la formation de calculs biliaires (**Modi, 2022**).

Le gingembre aggrave les problèmes de saignement (**Benzie, 2011**). Comme certains experts pensaient que le gingembre pourrait causer des saignements en raison de ses propriétés antiplaquettaires (éclaircissant le sang) (**Vasala, 2012**).

Consommé en grande quantité, le gingembre peut provoquer la diarrhée, car les ingrédients actifs du gingembre accélèrent le passage des aliments dans les intestins et peuvent causer la diarrhée (**Cai, 2015**).

Selon certains experts, la consommation de gingembre pendant la grossesse peut augmenter le risque d'avortement (**Shawahna, 2017**).

La réaction allergique la plus fréquente au gingembre est une éruption cutanée, d'autres allergies au gingembre comprennent les démangeaisons des yeux, l'érythème de la peau et l'inflammation (**Sanavi, 2010**).

## **Chapitre II :**

### Métabolismes Secondaires

## II.1 Composition chimique de gingembre :

Des études phytochimiques ont montré que le tronc de gingembre contient une série de composés à diverses concentrations selon l'origine géographique, saison de croissance, récolte et maturité (**Deme et al., 2021**). Le rhizome contient également : 3-6% d'huile grasse, 9% de protéines, 60-70% glucides, 3 à 8% de fibres, 9 à 12% d'eau et 2 à 3% d'huile volatile (**Banajee et al., 2011 ; Keeshan, 2020**). (Tableau 2).

Beaucoup de ces composants volatils de l'huile contribuent à l'arôme et à la saveur unique du gingembre (**Kumar et Sharma, 2014 ; Deme et al., 2021**). Exemple : 36% de zingébrène, 18% de curcumine et 10% de farnésienne (**Kumar et Sharma, 2014 ; Kiyama, 2020**).

Les composés stimulants non volatils qui produisent une sensation de chaleur dans la bouche comprennent, par exemple : les gingérols, les para dols et les zinguerons (**Banerjee et al., 2011 ; Kumar et Sharma, 2014 ; Karunakaran et Sadanandan, 2019**).

Les gingérols sont un groupe d'homologues chimiques se distinguant par la longueur de leurs chaînes alkyles non ramifiées (**Kumar et Sharma, 2014**), qu'on utilise comme un anticancéreux, anti-inflammatoires, antioxydants et anti angiogénèse (**Kiyama, 2020**).

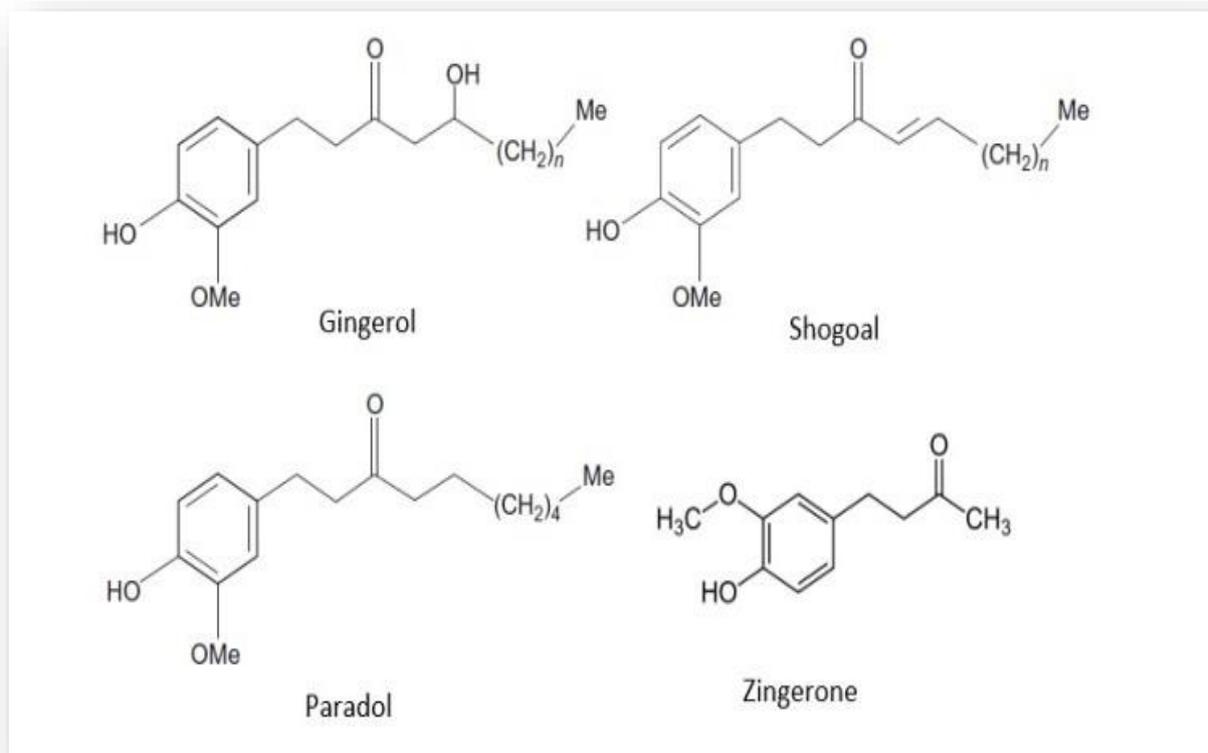
À haute température, les gingérols sont instables sur le plan thermique et convertis-en [6] - shogaol (n=4), [8] - shogaol (n=6) et [10] -shogaol (n=8) (**Wohlmuth et al., 2005**).

Les shogaols sont des sous-produits de la déshydratation des gingembres pendant le stockage à long terme ou le traitement thermique (**Kumar et Sharma, 2014**), utilisés comme un antioxydant, anti-inflammatoire, anticancéreux, antiémétique, neuroprotecteur (**Kiyama, 2020**).

La zingérone est produite directement pendant le séchage du gingembre ainsi que par dégradation thermique du gingembre, et elle est présente en quantités importantes (environ 9,25% dans le gingembre) (**Ahmad et al., 2015**). C'est un anti-inflammatoire, antidiabétique, anti diarrhéique, antispasmodique, anti cancer, antiémétique, simulant d'appétit, anxiolytique, anti thrombotique, radiation protectrice, antimicrobien (**Kiyama, 2020**) (**Figure 4**).

**Tableau 2.** Valeur alimentaire du rhizome de gingembre (Deme et al., 2021).

<b>Nutriments</b>	<b>Composition pour 100g de rhizome</b>
<b>Energie</b>	80 cal
<b>Les glucides</b>	18 g
<b>Protéines</b>	1.82 g
<b>Lipides</b>	0.8 g
<b>Les acides gras saturés</b>	2.2 g
<b>Graisse</b>	0.75 g
<b>Sucres</b>	1.7 g
<b>Fibre alimentaire</b>	2 g
<b>Thiamine (vitamine B1)</b>	0.025 mg
<b>Riboflavine (vitamine B2)</b>	0.034 mg
<b>Vitamine B3 (Niacine)</b>	0.075 mg
<b>Vitamine B5 (acide pantothénique)</b>	0.203 mg
<b>Vitamine B6 (Pyridoxine)</b>	0.2 mg
<b>Vitamine B9 (acide folique)</b>	11 µg
<b>Vitamine C</b>	5 mg
<b>Calcium</b>	16 mg
<b>Fer</b>	0.6 mg
<b>Magnésium</b>	43 mg
<b>Phosphores</b>	34 mg
<b>Potassium</b>	415 mg
<b>Zinc</b>	0.34 mg



**Figure 4.** Structures des principaux constituants actifs du gingembre

### II.1.1 Métabolites primaires :

Sont associés à la création de métabolites tels que les glucides, les acides aminés, les lipides, la chlorophylle, les acides nucléiques, etc., qui sont utilisés par les plantes dans les processus métaboliques primaires de soutenir et de construire des cellules végétales (**Ghasemzadeh et al., 2011 ; Kumar et al., 2018**).

Les métabolites primaires comme les acides aminés, comme la phénylalanine, et les intermédiaires critiques dans la biosynthèse des gingérols, et d'autres métabolites principaux, comme la xylose, la riboflavine et le glutathion, ont été trouvés dans des concentrations plus élevées dans des échantillons frais que dans des produits séchés. La richesse en acides aminés, sucres, acides organiques et différents lipides a permis l'utilisation du gingembre comme nutraceutique (**Salem et al., 2021**).

## **II.1.2 Métabolites secondaires :**

Les plantes peuvent produire une grande variété de métabolites. On prévoit que les plantes contiendront plus de 1 000 000 de métabolites (**Yonekura et al., 2019**).

La majorité d'entre eux sont des métabolites secondaires, qui ont une variété de fonctions physiologiques et écologiques, telles que la signalisation, attirer les pollinisateurs et les porteurs de graines, et protéger les plantes contre les herbivores et les pathogènes.

Les plantes ont gagné, cultivé et parfois perdu la capacité de créer cette vaste diversité de métabolites au cours de l'évolution, qui fournit les mécanismes d'adaptation nécessaires à la survie dans des conditions changeantes (**Kumar et al., 2018**).

En outre, les métabolites secondaires ont une énorme diversité chimique, chaque créature a son propre ensemble de métabolites secondaires, dont certains peuvent être partagés avec d'autres animaux apparentés ou totalement indépendants, et ils sont nécessaires pour qu'un organisme prospère en tant qu'espèce à part entière (**Verpoorte et Alfermann, 2000**).

## **II.2 Classification des métabolites secondaires :**

Les métabolites secondaires sont divisés en trois catégories : les composés phénoliques, les terpènes et les stéroïdes, et les alcaloïdes. Chacune de ces classes a un ensemble diversifié de produits chimiques avec une grande variété de fonctions en biologie humaine (**Krief, 2003**).

### **II.2.1 Les composés phénoliques :**

Les composés phénoliques sont l'une des énormes familles de molécules que l'on trouve dans le règne végétal. Ils se distinguent par la présence d'une collection diversifiée de produits phytochimiques qui contiennent au moins un noyau aromatique et un ou plusieurs groupes hydroxyles (**Krief, 2003 ; Kabran et al., 2014**), et comprennent un large éventail de molécules ayant des structures similaires (**Rajbhar et al., 2015**).

Les polyphénols peuvent être classés en plusieurs types selon leur cycle phénolique, les classes primaires de polyphénols étant les acides phénoliques, les flavonoïdes, les stilbins, les alcools phénoliques, les tanins et les lignanes. Certains acides phénoliques se trouvent dans les plantes comme les fruits, les légumes, les céréales et le café, le rôle protecteur des polyphénols dans la santé et la maladie est bien reconnu dans les aliments consommés quotidiennement, et riches en antioxydants et phytochimiques, et ils ont également quelques propriétés bénéfiques pour la

santé, tels que : anti-allergène, anti-inflammatoire, antimicrobien, antioxydant, anti thrombotique, cardioprotecteur et vasodilatateur (Rajbhar et al., 2015 ; Abbas et al., 2017).

- **Classification des polyphénols :**

Parmi les classifications des polyphénols, il y a :

**A. Flavonoïde :**

➤ **Définition :**

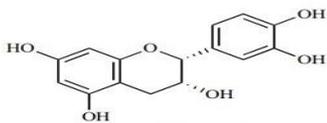
Les flavonoïdes sont des pigments végétaux simples ou glycosylés responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles (Havsteen, 2002 ; Krief, 2003). Les flavonoïdes sont formés par la condensation de trois unités malonyl-CoA (C-2) et d'une unité d'acide P-coumarique (C-9) pour produire un noyau de base (C6-C3-C6) constitué de deux cycles de benzène reliés par une unité de trois carbones comme un cycle de pyrène contenant de l'oxygène (Cazarolli et al., 2008).

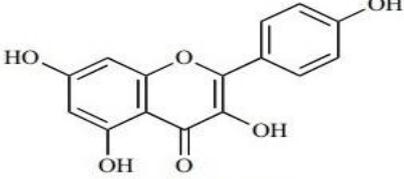
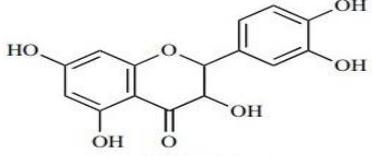
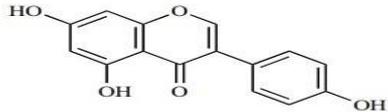
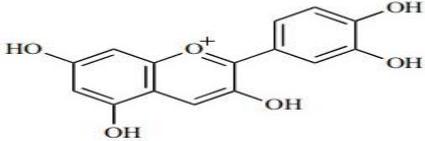
La structure est essentiellement composée de deux cycles aromatiques A et B reliés par un pont à 3 carbones, qui est normalement sous forme d'un cycle hétérocyclique.

Les principaux groupes de flavonoïdes sont formés à la suite de variations des modèles de substitution au cycle C (Ajila et al., 2011 ; Liu et al., 2021).

➤ **Classification des flavonoïdes :**

**Tableau 3.** Quelques classes distinctes des flavonoïdes (Cazarolli et al., 2008).

Classes	Formules	Sources
flavanols	 <p>(FLAVANOL) (2R,3R)-3,4-dihydro-3,5,7-trihydroxy-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-4H-1-benzopyran((-)-epicatechin)</p>	oignon, thé et pomme

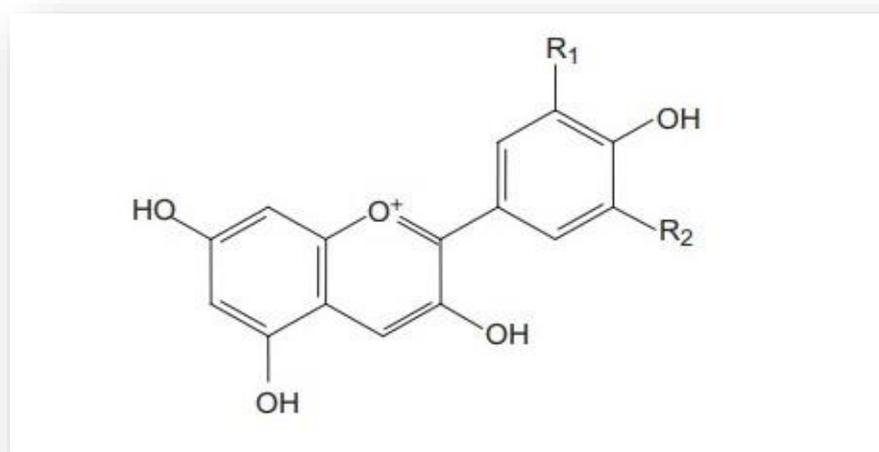
flavonols	 <p><b>(FLAVONOL)</b> 3,5,7-trihydroxy-2-(4-hydroxyphenyl)-4H-1-benzopyran-4-one (kaempferol)</p>	Oignon petits fruits broccoli
lavanones	 <p><b>(FLAVANONOL)</b> 2,3-dihydro-3,5,7-trihydroxy-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-4H-1-benzopyran-4-one (taxifolin)</p>	Agrume (oranges et mandarins)
Isoflavones	 <p><b>ISOFLAVONE NUCLEUS</b> 5,7-dihydroxy-3-(4-hydroxyphenyl)-4H-1-benzopyran-4-one (genistein)</p>	de soya
anthocyanes	 <p><b>ANTHOCYANIDIN NUCLEUS</b> 3,5,7-trihydroxy-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-1-benzopyrilium cyanidin</p>	la pelargonidine, la cyanidine, la delphinidine et la malvidine

### Les anthocyanes :

Sont des produits chimiques phénoliques du groupe des flavonoïdes qui ont été extraits des plantes sous environ 250 formes distinctes. C'est le groupe le plus important de pigments

solubles dans l'eau dans le règne végétal, responsables de la majorité des couleurs rouges, bleues et violettes trouvées dans les fruits, légumes, fleurs et autres tissus végétaux.

Les anthocyanes aident également à attirer les animaux, ce qui entraîne la dispersion et la pollinisation des graines. Ils ont des propriétés médicinales comme anti-inflammatoires et antioxydants (Ajila et al., 2011) (Figure 5).



**Figure 5.** Structure de Les anthocyanes (Ajila et al., 2011)

## Les tanins :

### ➤ Définition :

Le terme "tanin" provient de l'utilisation de cette classe de composés dans le tannage des peaux, faire du cuir (Pizzi, 2019). Les tanins se trouvent aussi dans le thé, le café, la canneberge, mûre, grenade et raisins, et ces noms sont souvent utilisés pour décrire les grands complexes biomolécules poly phénoliques avec suffisamment d'hydroxyles et d'autres groupes appropriés tels que carboxyles pour former des complexes forts avec diverses macromolécules (Das et al., 2020).

Le tannin, un polyphénol, a plusieurs propriétés pharmacologiques et thérapeutiques, y compris antitoxiques, anticancéreux, antiallergiques et anti-inflammatoires, anthelminthiques, antibactérien, antiviral, cicatrisation des plaies, traitement de la dysenterie, etc (Sharma et al., 2021).

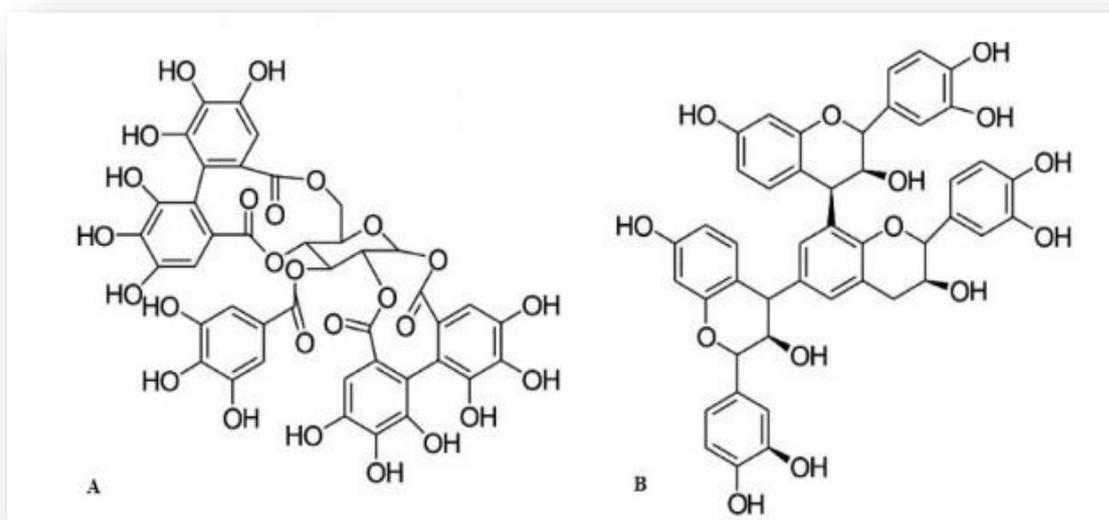
### ➤ Classification des tannins :

- Les tanins hydrolysables :

Trouvés en faibles concentrations dans les plantes (Pizzi, 2019), les tanins hydrolysables sont constitués de glucose ou d'autres alcools poly hydriques stérilisés avec de l'acide gallique (galotannines) ou de l'acétate d'hexahydroxydiphényle (ellagitannins). Les tanins hydrolysables sont classés comme gallo tanins ou ellagitannins selon le processus d'estérification (Das et al., 2020).

#### ▪ Les tanins condensés :

Ils sont composés d'oligomères flavonoïdes avec différents degrés de polymérisation. L'unité de flavonoïde sert de base à la structure de base de ces tanins. Ces unités de flavonoïdes sont souvent liées C4 à C6, ou C4 à C8, pour produire une gamme de courtes chaînes de longueur variable selon le type de tanin (Pizzi, 2019) (Figure 6).



**Figure 6.** Structure des tanins hydrolysables (A) et condensés (B) (Raja et al., 2014)

#### II.2.2 Terpenoïdes et stéroïdes :

Les terpènes sont des molécules biosynthétiques fabriquées à partir de méthévalonate par condensation d'unités isopréniques (Mbakidi-Ngouaby, 2017).

Terpenoïdes et stéroïdes sont les produits chimiques secondaires les plus courants. Les différents groupes de terpènes sont définis par le nombre d'unités isopréniques : mono terpènes (C10), sesquiterpènes (C15), di terpènes (C20), sesterterpènes (C25), tri terpène (C30)

et tétra terpène (C40) (Krief, 2003). Ces terpènes sont essentiels dans la défense contre les maladies fongiques et les insectes herbivores (Mbakidi-Ngouaby, 2017) (Figure 7).

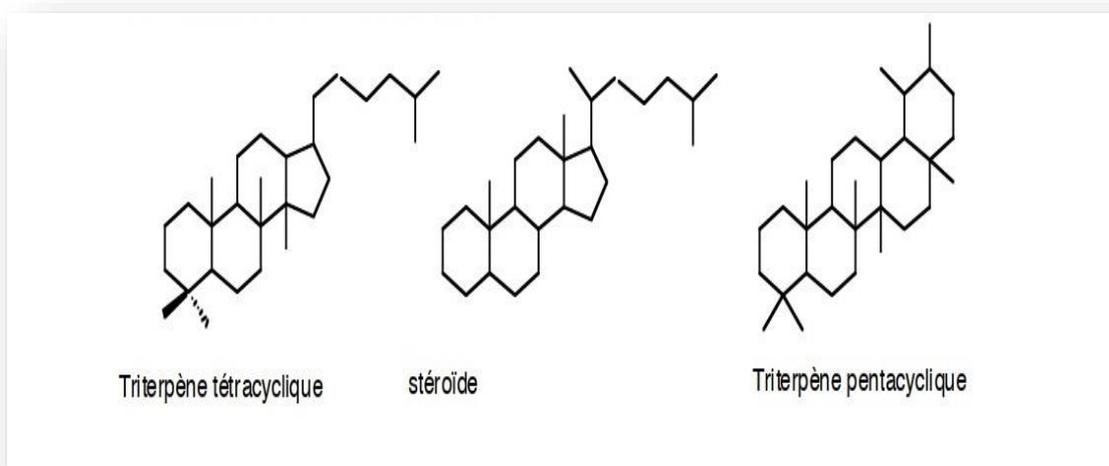


Figure 7. Squelettes de base des triterpènes (Krief, 2003)

### II.2.3 Alcaloïdes :

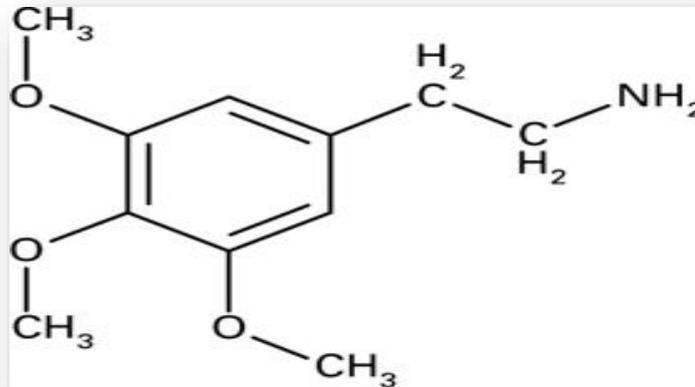
Ce sont des produits azotés de base, et leur atome d'azote fait partie d'un système hétérocyclique (Krief, 2003 ; Badiaga, 2011 ; Bouaziz, 2014). Ils sont produits par environ 25% des plantes vertes, mais ils se trouvent également dans les champignons, tels que le *Claviceps purpurea*, qui produit de l'acide lysergique. Chaque sous-classe d'alcaloïdes a sa propre méthode de production (Bouaziz, 2014).

#### ▪ Les alcaloïdes vrais :

Sont toxiques et ont un large éventail d'activités biologiques ; ils sont formés à partir d'acides aminés lévogyres dans un système hétérocyclique, ont une action pharmacologique substantielle ; ils se trouvent dans les plantes sous forme libre, de sel ou de N'oxyde (Badiaga, 2011 ; Bouaziz, 2014).

#### ▪ Les proto-alcaloïdes :

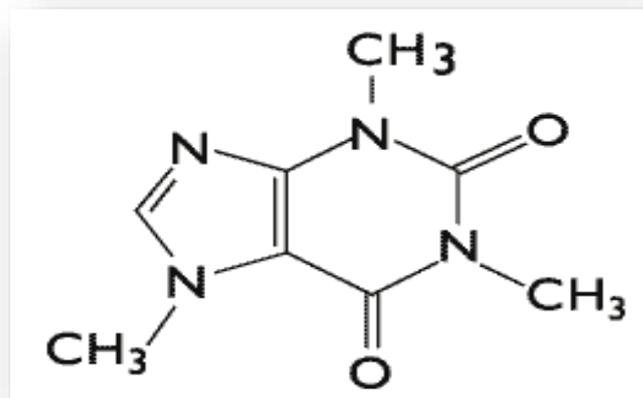
Sont des amines simples sans azote dans une structure hétérocyclique, ils ont un caractère basique ; ils sont formés in vivo à partir d'acides aminés et sont solubles dans l'eau (**Badiaga, 2011**) (**Figure 8**).



**Figure 8.** Proto-alcaloïdes (Badiaga, 2011)

▪ **Les pseudo-alcaloïdes :**

Présentent souvent toutes les propriétés des alcaloïdes vrais, mais leur squelette carbonique n'est pas dérivé d'acides aminés, mais plutôt par transamination. (**Krief, 2003 ; Badiaga, 2011**) (**Figure 9**).



**Figure 9.** Les pseudo-alcaloïdes (Badiaga, 2011)

## **Partie 02 :**

Etude expérimentale

## **Chapitre III :**

### **Matériel et Méthodes**

Les travaux ont été réalisés au sein du laboratoire de recherche PPABIONUT, département de Biologie, faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers, Université Abou Beker Belkaid – Tlemcen.

Dans ce travail nous avons traité une étude *in vitro* complète, comprenant 12 études sur le gingembre, qui vise à étudier la composition chimique des extraits de gingembre et leurs propriétés antioxydantes.

### **III.1 Matériel d'étude :**

#### **III.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, ces rhizomes sont frais d'origine chinoise (**Figure 10**).



**Figure 10.** Rhizomes de gingembre frais.

### III.1.2 Produits chimiques (tableau 4) :

**Tableau 4.** Les produits utilisés et leurs formules brutes

Nom du produit	Formule
Méthanol	CH <sub>3</sub> OH
Chlorure de fer	FeCl <sub>3</sub>
Magnésium	Mg <sup>2+</sup>
L'acide chlorhydrique	HCl
L'anhydride acétique	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>
L'acide sulfurique	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
L'iodure de potassium	KI
Acide gallique	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub>
Carbonate de sodium	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Quercétine	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>7</sub>
Trichlorure d'aluminium	AlCl <sub>3</sub>
2,2-diphényle-1-picrylhydrazyle (DPPH)	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub> N <sub>5</sub> O <sub>6</sub>
Ferricyanure de potassium	K <sub>3</sub> Fe (CN) <sub>6</sub>
L'acide trichloracétique	TCA
Chlorure ferrique	FeCl <sub>3</sub>
Ethanol	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O
Acide phosphotungstique	H <sub>3</sub> PW <sub>12</sub> O <sub>40</sub>
Acide phosphomolybdique	H <sub>3</sub> POM <sub>12</sub> O <sub>40</sub>
Tampon phosphate	H <sub>2</sub> KO <sub>4</sub> P
Ammoniac	NH <sub>4</sub> OH
Iode	I <sub>2</sub>

## **III.2 Méthodologie :**

### **III.2.1 Préparation de l'homogénat de gingembre :**

Tout d'abord, nous avons commencé par laver plusieurs fois le rhizome de gingembre (**Figure 10**), puis le peler et le découper en petits morceaux avec un couteau. Ensuite, broyer les petits morceaux dans un mixeur jusqu'à obtenir un homogénat de gingembre.

Enfin, le broyat de gingembre est mis dans une boîte et conservé au réfrigérateur à une température (3 à 4°C) jusqu'à utilisation (**Beggas et al., 2017**).

### **III.2.2 Préparation des extraits :**

#### **III.2.2.1 Macération en milieu aqueux :**

Mélanger 10g d'homogénat de gingembre dans 100 mL d'eau distillée, et placer dans l'agitateur pendant 48 heures, puis le mélange est filtré et le filtre est récupéré (**Bohui et al., 2018**).

#### **III.2.2.2 Décoction :**

Peser 10g d'homogénat de gingembre et mettre dans 250 mL d'eau distillée, porter à ébullition (100°C) dans un bécher pendant 15 minutes, puis le mélange est filtré et récupéré (**Etchike et al., 2011**).

### **III.2.3 Test qualitatif :**

#### **III.2.3.1 Screening phytochimique :**

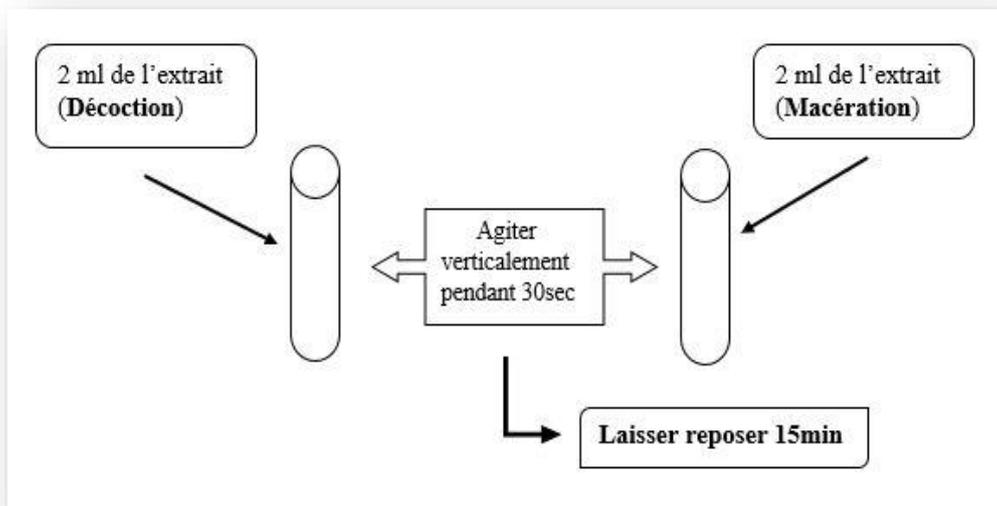
Le screening phytochimique est un moyen pour mettre en évidence la présence des groupes de familles chimiques présentes dans une drogue donnée (**El-Haoud et al., 2018**). Ce test permet une analyse qualitative basée sur des réactions de coloration et/ou de précipitation en utilisant des réactifs spécifiques (**Harborne et al., 1973 ; Boudjema et al., 2021**).

Ce screening a été réalisé sur les décoctions et les extraits surchauffés de l'homogénat de gingembre, permettant de déceler l'existence d'une variété de métabolites secondaires ; les résultats ont été évalués comme suit : +++ : Fortement positif ; ++ : Moyennement positif ; + : Faiblement positif ; - : Négatif ; ND : non déterminé.

- **Saponosides :**

Leur présence dépend de la présence ou de l'absence de mousse persistante. Prélever 2 mL d'extrait dans un tube à essai fermé, puis agiter verticalement pendant 30 secondes jusqu'à

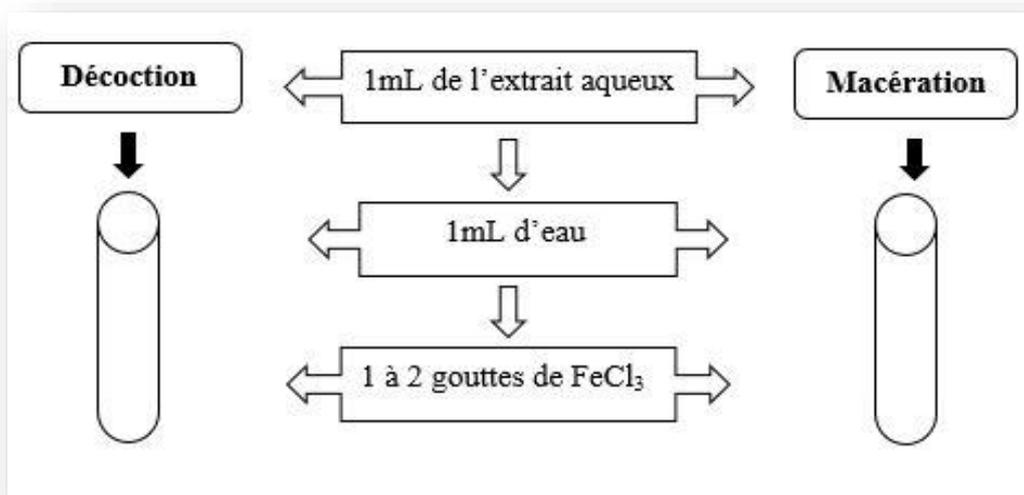
formation d'une mousse stable (hauteur supérieure de 1 cm), et laisser reposer pendant 15 minutes (**Figure 11**) (**Madike et al., 2017**).



**Figure 11.** Schéma récapitulatif du protocole de test saponoside.

### **Tanins (hydrolysables) :**

En ajoutant 1mL d'extrait aqueux, 1mL d'eau et 1-2 gouttes de  $\text{FeCl}_3$  dilué (1%), les tanins peuvent être détectés. Après incubation, l'existence de tanins catéchiques ou galliques est indiquée par une coloration vert-foncé ou bleu-vert, respectivement (**Figure 12**) (**Trease et Evans, 1989**).



**Figure 12.** Schéma récapitulatif du protocole de test Tanin (hydrolysables)

## Proanthocyanidols (tanins condensés)

Une bonne réaction (réaction positive) se produit lorsqu'une couleur pourpre apparaît après avoir ajouté 2 mL d'eau infusée à 2 mL d'acide chlorhydrique concentré et laisser le mélange reposer dans un bain d'eau bouillante pendant 5 minutes. (Figure 13) (Bekro et al., 2007).

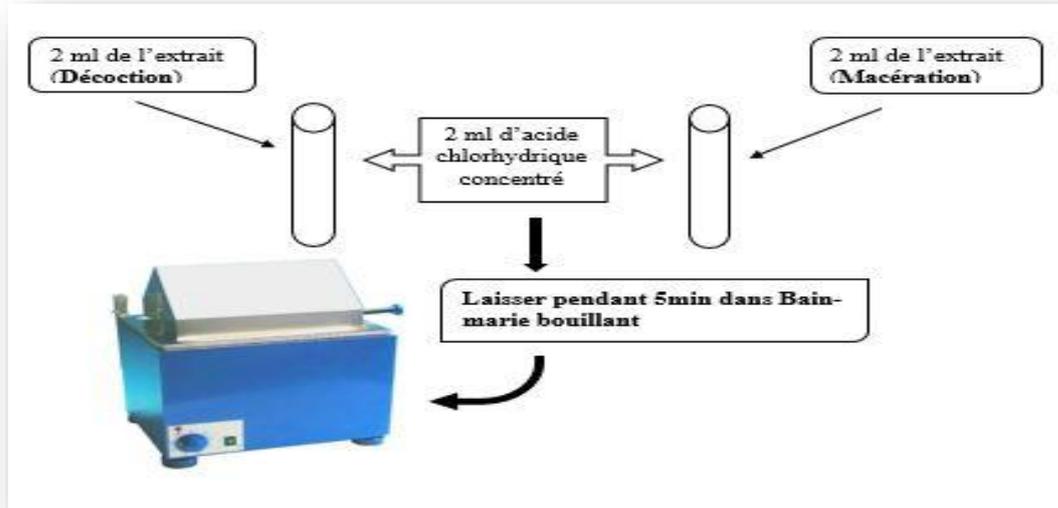


Figure 13. Schéma récapitulatif du protocole de test Proanthocyanidol.

## Flavonoïdes :

On ajoute trois ou quatre tours de magnésium et quelques gouttes de HCl pur à l'extrait de gingembre. On remarque que la couleur passe du rouge (flavanones), au rouge pourpre (flavanols), au rouge violacé (flavanones et flavanols) (Figure 14) (Ciulel, 1982 ; El-Haoud et al., 2018).

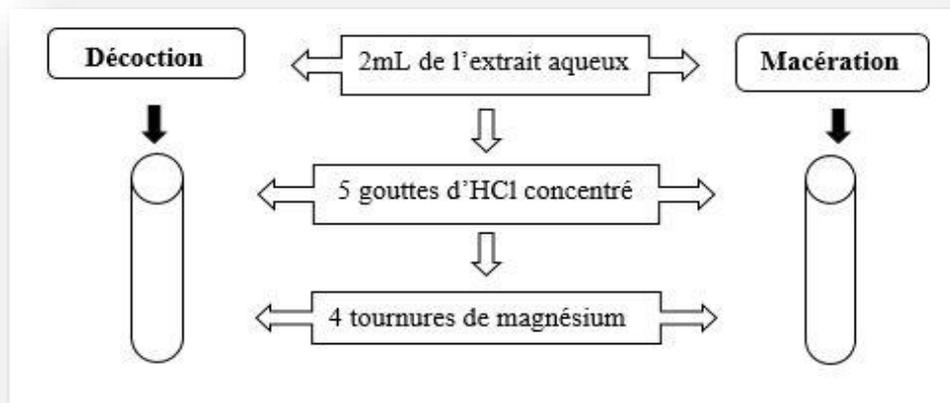


Figure 14. Schéma récapitulatif du protocole de test Flavonoïde.

## Triterpènes et Stéroïdes :

### Test de Silkowski

Incliner le tube à 45 degrés tout en ajoutant 1mL d'acide sulfurique à l'extrait de gingembre provoque la coloration du mélange à passer au rouge, indiquant la présence de stérols insaturés. (Figure 15) (Rakotovao et Rasoarivelo, 2015).

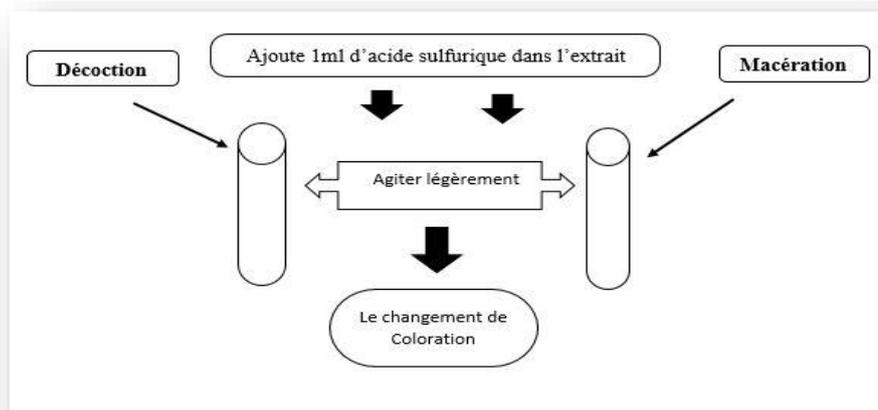


Figure 15. Schéma récapitulatif du protocole de test Tri terpène et Stéroïde.

## Alcaloïdes :

Dans 1 mL d'extrait brut, on ajoute 5 mL d'acide chlorhydrique puis mélanger et traiter avec 5 gouttes de réactif de Meyer. Un précipité blanc ou brun se formera, qui représente la présence d'alcaloïdes (Figure 16) (Rakotovao et Rasoarivelo, 2015).

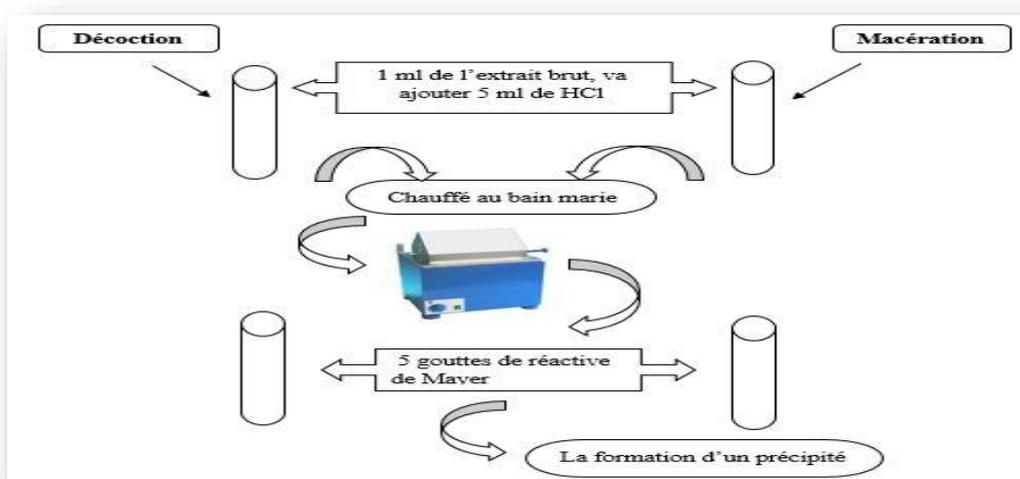
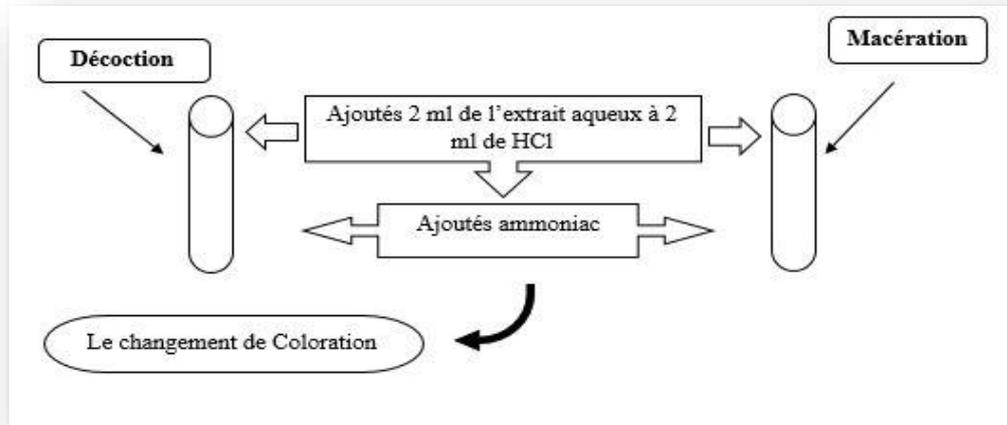


Figure 16. Schéma récapitulatif du protocole de test Alcaloïde

## Anthocyanes :

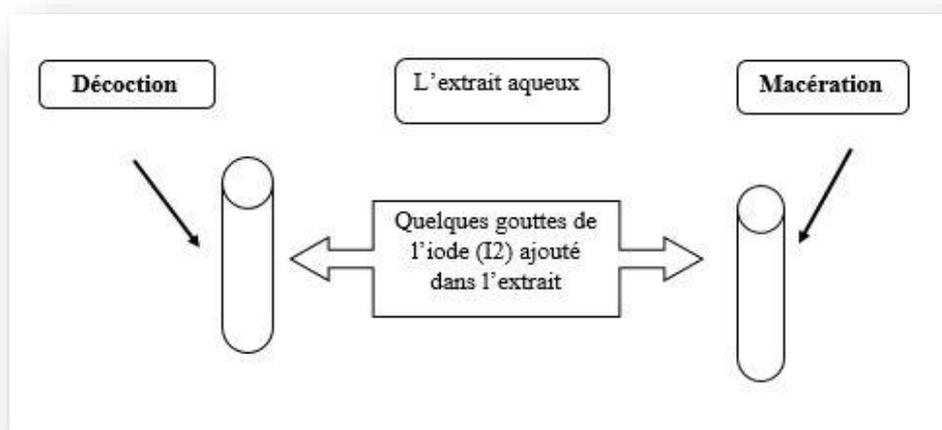
2 mL d'acide chlorhydrique sont ajoutés à 2 mL d'extrait de gingembre où il apparaît une coloration rose-rouge, puis de l'ammoniaque est ajoutée ce qui donne une coloration bleu-violet qui indique la présence d'anthocyanes (**Figure 17**) (Kallo et al., 2018).



**Figure 17.** Schéma récapitulatif du protocole de test Anthocyane.

## Amidon :

Quelques gouttes de l'iode (I<sub>2</sub>) sont rajoutées à l'extrait de gingembre contenue dans un tube à essai où il observe le changement de la couleur vers le bleu, ce qui indique la présence d'amidon. (**Figure 18**).



**Figure 18.** Schéma récapitulatif du protocole de test Amidon

### III.2.4 Test quantitatif :

#### III.2.4.1 Composées phénoliques :

##### Dosage des polyphénols totaux :

Les polyphénols sont criblés par la méthode de Folin-Ciocalteu rapportée par (Lee et al., 2007). Cette méthode est basée sur la réduction en milieu alcalin du mélange phosphotungstique ( $WO_4^{2-}$ ), phosphomolybdique ( $MoO_4^{2-}$ ) de réactif de Folin par les groupements oxydables des composés phénoliques, conduisant à la formation d'un produit de couleur bleu-vert (Figure 19). Ce produit présente un maximum d'absorption à 765 nm dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon (Georgé et al., 2005).

1 mL de réactif de Folin (dilué 10 fois) est ajouté à 200  $\mu$ L d'extrait de gingembre (macération et décoction) avec les dilutions appropriées. Après 4 minutes d'incubation, 800  $\mu$ L de solution de carbonate de sodium (75 mg/mL) ont été ajoutés au milieu réactionnel. Après 2 heures d'incubation, à température ambiante, l'absorbance à 765 nm a été mesurée.

La concentration totale en polyphénols a été calculée à partir de l'équation de régression pour la gamme d'étalonnage spécifiée pour l'acide gallique (0,5–5  $\mu$ g/mL) et exprimée en  $\mu$ g d'équivalent acide gallique par gramme d'extrait ( $\mu$ g EAG/g d'extrait) (Ghazi et Sahraoui, 2005 ; Boizot et Charpentier, 2006).

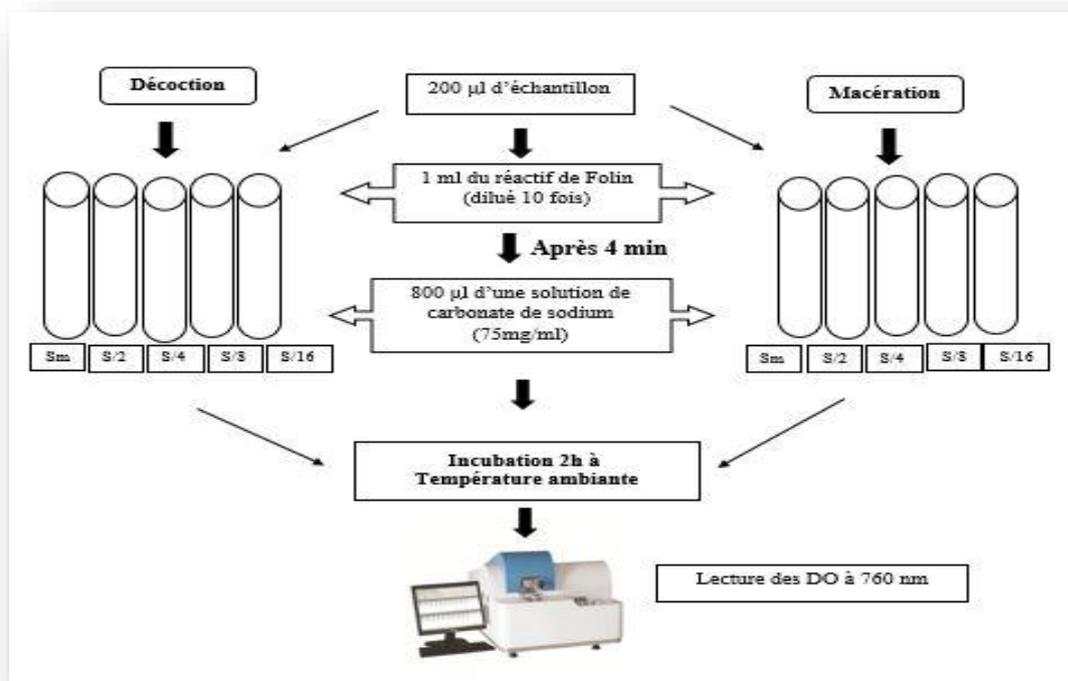


Figure 19. Schéma récapitulatif du protocole de dosage des polyphénols totaux

## Dosage des flavonoïdes :

La méthode au trichlorure d'aluminium est utilisée pour le dosage des flavonoïdes (**Bahoron et al., 1996**). A 1 mL d'extrait de gingembre (préparé dans de l'éthanol), ajouter 1 mL de solution d' $\text{AlCl}_3$  (2 % dans du méthanol). Après 10 minutes de réaction, l'absorbance est déterminée à 430 nm (**Figure. 20**). La concentration en flavonoïdes est calculée à partir d'une gamme d'étalonnage déterminée en utilisant la quercétine (0-40  $\mu\text{g/mL}$ ) comme standard et exprimée en microgrammes d'équivalent de quercétine par gramme d'extrait ( $\mu\text{g eq/g}$  d'extrait).

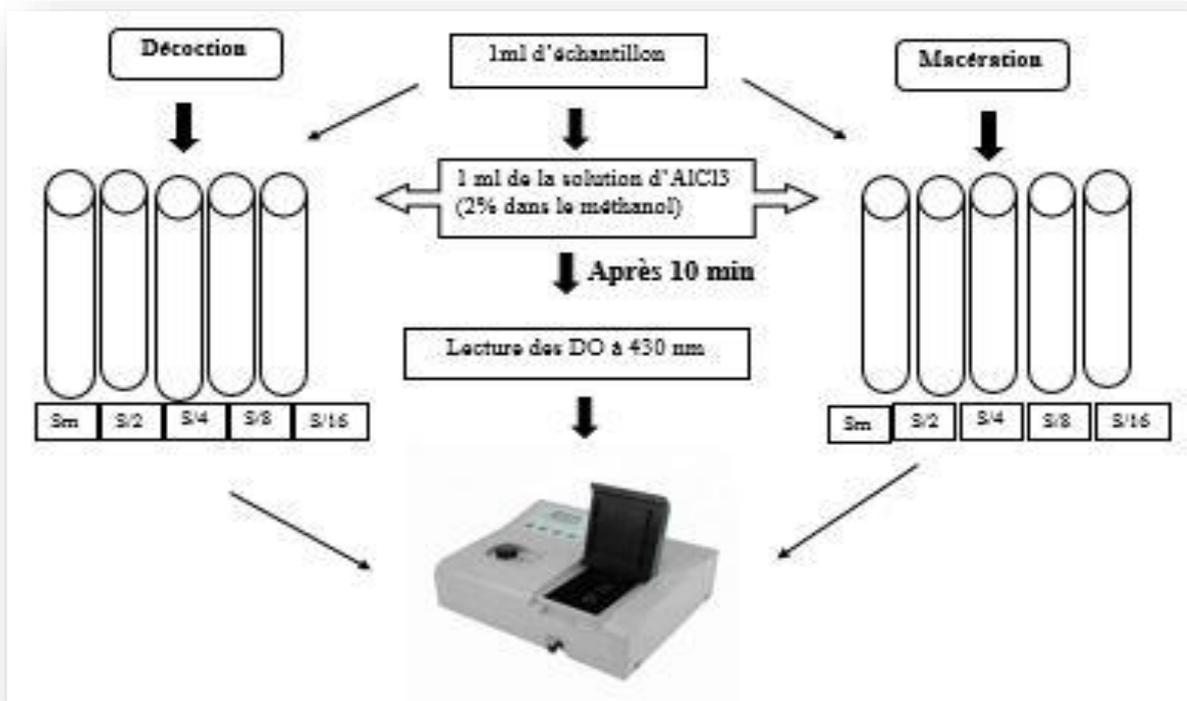


Figure 20. Schéma récapitulatif du protocole de dosage de flavonoïde.

### III.2.4.2 Activité antioxydante :

#### Test du DPPH :

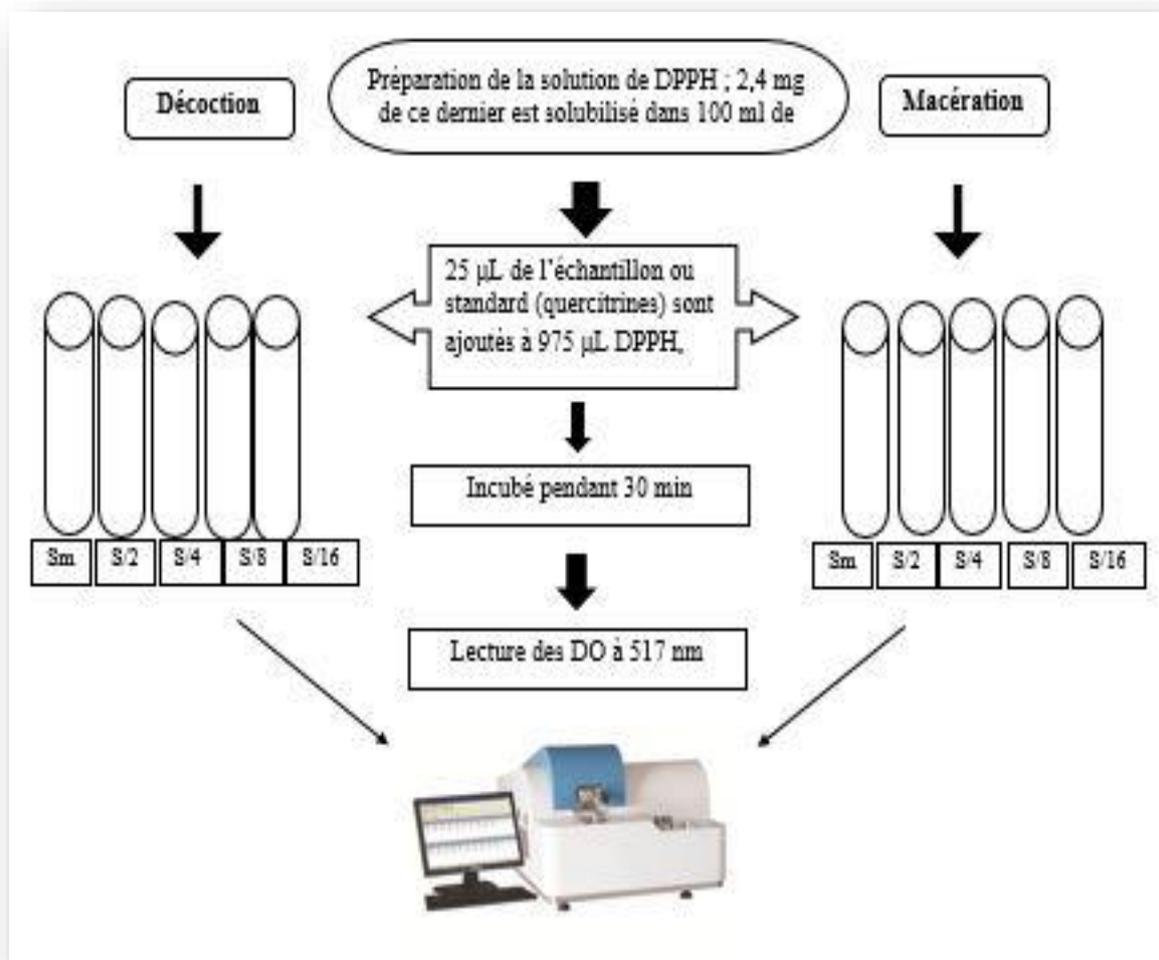
L'activité antioxydante in vitro des fractions de *Zingiber officinale* a été obtenue par deux mécanismes : la capacité à piéger les radicaux libres (DPPH) et la réduction de  $\text{Fe}^{3+}$  en  $\text{Fe}^{2+}$

Le DPPH (diphényl picryl-hydrazyl) est utilisé comme radical libre relativement stable pour étudier l'activité anti-radicalaire de différents extraits (**Mansoori et al., 2005**). Dans ce test, les

antioxydants réduisent le DPPH qui a une couleur violette en un composé jaune, la diphényl picryl-hydrazine, l'intensité de sa couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (**Sanchez-Moreno, 2002**).

Pour préparer la solution DPPH : 2,4 mg de ce dernier sont dissous dans 100 mL de méthanol, puis, 25 µL d'extrait de gingembre (macération et décoction) ou de standard (quercétine) sont ajoutés à 975 µL de DPPH, le mélange est incubé pendant 30 min et le changement de couleur par rapport au contrôle négatif contenant uniquement la solution de DPPH est mesuré à 517 nm (**Figure 21**).

L'activité antibactérienne est estimée par la formule suivante : % d'activité antibactérienne =  $[(\text{contrôle Abs}_{517} - \text{échantillon Abs}_{517}) / \text{contrôle Abs}_{517}] \times 100$ .



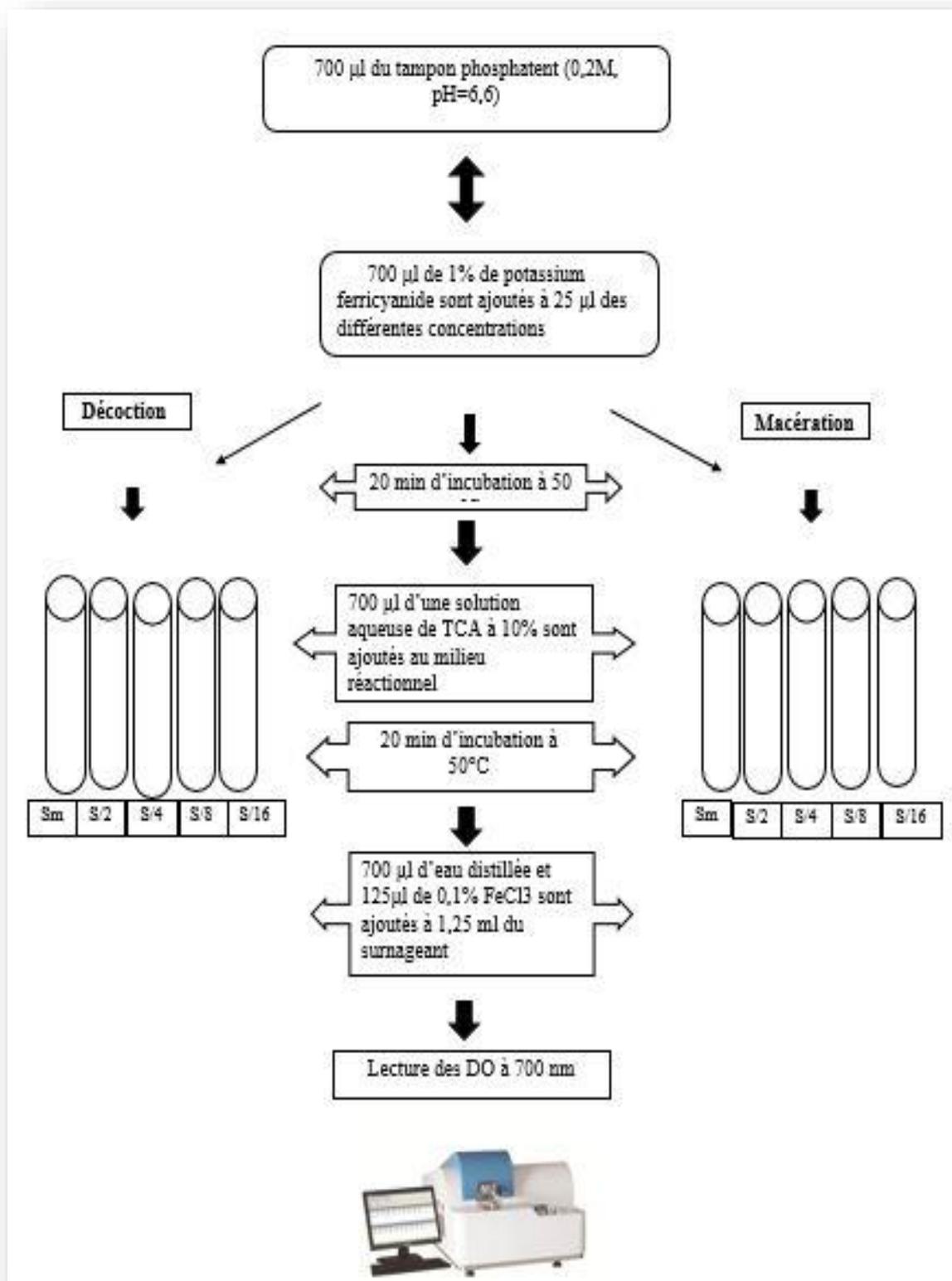
**Figure 21.** Schéma récapitulatif du protocole de test du DPPH.

## Test du pouvoir réducteur :

Le principe de cette méthode est d'évaluer la capacité de l'échantillon à donner un électron pour convertir  $\text{Fe}^{3+}$  en  $\text{Fe}^{2+}$ , et ce modèle est mesuré en mesurant la couleur bleue du composé (bleu de Prusse  $\text{Fe}_4 [\text{Fe} (\text{CN})_6]_3$ ) qui absorbe à 700 nm. L'absorbance élevée indique que l'échantillon a un pouvoir réducteur élevé (**Barros et al., 2007**).

On ajoute 700  $\mu\text{L}$  de tampon phosphate (0,2 M, pH = 6,6) et 700  $\mu\text{L}$  de ferricyanure de potassium à 1% à 25 $\mu\text{L}$  de différentes concentrations d'extrait de gingembre (macération et décoction). Après 20 min d'incubation à 50°C, 700  $\mu\text{L}$  d'une solution aqueuse à 10% de TCA sont ajoutés au milieu réactionnel.

Après 10 min d'incubation à température ambiante, 700 $\mu\text{L}$  d'eau distillée et 125 $\mu\text{L}$  de  $\text{FeCl}_3$  à 0,1% ont été ajoutés à 1,25 mL du surnageant, puis l'absorbance à 700 nm a été déterminée contre un vide contenant tous les réactifs en l'absence d'un échantillon. Les résultats sont exprimés en concentration efficace à 50% (EC50) reflétant la concentration d'antioxydants nécessaire pour obtenir 0,5 d'absorbance (**Figure 22**).



**Figure 22.** Schéma récapitulatif du protocole de Test du pouvoir réducteur.

## **Chapitre IV**

### Résultats et Discussion

## IV.1 Test qualitatif :

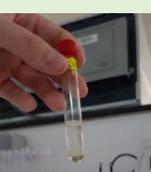
### IV.1.1 Screening phytochimique :

Les analyses phytochimiques qualitatives ont été réalisées sur l'extrait de rhizomes de *Z. officinale* (décoction et macération) pour détecter ses métabolites primaires et secondaires.

Les tests phytochimiques consistent à détecter les différentes familles de composés présents dans les plantes en caractérisant qualitativement les réactions.

Les résultats sont parfois confirmés par l'utilisation d'étalons et se font par la présence d'un précipité ou d'un changement de couleur. L'ensemble des résultats des tests de caractérisation réalisés sur l'extrait de rhizome de *Z. officinale* sont présentés dans le tableau ci-dessous (tableau 5).

**Tableau 5.** Résultats du screening phytochimique.

Le composé chimique	L'extrait de gingembre	Résultats	L'observation
Saponosides	Macération en milieu aqueux	Faiblement Positif (+)	
	La décoction	Faiblement Positif (+)	
Tanins (hydrolysables)	Macération en milieu aqueux	Négatif (-)	
	La décoction	Négatif (-)	

Proanthocyanidols (tanins condensés)	Macération en milieu aqueux	Négatif (-)	
	La décoction	Négatif (-)	
Flavonoïdes	Macération en milieu aqueux	Négatif (-)	
	La décoction	Négatif (-)	
Tri terpènes et Stéroïdes	Macération en milieu aqueux	Fortement Positif (+++)	
	La décoction	Faiblement Positif (+)	
Anthocyanes	Macération en milieu aqueux	Négatif (-)	

	La décoction	Négatif (-)	
Amidon	Macération en milieu aqueux	Faiblement Positif (+)	
	La décoction	Fortement Positif (+++)	
Alcaloïdes	Macération en milieu aqueux	Négatif (-)	
	La décoction	Négatif (-)	

Il est à constater que les extraits de gingembre macération et décoction étudiés sont différents selon leur composition chimique secondaire qu'ils contiennent.

La macération est très riche en triterpènes et stéroïdes, et faiblement riche en amidon et saponosides.

Par ailleurs, la décoction est très riche en amidon, et faiblement riche en saponosides triterpènes et stéroïdes.

Seulement, il y a des points en commun entre ces deux extraits, et qui consistent en l'absence totale des tanines (hydrolysables), proanthocyanidols (tanins condensés), flavonoïdes, anthocyanes et alcaloïdes.

A travers les résultats obtenus, nous expliquons la présence d'amidon en abondance dans la décoction par rapport à la macération au facteur chaleur qui fait exploser les grains, et les polysaccharides formés deviennent solubles dans l'eau.

Concernant les saponosides, toute la plante est riche, c'est un tensioactif qui lui confère des propriétés moussantes et nettoyantes.

L'absence des autres composants chimiques peut être expliquée par le pourcentage et la concentration du rhizome qui varient selon l'origine géographique, la saison, la période de récolte et la maturité des racines au moment de la récolte (**Wilson et al., 2013**). Et aussi par la méthode et les solvants d'extraction ainsi que les méthodes de dosage.

Les racines de *Zingiber officinale* peuvent contenir une gamme de produits chimiques secondaires qui peuvent être bénéfiques en abondance. Cependant, cela ne signifie pas que les mêmes substances sont en même quantité lorsqu'elles sont présentes dans la plante et qu'elles le sont lorsqu'elles en sont extraites.

Les résultats de l'étude actuelle de l'extrait de gingembre par macération et décoction (EG) sont comparés avec l'extrait aqueux (EA) et l'extrait d'éther de pétrole (PEE) réalisés par **Osabor et al. (2015)**, et avec aussi l'extrait méthanoïque (EM) réalisé par **Chiejina et Ukeh (2012)** et par **Meghezzi et Dali (2018)**.

Les résultats indiquent que les proanthocyanidols (tanins condensés) sont présents dans EM mais absents dans EA, EG, PEE.

Concernant les saponosides, ils sont présents dans EM, EG, EA, PEE. Pour les tanins hydrolysables, ces derniers sont présents dans EM mais absents dans EA, PEE, EG. Les flavonoïdes sont présents dans EM, EA, PEE mais absents dans EG. Et les triterpènes et stéroïdes sont présents seulement dans EM, EG.

Aussi, les anthocyanes sont absents dans EA, EG, PEE. Mais les amidons sont uniquement présents dans EG. Finalement, les alcaloïdes sont présents dans EA et absents dans EG, PEE. Il est à signaler que la présence ou l'absence d'un métabolite secondaire n'est que le résultat de l'influence des conditions abiotiques sur le développement de la plante

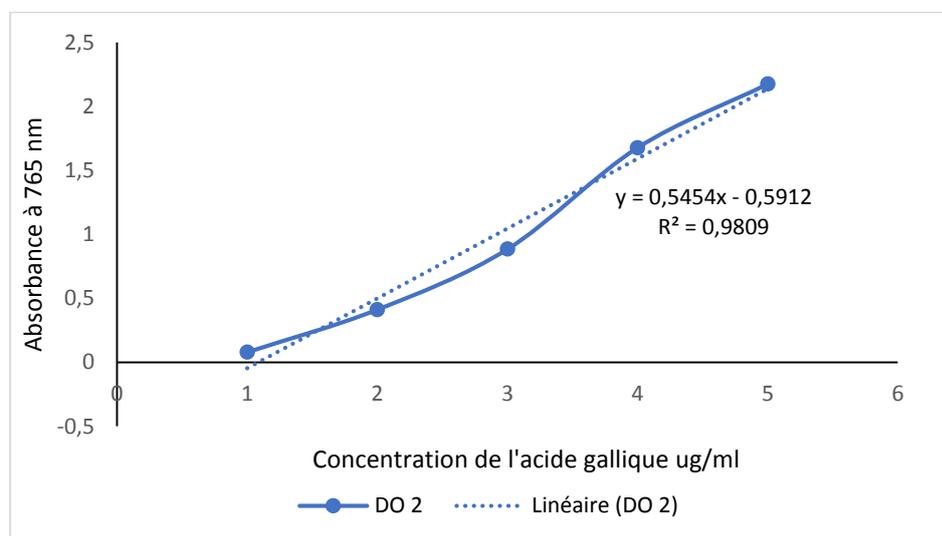
## IV.2 Test quantitatif :

### IV.2.1 Composée phénoliques :

#### IV.2.1.1 Dosage des polyphénols :

La teneur totale en polyphénols de Zingiber officinale a été évaluée à l'aide de la méthode Folin Ciocalteu pour déterminer le nombre total de polyphénols présents dans décoction et macération de l'extrait de gingembre.

Une gamme d'étalonnage en g équivalent acide gallique g (EAG) / g d'extrait a été réalisée. A partir de cette courbe, la concentration en acide gallique est estimée par l'équation de régression linéaire  $y = 0,5454x - 0,5912$  avec un coefficient  $R^2 = 0,9809$  (**figure 23**).



**Figure 23.** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

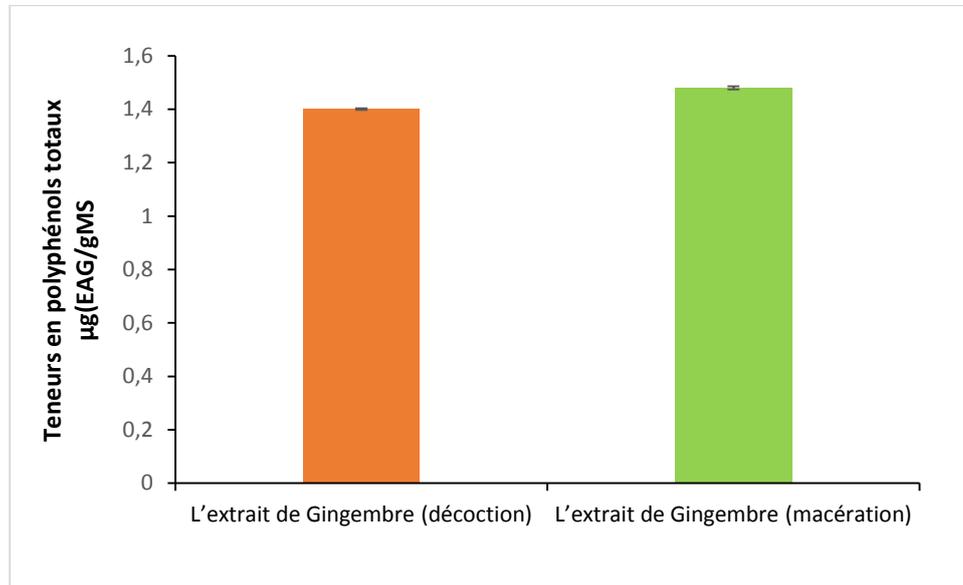
La teneur des polyphénols totaux dans l'échantillon, de Zingiber officinale analysé, est rapportée dans le tableau suivant :

**Tableau 6.** Teneurs des polyphénols totaux de décoction et macération :

Echantillon dosé	Teneurs en phénols totaux (µg EAG /g d'extrait)
L'extrait de Gingembre (décoction)	1,4±0,003
L'extrait de Gingembre (macération)	1,48±0,006

Les résultats ont montré que la teneur en polyphénols de la macération est de  $1,48 \pm 0,006 \mu\text{g}$  (EAG) /g d'extrait, avec peu de différence par rapport à la teneur en polyphénols de la décoction qui est de  $1,4 \pm 0,003 \mu\text{g}$  (EAG)/g d'extrait.

Les résultats de notre étude montrent que l'extrait de macération de gingembre est riche en polyphénols par rapport à l'extrait de décoction (**figure 24**).



**Figure 24.** Teneurs en polyphénols totaux entre la décoction et macération.

Les travaux d'**Oueslati et al. (2018)** montrent que l'EM à 30% présente une teneur totale en polyphénols de  $51,7 \text{ mg EAG g}^{-1} \text{ MS}$ .

Selon **Hammoudi et Fekiri (2021)**, la teneur en composés phénoliques de l'EA de gingembre naturel séché était de  $68,05 \pm 04,02 \text{ mg EAG/g d'extrait}$ .

Ainsi, d'après ces résultats, nous concluons que l'extrait qui contient une grande quantité de polyphénols est l'extrait aqueux de gingembre naturel séché (EA).

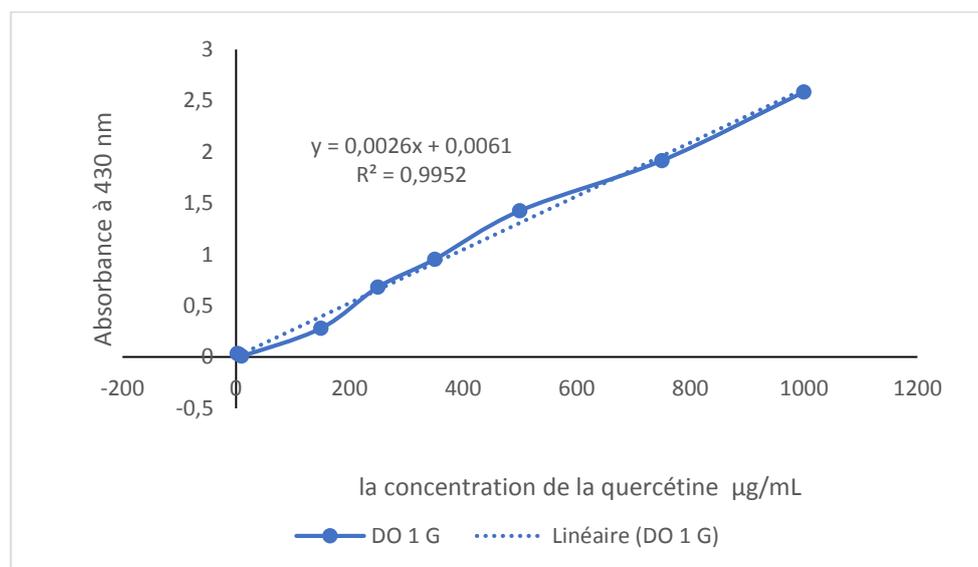
Mais cette différence de teneur en polyphénols peut aussi être due à la diversité des espèces, conditions climatiques, maturité et différents processus d'extraction tels que le type de solvant, la température et le temps d'extraction (**Popovici et al., 2009**).

#### **IV.2.1.2 Dosage des flavonoïdes :**

Les flavonoïdes constituent la classe la plus importante de polyphénols, avec plus de 5000 composés déjà décrits, et pour cette raison ils ont été choisis dans cette étude par rapport aux 10 autres types de composés phénoliques (**Gomez-Caravaca et al., 2006**).

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé par la méthode au trichlorure d'aluminium décrite par **Bahorun et al. (1996)**. La quercétine considérée comme contrôle positif a permis de réaliser une courbe d'étalonnage, d'où on a calculé la teneur en flavonoïdes des extraits de gingembre, exprimée en mg équivalent de la quercétine par gramme d'extrait.

À partir de la courbe d'étalonnage, la concentration des flavonoïdes des extraits de Zingiber officinale a été estimée par l'équation de la courbe :  $y=0,0026x + 0,0061$  avec un coefficient  $R^2 = 0,9952$  (**figure 25**).



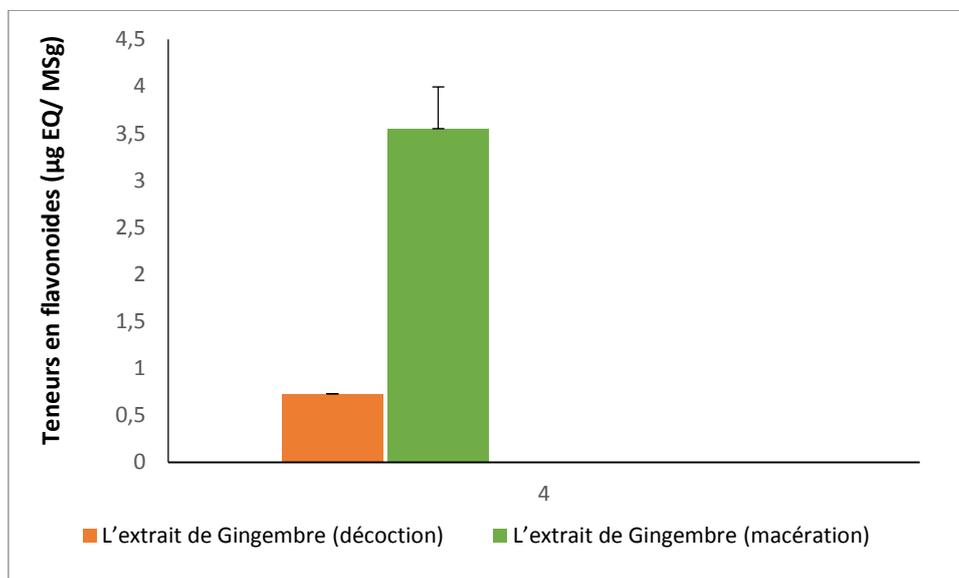
**Figure 25.** Courbe d'étalonnage de la quercétine.

La teneur en flavonoïdes des extraits étudiés sont présentés dans le Tableau suivant :

**Tableau 7.** Teneurs en flavonoïdes totaux :

Echantillon dosé	Teneurs en flavonoïdes totaux (µg EAG /g extrait)
L'extrait de Gingembre (décoction)	0,73±0
L'extrait de Gingembre (macération)	3,55±0,444

Les résultats du dosage des flavonoïdes révèlent que l'extrait de gingembre (macération) contient 3,55  $\mu\text{g EQ}/\text{mg}$  de l'extrait, et que l'extrait de gingembre (décoction) a une teneur de 0,73  $\mu\text{g EQ}/\text{mg}$ . Cette différence pourrait s'expliquer par le facteur température (**figure 26**).



**Figure 26.** Teneurs en flavonoïdes entre la décoction et macération.

Nous avons comparé les résultats de l'étude actuelle de l'extrait de gingembre (macération et décoction (EG)) avec l'EM qui est trouvé par **Meghezzi et Dali (2018)**, l'extrait de chloroforme (ECh), l'extrait d'acétal d'éthyle (EAE), l'extrait de n-butanol (ENB), l'extrait d'hexane (EH) réalisés par **Maméri et Sadaoui (2019)**, ainsi que l'huile de gingembre (HG) faite par **Beggas et Bendoukhane (2017)**, et la poudre de gingembre issue du séchage par micro-onde (PG) par **Bourai et Azzouk (2018)**.

Les résultats indiquent qu'il y a bien une différence dans la quantité de flavonoïdes présents dans l'extrait de notre étude par rapport aux extraits des autres études. En effet, les flavonoïdes dans l'EG (décoction) sont de 0,73  $\mu\text{g EQ}/\text{mg}$  et 3,55  $\mu\text{g EQ}/\text{mg}$  (macération), donc ces extraits sont plus pauvres que l'ENB, EAE, EM, EH, ECh dont les teneurs respectives sont 47,61 – 81,55 - 83,036 - 85,88 et 89,77  $\mu\text{g EQ}/\text{mg}$  de l'extrait.

Quant à l'HG, la quantité de flavonoïdes est estimée à 0,005 $\mu\text{g EQ}/\text{mg}$ , et varie entre 4,25 et 14  $\mu\text{g EQ}/\text{mg}$  pour la PG.

Tous ces résultats résument que l'utilisation de solvant de polarité différente (le méthanol/ eau et le chloroforme ....) permet d'extraire des quantités différentes de flavonoïdes.

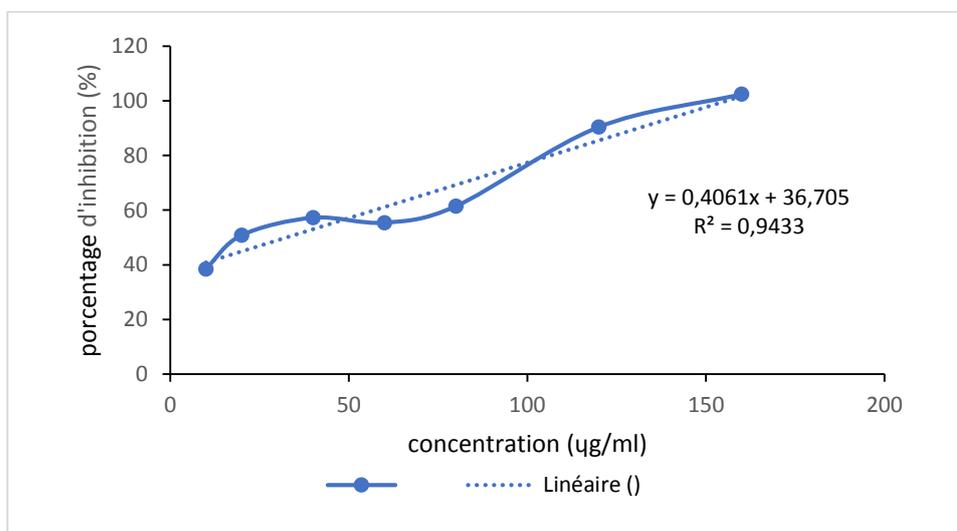
Ainsi, d'après nos résultats, le meilleur extrait qui contient une grande quantité de flavonoïdes est l'extrait de chloroforme de gingembre (ECh).

## IV.2.2 Activité antioxydante :

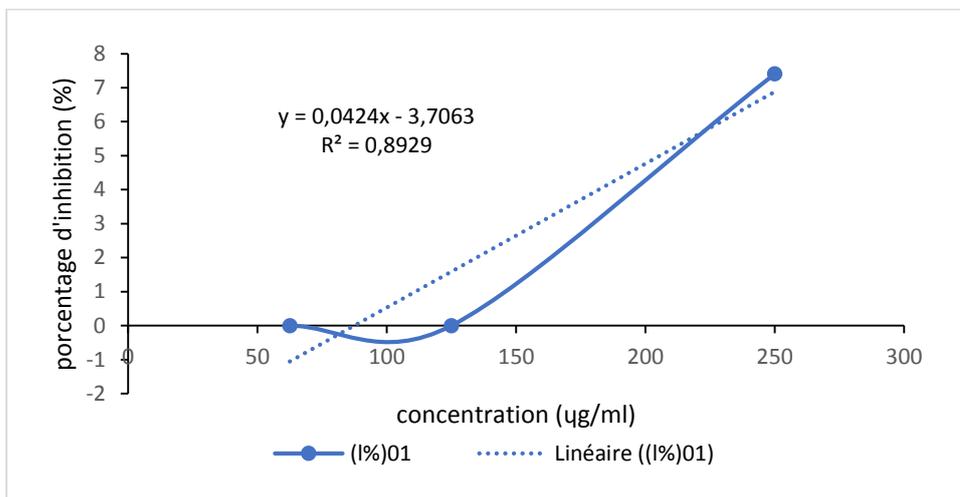
### IV.2.2.1 Test de DPPH :

Le DPPH est un radical libre stable de couleur violette qui vire au jaune en présence de piègeurs de radicaux libres et se réduit en 2,2 Diphényl 1-picrylhydrazine (DPPH-H), avec un maximum d'absorbance à 517 nm.

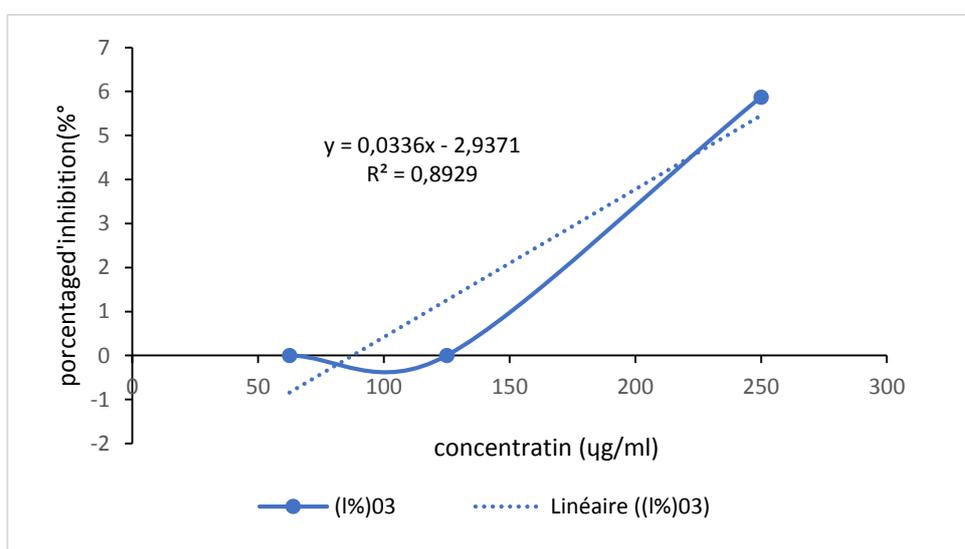
Ce test utilise l'acide ascorbique comme un standard et les résultats obtenus (pourcentage d'inhibition I%) sont présentés dans la courbe d'étalonnage :  $y = 0,4061x + 36,705$  avec un coefficient :  $R^2 = 0,9433$  (**figure 27**), et aussi pour différentes concentrations qui ont permis de tracer des courbes de chaque extrait : macération  $y = 0,0424x - 3,7063$ ,  $R^2 = 0,8929$  (**figure 28**) et décoction  $y = -0,0336x - 2,9371$ ,  $R^2 = 0,8929$  (**figure 29**). Ce qui a permis de déterminer la valeur IC<sub>50</sub> pour chaque extrait.



**Figure 27.** Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique.



**Figure 28.** Activité antioxydante des extraits de gingembre macération.



**Figure 29.** Activité antioxydante des extraits de gingembre décoction.

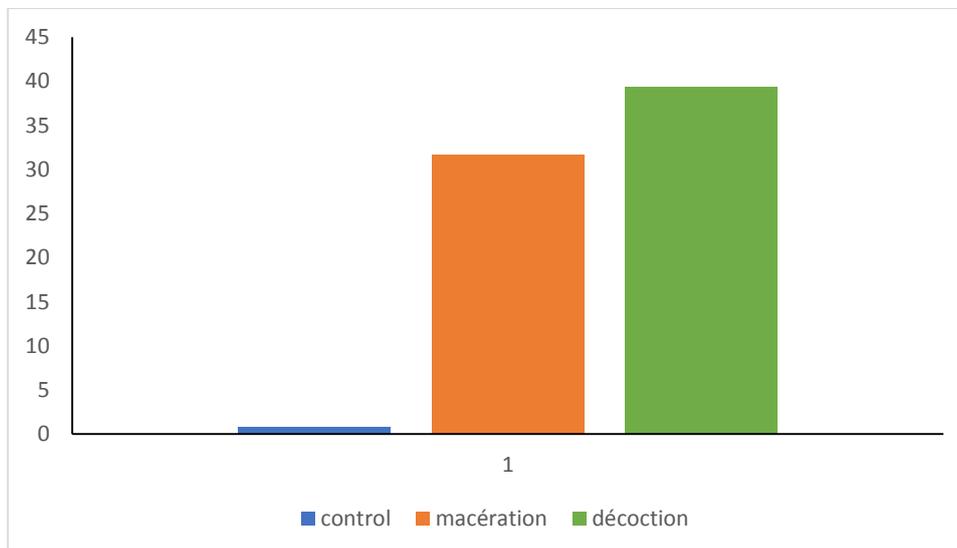
Les résultats de l'activité antioxydante de gingembre sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 8.** Les valeurs d'IC<sub>50</sub> des extraits de z. officinale et du Contrôle.

L'extrait :	ascorbique	macération	décoction
IC <sub>50</sub> exprimée en mg/ml	0,82	31,66	39,38

Nos résultats montrent une augmentation proportionnelle des pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations des extraits de gingembre

(décoction et macération) avec le control (acide ascorbique). Pour cela, l'extrait décoction possède une activité antioxydante avec IC50 de 39,38mg/mL, donc moins active par rapport à celle de l'extrait décoction avec une IC50 de 31,66 mg/mL, et les deux extraits ont une activité très faible par rapport au contrôle négatif (acide ascorbique). Tout cela est résumé dans l'histogramme suivant (**figure 30**) :



**Figure 30.** Pourcentage du radical DPPH par les extraits du gingembre et le contrôle.

Nos résultats sont moins efficaces par rapport à ceux de **Meghezzi et Dali (2018)**, où l'EM possède une activité antioxydante avec IC50 de 0,22 mg/mL et **Amari (2016)** qui a montré que l'extrait des rhizomes de *Z. officinale* possède une activité antioxydante avec une CI50 de 5,23 mg/mL.

Donc, le meilleur extrait qui a une grande activité antioxydante parmi les extraits cités est l'extrait méthanolique (EM).

Cette variabilité de la IC50 peut être due à la diversité géographique, aux méthodes d'extraction et au fait que les rhizomes étaient frais ou séchés.

#### **IV.2.2.2 Test du pouvoir réducteur :**

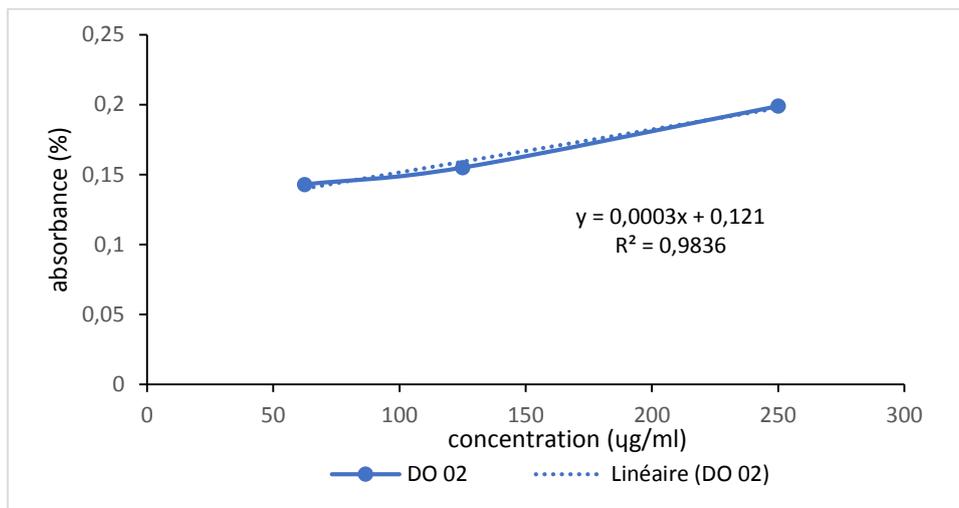
Le principe de cette méthode est l'évaluation de la capacité de l'échantillon à donner un électron pour convertir  $Fe^{3+}$  en  $Fe^{2+}$ .

Le pouvoir réducteur est exprimé en concentration efficace à 50% (EC50) qui reflète la concentration d'antioxydants nécessaires pour obtenir 0,5 d'absorbance à 700 nm.

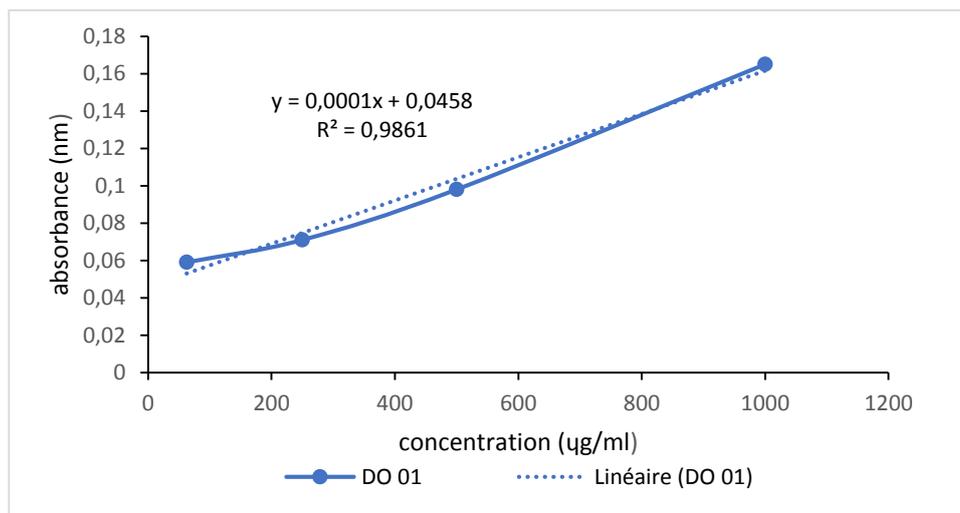
L'absorbance élevée indique que l'échantillon a un pouvoir réducteur élevé (**Barros et al., 2007**).

L'équation de régression linéaire de la courbe d'étalonnage de la quercétine  $y = 0,006x + 0,3942$  avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0,9981$ .

Dans notre travail, nous avons testé les différents extraits de gingembre. Les valeurs d'absorbance à 700 nm en fonction des différentes concentrations ont permis de tracer des courbes de chaque extrait étudié : macération  $y = 0,0003x + 0,121$  avec  $R^2 = 0,9836$  (**figure 31**) et décoction  $y = 0,0001x + 0,0464$  avec  $R^2 = 0,9843$  (**figure 32**). La valeur la plus faible de celles-ci indique le pouvoir réducteur le plus élevé (**Kusmardiyani et al., 2016**).



**Figure 31.** Pouvoir réducteur du fer de l'extrait de gingembre macération



**Figure 32.** Pouvoir réducteur du fer de l'extrait de gingembre décoction

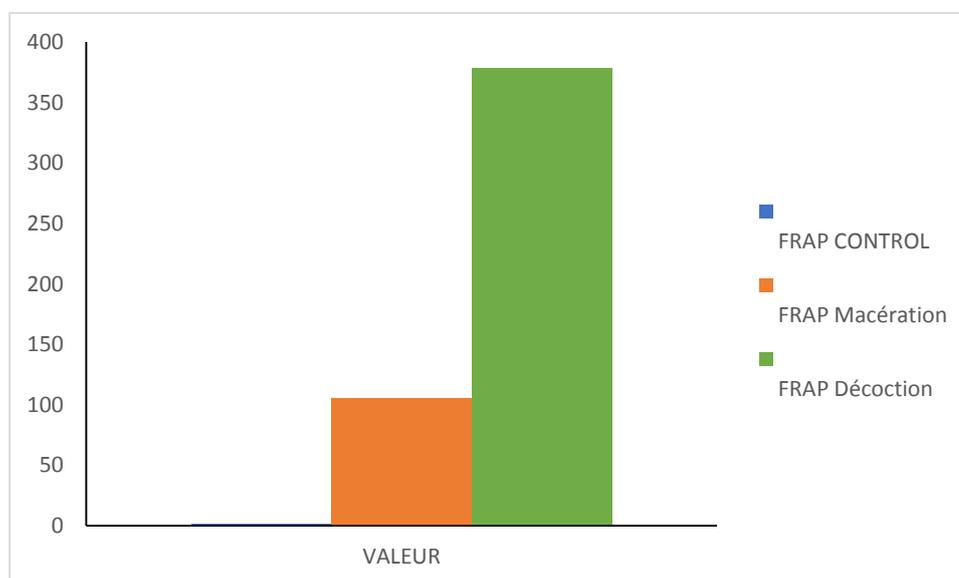
Les résultats obtenus montrent que la capacité de réduction est proportionnelle à l'augmentation des concentrations utilisées, soit pour la quercétine, ou pour les différents extraits macération et décoction. Afin de comparer l'activité antioxydante des extraits, nous avons calculé la concentration CE50 (**Tableau 9**).

**Tableau 9.** Les valeurs d'EC50 des extraits et quercétine.

L'extrait	Quercétine	Macération	Décoction
EC <sub>50</sub> exprimée en mg/mL	1,5	105,27	378

Les résultats d'EC<sub>50</sub> révèlent que l'extrait de gingembre (macération) contient une concentration de 105,27 mg/mL est inférieure à celle du l'extrait de gingembre (décoction) avec une concentration de 378 mg/mL.

D'après les valeurs de CE<sub>50</sub>, on remarque que les extraits de gingembre macération et décoction ont une CE<sub>50</sub> supérieure à celle du contrôle, donc ces extraits ont un pouvoir antioxydant très faible que celui du contrôle (**figure 33**).



**Figure 33.** Pouvoir réducteur des extraits et control (quercétine).

Nos extraits ont un pouvoir réducteur très faible comparé au travail de **Beggas et Bendoukhane (2017)** qui ont révélé une EC50 de 1,74 mg/mL pour l'HG. De même pour **Meghezzi et Dali (2018)** qui ont trouvé une EC50 de 0,1mg/mL pour EM de gingembre.

Aussi l'étude sur le gingembre séché a également montré que le Zingiber officinale présente une capacité antioxydante, avec une EC50 de 3,915mg/mL (**Hammoudi et Fekiri, 2021**).

Enfin, l'extrait qui exerce la meilleure activité réductrice est l'extrait méthanolique à une concentration de 0,1 mg/mL.

Conclusion

Le but de notre travail est la comparaison entre les extraits de gingembre macération et décoction à travers l'étude phytochimique, l'étude des composés phénoliques et l'activité antioxydante pour les deux extraits.

La différence dans l'obtention des deux extraits, est que la macération a été obtenue en mélangeant de l'homogénéat de gingembre avec l'eau et en le plaçant dans l'agitateur pendant 48h, tandis que la décoction le mélange est mis sur la plaque chauffante pour ébullition (100°C) pendant 15 mn.

Dans la première étape, nous avons fait une étude phytochimique pour détecter les composés suivants : saponosides, flavonoïdes, tanins condensés, tanins hydrolysables, alcaloïdes, amidons, tri terpènes stéroïdes et anthocyanes. Nous avons constaté que les deux extraits partagent les mêmes composés chimiques (saponosides, amidons, triterpènes et stéroïdes) mais avec des résultats différents.

L'étude des composés phénoliques, représentés par le dosage des polyphénols totaux, a été effectuée par la méthode de Folin-Ciocalteu, en équivalent d'acide gallique ; aussi le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode de trichlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub>), en équivalent à la quercétine. Ces tests ont montré que l'extrait de gingembre en macération est riche en polyphénols et flavonoïdes par rapport à l'extrait en décoction.

L'activité antioxydante in vitro est aussi étudiée par la méthode de réduction du radical libre 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) et la méthode de réduction du fer (FRAP) qui permet d'évaluer la capacité de l'échantillon à donner un électron pour convertir Fe<sup>3+</sup> en Fe<sup>2+</sup>.

Les deux tests ont montré que la macération a une activité antioxydante plus grande que la décoction.

Enfin, d'autres extraits doivent être réalisés et étudiés pour pouvoir comparer et permettre de choisir l'extrait le plus intéressant pour une éventuelle étude in vivo/in vitro.

## Références bibliographiques

- Abbas, M., Saeed, F., Anjum, FM, Afzaal, M., Tufail, T., Bashir, MS, ... et Suleria, HAR . (2017). Polyphénols naturels : un aperçu. *Journal international des propriétés alimentaires* , 20 (8), 1689-1699.
- Abdullah Tauheed, H., Ali, A., et Zaigham, M. (s.d.). Zanjabeel (*Zingiber officinale rosc.*) : A household rhizome with immense therapeutic potential and its utilization in unani medicine..
- Ahmad, B., Rehman, M. U., Amin, I., Arif, A., Rasool, S., Bhat, S. A., ... et Bilal, S. (2015). A review on pharmacological properties of zingerone (4-(4-Hydroxy-3-methoxyphenyl)-2-butanone). *The scientific world journal* ,
- Ajayi, A. O., et Omomagiowawi, I. E. (2014). Antimicrobial activities and phytochemical analysis of *Zingiber officinale* (Ginger) on *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus* species. *Mitteilungen Klosterne*.
- Ajila, C. M., Brar, S. K., Verma, M., Tyagi, R. D., Godbout, S., et Valéro, J. R.. (2011). Extraction and analysis of polyphenols: recent trends. *Critical reviews in biotechnology* , 31(3), 227-249 .
- Alkandahri, M. Y., Kusumawati, A. H., et Fikayuniar, L. (2020). Antibacterial Activity of *Zingiber officinale* Rhizome. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(7), 3702-3706.
- Amari, S. (2016). Étude phytochimique et évaluation de l'activité antibactérienne et antioxydante de deux extraits de la plante *Zingiber officinale* Mémoire Master En Sciences Biologiques, 40-43 p.
- Amir, M., Khan, A., Mujeeb, M., Ahmad, A., Usmani, S., et Akhtar, M. (2011). Phytochemical analysis and in vitro antioxidant activity of *Zingiber officinale*. *Free Radicals and Antioxidants*, 1(4), 75-81.
- Ansari, F. R., Chodhary, K. A., et Ahad, M. (2021). A review on ginger (*Zingiber officinale Rosc*) with unani perspective and modern pharmacology. *Journal of Medicinal Plants*, 9(3), 101-104.
- Badiaga, M. (2011). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea Latifolia* Smith une plante médicinale africaine récoltée au Mali, thèse de doctorat, université de Bamako .P10.
- Bahorun, T., Gressier, B., Trotin, F., Brunete, C., Dine, T., Vasseur, J., Gazin, J.C., Pinkas, M., Luycky, M., Gazin, M. (1996). Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arz*.
- Barros, L., Ferreira MJ, Queiros B, Ferreira ICFR and Baptista (2007). Total phenols, ascorbic acid, b-carotene and lycopene in Portuguese wild edible mushrooms and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 103: 413-419 p.
- Beggas, Lynda et Bendoukhane Meryem. (2017, 07 02). *Etude de l'activité Antioxydante de gingembre " zingiber officinale"*. Récupéré sur from [https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2017/Etude%20de%20l%27E2%80%99activit%C3%A9%20antioxydante%20de%20gingembre%20C2%AB%](https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2017/Etude%20de%20l%27E2%80%99activit%C3%A9%20antioxydante%20de%20gingembre%20C2%AB%20)
- Bekro, Y. A., Mamyrbekova, J. A., Boua, B. B., Bi, F. T., et Ehile, E. E. (2007). Étude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthiana* (Baill.) Herend. et Zarucchi (*Caesalpinaceae*). *Sciences & nature*, 4(2), 217-225.

- 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.
- Bellik, Y., Benabdesselam, F., Ayad, A., Dahmani, Z., Boukraa, L., Nemmar, A., et Iguer-Ouada, M. (2013). Antioxidant activity of the essential oil and oleoresin of *Zingiber officinale* Roscoe as affected by chemical environment. *International Journal of Food Properties*, 16(6), 1304-1313.
- Benzie, I. F., et Wachtel-Galor, S. (2011). *Herbal medicine: biomolecular and clinical aspects*. 2nd edition.
- Boate, U., et Abalis, O.. (2020). Review on the bio-insecticidal properties of some plant secondary metabolites: types, formulations, modes of action, advantages and limitations. *Asian Journal of Research in Zoology*, 3(4), 27-60..
- Bode, A.M., et Dong, I.F.F. Wachtel-GALOR, S. (2011). *Herbal Medicine-Bimolecular and chemical Aspects*. 2ed Edition CRC Press.
- Bohui, P. S. G., Adima, A. A., Niamké, F. B., et N'Guessan, J. D. (2018). Etude comparative de trois méthodes d'extraction des flavonoïdes totaux à partir des feuilles de plantes médicinales: *Azadirachta indica* et *Psidium guajava*. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 46, 50-58.
- Boizot, N., Charpentier J.P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. INRA-Amélioration, Génétique et Physiologie Forestières. *Laboratoire d'Analyse Biochimique*.
- Bouaziz, A. L. (2014)). Identification de métabolites secondaires des plantes, protecteurs des photorécepteurs à cônes pour le traitement de la rétinopathie pigmentaire (Doctoral dissertation, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI).
- Boudjema, K., Nahoui, N., Temmimi, K., Azine, K., Hali, L., et Fazouane, F. (2021). Screening phytochimique et activités biologiques d'extrait méthanolique obtenu à partir de la plante *Melissa officinalis* L. *Journal of Advanced research in science and tech*.
- Bourai, A., et Azzouk, A. (2018). Etude phytochimique et l'activité antioxydante de *Zingiber officinale* (Doctoral dissertation, Université de Bouira).
- Cai, Z. X., Tang, X. D., Wang, F. Y., Duan, Z. J., Li, Y. C., Qiu, J. J., et Guo, H. S. (2015). Effect of gingerol on colonic motility via inhibition of calcium channel currents in rats. *World Journal of Gastroenterology*, 21(48), 13466.
- Cazarolli, L. H., Zanatta, L., Alberton, E. H., Bonorino Figueiredo, M. S. R., Folador, P., Damazio, R. G., ... et Barreto Silva, F. R. M. (2008). Flavonoids: prospective drug candidates. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 8(13), 1429-1440.
- Chiejina, N.V., and Ukeh, J.A. (2012). Antimicrobial properties and phytochemical analysis of methanolic extracts of *Aframomum melegueta* and *Zingiber officinale* on fungal diseases of tomato fruit. *Journal of Natural Sciences Research* 2, 10–15.
- Ciulel, I. (1982). *Methodology for analysis of vegetable drugs*. Ed .
- Das, A. K., Islam, M. N., Faruk, M. O., Ashaduzzaman, M., et Dungani, R. (2020). Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities. *South African Journal of Botany*, 135, 58-70.

- Deme, K., Konate, M., Ouedraogo, H. M., Sanou, J., & Sawadogo, M. (2021). Importance, genetic diversity and prospects for varietal improvement of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) in Burkina Faso. *World J Agric Res*, 9, 92-99.
- Dissanayake, K. G. C., Waliwita, W. A. L. C., et Liyanage, R. P. (2020). A review on medicinal uses of *Zingiber officinale* (ginger). *International Journal of Health Sciences and Research*, 10(6), 142-148.
- El-Haoud, H., Boufellous, M., Berrani, A., Tazougart, H., et Bengueddour, R. (2018). Screening phytochimique d'une plante medicinale: *Mentha spicata* L. . *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, 7, 226-233.
- Etchike, C. A., Sassa, A. M., Abba, A., et Nyonbourg, E. (2011). Evaluation in vitro de l'activité antibactérienne de cinq plantes de la pharmacopée traditionnelle de l'Adamaoua (Cameroun). . *Cameroon Journal of Experimental Biology*, 7(1), 22-27.
- Euring, A.-B. (2015). *Le gingembre - Plante médicinale et plante à épices*. Récupéré sur Ergo MSc.: [http://abergo1.emonsite.com/medias/\\_les/ginger1.doc](http://abergo1.emonsite.com/medias/_les/ginger1.doc).
- Faivre, C., Lejeune, R., Staub, H., et Goetz, P. (2006). *Zingiber officinale* Roscoe. *Phytothérapie*, 4, 99-102.
- Farha, A. K., Yang, Q. Q., Kim, G., Li, H. B., Zhu, F., Liu, H. Y., ... et Corke, H. (2020). Tannins as an alternative to antibiotics. *Food Bioscience*, 38, 100751.
- Georgé, S., Brat, P., Alter, P., et Amiot, M. J. (2005). Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. . *Journal of Agricultural and food chemistry*, 53(5), 1370-1373.
- Ghasemzadeh, A., et Jaafar, H. Z.(2011). Effect of CO2 enrichment on synthesis of some primary and secondary metabolites in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *International Journal of Molecular Sciences*, 12(2), 1101-1114.
- Ghazi, F., ET Sahraoui, S. (2005). Evolution des composés phénoliques et des caroténoïdes totaux au cours de la maturation de deux variétés de dattes communes: Tantboucht et Hamraïa. *Mémoire d' ingénieur.Institut national d' agronomie. Alger*.
- Gigon, F. (2012). Le gingembre, une épice contre la nausée. *Phytothérapie* .
- Gingembre he.* (2023, april 6). Récupéré sur ScenTree, la nouvelle classification innovante et collaborative des matières premières utilisées en parfumerie. Voyagez dans l'univers merveilleux des odeurs. (n.d.): from [https://www.scentree.co/fr/Gingembre\\_HE.html](https://www.scentree.co/fr/Gingembre_HE.html)
- Gomez-Caravaca, A.M., Gomez-Romero, M., Arraez-Roman, D., Segura-Carretero, A., (2006). Advances in the analysis of phenolic compounds in products. *J. Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41: 1220-1234.
- Gurung, A. K., & Yadav, U. N. (2022). Effectiveness of *Zingiber Officinale* (ginger) compared with non-steroidal anti-inflammatory drugs and complementary therapy in primary dysmenorrhoea: A systematic review. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 101152.
- Hammoudi, I., et Farah, F. (2021). Etude comparative des activités antioxydantes des extraits des rhizomes de *Zingiber officinale* (Gingembre) et du gingembre instantané commercialisé (Doctoral dissertation).
- Harborne, J. B. (1973). Methods of plant analysis. *Phytochemical methods: a guide to modern techniques of plant analysis*, 1-32.

- Havsteen, B. (2002). The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacol, Therapeut.* p96, 67– 202.
- Iijima Y, Y. M. (2003). Anthocyanin Compounds in Japanese Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) and Their Quantitative Characteristics. . *Food Sci Technol Res.*
- Kabran, G. M.-B. (2014). Identification des composés phénoliques extraits de deux plantes de la pharmacopée ivoirienne. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie* , (03).
- Karunakaran, R., et amp; Sadanandan, S. P. (2019). *Zingiber officinale : Antiinflammatory Actions and Potential Usage for Arthritic Conditions.* In *Bioactive Food as Dietary Interventions for Arthritis and Related Inflammatory Diseases* (p. 233-244). Récupéré sur Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813820->
- Khan, M. U. (2019). A mini-review on the therapeutic potential of *Zingiber officinale* (ginger). *Nat Prod*, 15, 125.
- Kiyama, R. . (2020). Nutritional implications of ginger: Chemistry, biological activities and signaling pathways. *The Journal of nutritional biochemistry*, 86, 108486.
- Krief, S. (2003). Métabolites secondaires des plantes et comportement animal, thèse doctorat, muséum national d'histoire naturelle. 32p.
- Kubra, I. R., et Rao, L. J. M. (2012). An impression on current developments in the technology, chemistry, and biological activities of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Critical reviews in food science and nutrition*, 52(8), 651-688.
- Kumar, G., Karthik, L., et Rao, K. B. (2011). A review on pharmacological and phytochemical properties of *Zingiber officinale* Roscoe (*Zingiberaceae*). *Journal of Pharmacy Research*, 4(9), 2963-2966.
- Kumar, Gupta. S., et Sharma, A. (2014). Medicinal properties of *Zingiber officinale* Roscoe . *A review. J. Pharm. Biol. Sci*, 9, 124-129.
- Kumar, I. e. (2018). Production of secondary metabolites in plants under abiotic stress: an overview. *Significances Bioeng. Biosci*, 2, 196-200.
- Kusmardiyani S, N. G. (2016). Antioxidant activities from various extracts of different parts of Kelakai (*Stenochlaenapalustris*) grown in central Kalimantan – Indonesia. *Asian J Pharm Clin Res.* (9) : 2 : 215-219.
- Lafay, S. e.-I. (2008). Bioavailability of phenolic acids. *Phytochemistry Reviews*, 7, 301-311..
- Li, H. B., Cheng, K. W., Wong, C. C., Fan, K. W., Chen, F., et Jiang, Y. (2007). Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. *Food chemistry*, 102(3), 771-776.
- Lionel, M. (2006). Le gingembre.
- Liu, W. F. (2021). The flavonoid biosynthesis network in plants. *International journal of molecular sciences*, 22(23), 12824.
- Lucie. (2016). Recettes diététiques. Les bienfaits du gingembre.
- Madike, L. N. (2017). Preliminary phytochemical screening of crude extracts from the leaves, stems, and roots of *Tulbaghia violacea*. . *Int J Pharmacogn Phytochem Res*, 9(10), 1300-1308.
- Mameri, A., Sadaoui, R., et Gherraf, N. (2019). Quantification des composés phénoliques et activités biologiques de l'extrait méthanolique de *zingiber officinale* et *opuntia ficus indica*.

- Mao, Q. Q., Xu, X. Y., Cao, S. Y., Gan, R. Y., Corke, H., Beta, T., et Li, H. B. (2019). Bioactive compounds and bioactivities of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Foods*, 8(6), 185.
- Marwat, S. K., Shoaib, M., Khan, E. A., Rehman, F., & Ullah, H. (2015). Phytochemistry and bioactivities of Quranic plant, zanjabil-ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *a review. Am Eurasian J Agric Environ Sci*, 15 (5), 707-713.
- Mbakidi-Ngouaby, H. (2017). Métabolites de *Pseudotsuga menziesii*: approche métabolomique et rôle dans la résistance (Doctoral dissertation, Université de Limoges).
- Meghezzi, S. et Dali, M. (2018). Etude in vitro de l'activité antioxydante de gingembre « *Zingiber officinale* » Mémoire de Master.
- Modi, M. e. (2022). Ginger root. in *StatPearls [Internet]*. *StatPearls Publishing*.
- Mouzaoui, D., & Khemis, R. (2021). Etude comparative de l'activité antioxydante et antibactérienne de quelques marques de gingembre «*Zingiber officinale*» (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri)..
- Osabor, V., Bassey, F., and Umoh, U. (2015). Phytochemical Screening and Quantitative Phytochemical Screening and Quantitative Evaluation of Nutritional Values of *Zingiber officinale* (Ginger). *American Chemical Science Journal* 8, 1–6. . doi: <https://doi.org/10.9734/ACSJ/2015/16915>
- Oueslati, S., Gharsalli, W., Abdelkarim, M., Aissa-Fennira, F. B. E. N., et Ksouri, R (2018). Biochemical evaluation and exploration of the antioxidant, antibacterial and anticancer potential of *Zingiber officinale* Evaluation biochimique et exploration des potentialités antioxydantes, antibactérienne et anticancéreuse de *Zingiber officinale*.
- Pagano, E., Souto, EB, Durazzo, A., Sharifi-Rad, J., Lucarini, M., Souto, SB, ...et Romano, B. (2021). Gingembre (*Zingiber officinale* Roscoe) en tant que nutraceutique : Concentrez-vous sur les effets métaboliques, analgésiques et anti-inflammatoires. *Recherche en phytothérapie* , 35 (5),
- Parham, S., Kharazi, A. Z., Bakhsheshi-Rad, H. R., Nur, H., Ismail, A. F., Sharif, S., ... et Berto, F. (2020). Antioxidant, antimicrobial and antiviral properties of herbal materials. *Antioxidants*,.
- Pinson, C. (2012). Curcuma et gingembre – un concentré de bienfaits pour votre santé et votre beauté.
- Pizzi, A. (2019). Tannins: Prospectives and actual industrial applications. *Biomolecules*, 9(8), 344.
- Raja, P. B., & Awang, K. (2014). Green synthesis of silver nanoparticles.
- Rajbhar, K. A. (2015). Polyphenols: Methods of extraction. *Sci. Revs. Chem. Commun*, 5(1), 1-6.
- Richard, P. (2017). LA prise en charge alternative des nausées et vomissements chimio-induits (Doctoral dissertation).
- Sabulal., Dan MB, Anil John AJa, Kurup RA, Pradeep NSC, Valsamma RKC et George V . (2006). Caryophyllene-rich rhizome oil of *Zingiber nimmonii* from South India: Chemical characterization and antimicrobial activity. . *Phytochem*.
- Saha, K., Sinha, R. K., et Sinha, S. (2020). Distribution, Cytology, Genetic Diversity and Molecular phylogeny of selected species of *Zingiberaceae*. –*A Review. Feddes Repertorium*, 131(1), 58-68.
- Salem, M. A., Zayed, A., Alseekh, S., Fernie, A. R., et Giavalisco, P. (2021). The integration of MS-based metabolomics and multivariate data analysis allows for improved quality assessment of *Zingiber officinale* Roscoe. *Phytochemistry*, 190, 112843.

- Sanavi, S. e. (2010). Subacute thyroiditis following ginger (*Zingiber officinale*) consumption. *International journal of Ayurveda research*, 1(1), 47.
- Sangwan, A. Kawatra, A et Sehgal, S. (2014). Nutritional composition of ginger powder prepared using various drying methods. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 2260–2262.
- Scalbert, A. M. (2005). Dietary Polyphenols and the Prevention of Diseases, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. p45, 287-306.
- Semwal, R. B. (2015). Gingerols and shogaols: Important nutraceutical principles from ginger. . *Phytochemistry*, 117, 554-568.
- Sharma, K. K. (2021). Health effects, sources, utilization and safety of tannins: A critical review. *Toxin Reviews*, 40(4), 432-444.
- Shawahna, R., et Taha, A. (2017). Which potential harms and benefits of using ginger in the management of nausea and vomiting of pregnancy should be addressed? A consensual study among pregnant women and gynecologists. . *BMC Complementary and Alternative Med.*
- Sihombing, A. T., Prabharani, D., Lukman, K., et Sudjud, R. W. (2022). The effectiveness of ginger extract addition in calorified drinks during perioperative period to nausea severity, vomitus, post-operative anxiety, and metabolic disorder: A randomized control trial. *Annals of Medicine and Surgery*, 84, 104865.
- Srinivasan, K. (2017). Ginger rhizomes (*Zingiber officinale*): A spice with multiple health beneficial potentials. *PharmaNutrition*, 5(1), 18-28..
- Trease, G.E. and Evans, W.C. (1989). *Pharmacognosy. 13th edition, Baillière Tindall, London.* . Consulté le avril 25, 2023, sur scientific research publishing. (n.d.): from [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPaper](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPaper)
- Vasala, P. A. (2012). Ginger. In *Handbook of herbs and spices* (pp. 319-335). . *Woodhead Publishing. Second edition.*
- Verpoorte, R., et Alfermann, A. W. (2000). *Metabolic engineering of plant secondary metabolism.* Springer Science et Business Media.
- Wibowo, D. P., Mariani, R., Hasanah, S. U., et Aulifa, D. L. (2020). Chemical constituents, antibacterial activity and mode of action of elephant ginger (*zingiber officinale* var. *Officinale*) and emprit ginger rhizome (*zingiber officinale* var. *Amarum*) essential oils. *Pharmacognosy Journal*, 12(2)..
- Wikipedia.* . (2023, april 5). Récupéré sur Retrieved: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Gingembre>
- Wilson, R., Haniadka, R., Sandhya, P., Palatty, P. L., et Baliga, M. S. (2013). Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) the Dietary Agent in Skin Care. *A Review. In R. R. Watson & S. Zibadi (Éds.), Bioactive Dietary Factors and Plant Extracts in Dermatology* (p. 103-111). *Humana Press.* doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-62703-167-7\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-62703-167-7_11)
- Wohlmuth, H., Leach, D. N., Smith, M. K., et Myers, S. P.. (2005). Gingerol content of diploid and tetraploid clones of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(14), 5772-5778.
- Yonekura-Sakakibara, K., Higashi, Y., et Nakabayashi, R (2019). The origin and evolution of plant flavonoid metabolism. *Frontiers in plant science*, 10, 943..

Le gingembre est une plante herbacée tropicale cultivée dans les régions enclavées et humides et consommée dans le monde depuis plus de 3 000 ans à cause de ses nombreuses propriétés. Dans le but d'évaluer ces propriétés, notre étude consiste en un screening phytochimique pour permettre d'identifier les différents groupes chimiques présents entre les deux extraits macération et décoction. Cela a permis de constater que l'extrait de gingembre en macération est très riche en Triterpènes, stéroïdes et que la décoction est riche en amidons.

La deuxième étude est la quantification des polyphénols totaux et des flavonoïdes dans les extraits macération et décoction, les résultats montrent que les polyphénols étaient plus présents dans l'extrait macération ( $1,48 \pm 0,006$ ) par rapport à décoction ( $1,4 \pm 0,003$ ), ainsi que les flavonoïdes dans la macération ( $0,73 \pm 0$ ) et la décoction ( $3,55 \pm 0,444$ ). Nous avons également identifié une évaluation de l'activité antioxydante par le test DPPH et test pouvoir réducteur. Les résultats obtenus ont montré que les extraits disponibles ont une activité antioxydante très faible par rapport aux antioxydants standards utilisés.

**Mots clés :** Zingiber officinale, polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydante, macération, décoction.

## ملخص

الزنجبيل هو نبات عشبي استوائي ينمو في مناطق غير ساحلية ورطبة ويستهلك حول العالم لأكثر من 3000 عام بسبب خصائصه العديدة. من أجل تقييم هذه الخصائص، تتكون دراستنا من فحص كيميائي نباتي لتحديد المجموعات الكيميائية المختلفة الموجودة بين والمنشطات وأن ديكتيون غني Triterpènes مستخلصي النقع والمغلي. أظهر هذا أن مستخلص الزنجبيل في النقع غني جدًا بـ بالانشا.

الدراسة الثانية هي القياس الكمي لمجموع البوليفينول والفلافونويد في مستخلصات النقع والديكتيون، وأظهرت النتائج أن البوليفينول كان أكثر تواجدًا في مستخلص النقع ( $1.48 \pm 0.006$ ) مقارنة بالديكتيون ( $1.4 \pm 0.003$ )، وكذلك الفلافونويد. في النقع ( $0.73 \pm$ ) واختبار القدرة المختزلة. (ODPPH) وديكتيون ( $3.55 \pm 0.444$ ). حددنا أيضًا تقييمًا لنشاط مضادات الأكسدة عن طريق اختبار أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن المستخلصات المتوفرة لها نشاط مضاد للأكسدة منخفض جدًا مقارنة بمضادات الأكسدة القياسية المستخدمة.

**الكلمات المفتاحية:** الزنجبيل الفوري، البولي فينول، الفلافونويد، نشاط مضاد للأكسدة، النقع، المغلي

## Abstract

Ginger is a tropical herbaceous plant grown in landlocked and humid regions and consumed around the world for over 3,000 years because of its many properties. In order to evaluate these properties, our study consists of a phytochemical screening to identify the different chemical groups present between the two maceration and decoction extracts. This showed that the ginger extract in maceration is very rich in Triterpenes, steroids and that the decoction is rich in starch.

The second study is the quantification of total polyphenols and flavonoids in the maceration and decoction extracts, the results show that the polyphenols were more present in the maceration extract ( $1.48 \pm 0.006$ ) compared to the decoction ( $1.4 \pm 0.003$ ), as well as flavonoids in maceration ( $0.73 \pm 0$ ) and decoction ( $3.55 \pm 0.444$ ). We also identified an evaluation of the antioxidant activity by the DPPH test and the reducing power test. The results obtained showed that the available extracts have a very low antioxidant activity compared to the standard antioxidants used.

**Keywords:** Zingiber officinal, polyphenols, flavonoids, antioxidant activity, maceration, decoction.