

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI OUZOU

ⵜⴰⵎⴰⵎⵓⵔⵉⵜ ⵏ ⵉⵎⵎⵓⵔⵉⵜ ⵏ ⵜⴰⵣⵣⵓⵔⵉⵜ

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE ET MICROBIOLOGIE



# MEMOIRE

DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE EN  
SCIENCES ALIMENTAIRES OPTION BIOCHIMIE DE LA NUTRITION

*Etude comparative de l'activité antioxydante et  
antibactérienne de quelques marques de gingembre  
«Zingiber officinale».*

Réalisé par :

M<sup>elle</sup> MOUZAOUI Dihia.

M<sup>elle</sup> KHEMIS Rym.

Jury d'évaluation :

M <sup>r</sup> HOUALI K.	Professeur	UMMTO	Président
M <sup>r</sup> MOUALEK I.	MCA	UMMTO	Promoteur
M <sup>me</sup> IRATNI G.	MCB	UMMTO	Examinatrice.

Année universitaire : 2020/2021.

## **Remerciements**

*Nous remercions tout d'abord **ALLAH** le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage, la patience, et la volonté de réaliser ce modeste travail. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.*

*Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre encadreur monsieur **MOUALEK I** qui nous a dirigés durant ce travail avec une grande rigueur scientifique, pour sa confiance, son soutien, son attention, ses bons conseils, ses encouragements et sa grande disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Nous remercions également Mr **HOUALI K** professeur au département de Biochimie et de Microbiologie de l'UMMTO et directeur du laboratoire LABAB pour son accueil, pour les conditions techniques mises à notre disposition durant la réalisation de ce présent travail, ainsi que pour l'honneur qu'il nous fait en présidant le jury de notre mémoire.*

*Notre très vif remerciement vont aussi à Mme **IRATNI G** pour avoir contribué par sa participation à l'examinassions de ce travail.*

*Un grand merci à toutes personnes ayant participé de près ou de loin à notre formation et à tous ceux qui nous ont apporté leur soutien et leurs encouragements durant la réalisation de ce travail.*

## *Dédicaces*

*C'est avec l'aide et la grâce de dieu que j'ai achevé ce modeste travail que je dédie...*

*A la mémoire de mes grands-parents j'aurais souhaités votre présence en ce moment pour partager ma joie, vous êtes toujours dans mon esprit et dans mon cœur ;*

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

*A mon cher et unique **frère** ;*

*A mes chères petites **sœurs** ;*

*A tous les membres de ma famille oncles, tantes et cousin(e)s maternelle et paternelle ;*

*A mes ami(e)s.*

***Dihia.***

## ***Dédicaces***

*C'est avec l'aide et la grâce de dieu que j'ai achevé ce modeste travail que je dédie...*

*A la mémoire de mes **grands-parents** j'aurais souhaités votre présence en ce moment pour partager ma joie, vous êtes toujours dans mon esprit et dans mon cœur ;*

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

*A ma chère et unique **sœur LIZA** ;*

*A mes chers petits **frères KARIM** et **ANIS** ;*

*A mon mari **ALI** ;*

*A tous les membres de ma famille oncles, tantes et cousin(e)s maternelle et paternelle ;*

*A mes ami(e)s.*

***Rym.***

**Résumé****Abstract****Liste des tableaux****Liste des figures****Liste des abréviations**

Introduction .....	01
--------------------	----

**Partie 01 : Partie bibliographique****Chapitre I: Généralités sur le gingembre (*Zingiber officinale*)**

I.1. Présentation du <i>Zingiber officinale</i> .....	03
I.2. Noms vernaculaires .....	03
I.3. Classification botanique .....	03
I.4. Répartition géographique .....	04
I.5. Description Botanique du gingembre .....	05
I.5.1. Partie souterraine .....	05
I.5.2. Partie aérienne .....	06
I.6. Compositions chimiques et molécules bioactives .....	06
I.7. Activités biologiques et utilisation du <i>Zingiber officinale</i> .....	09
I.8. Domaines d'utilisations .....	11

**Chapitre II : Le Stress Oxydatif**

II.1. Définition du stress oxydant .....	12
II.2. Les radicaux libres .....	13
II.2.1. Définition .....	13
II.2.2. Sources de radicaux libres .....	13
II.2.3. Effets des radicaux libres et leurs conséquences dans l'organisme .....	13
II.3. Les espèces réactives d'oxygène (ERO) .....	14

II.4. Sources de production des radicaux libres .....	15
II.5. Les antioxydants .....	15
II.5.1. Définition.....	15
II.5.2. Classification des antioxydants .....	16
II.5.2.1. Les antioxydants enzymatiques .....	16
II.5.2.1.1. Les superoxydes dismutases.....	16
II.5.2.1.2. La catalase .....	16
II.5.2.1.3. Glutathion peroxydase.....	16
II.5.2.1.4. Glutathion réductase .....	17
II.5.2.2. Les antioxydants non enzymatiques .....	17
II.5.2.2.1. Les antioxydants non enzymatiques endogènes .....	17
A. Glutathion .....	17
B. Acide urique.....	17
C. Bilirubine .....	17
II.5.2.2.2. Les antioxydants non enzymatiques exogènes .....	17
A. Vitamine C.....	17
B. Vitamine E.....	18
C. Les caroténoïdes .....	18
D. Les polyphénols.....	18
a) Définitions .....	18
b) Classification des polyphénols .....	19
➤ Polyphénols simples .....	19
➤ Polyphénols complexes (tanins).....	22
c) Biosynthèse des polyphénols.....	23
d) Rôle et fonction biologique des polyphénols .....	23

## Partie 02 : Partie expérimentale

### Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1. Matériels .....	25
III.1.1. Matériel végétal .....	25
III.1.2. Souches bactériennes.....	25
III.2. Méthodes .....	25
III.2.1. Préparation de nos échantillons .....	25
III.2.2. Méthodes d'analyses .....	26
III.2.2.1. Dosage des poly phénols totaux (PPT) .....	26
III.2.2.2. Etudes de l'activité antioxydante des échantillons.....	29
III.2.2.2.1. Evaluation de la capacité antioxydante totale (TAC).....	29
III.2.2.2.2. Détermination du pouvoir réducteur ferrique (FRAP) .....	31
III.2.2.3. Activité antibactérienne.....	33

#### **Chapitre IV : Résultats et discussion**

IV.1. Analyses biochimiques .....	35
IV.1.1. Détermination de la teneur en polyphénols.....	35
IV.1.2. Capacité antioxydante totale .....	36
IV.1.3. Réduction du fer .....	37
IV.2. Activité antibactérienne .....	39
IV.2.1. Détermination de l'activité antibactérienne .....	39
Conclusion.....	42

#### **Références bibliographiques**

#### **Annexes**

## *Résumé*

Les extraits de plantes sont actuellement le sujet de nombreuses études, dont l'objectif est l'évaluation de leurs nombreuses activités biologiques. Le gingembre ou bien *Zingiber officinale*, est une plante qui appartient à la famille des Zingiberaceae et représente l'une des plantes médicinales les plus anciennes connues par l'être humain.

Notre travail de recherche a été consacré à une étude comparative de l'activité antioxydante et antibactérienne de quelques marques de gingembre.

Après préparation des extraits aqueux bruts, la teneur en polyphénols a été estimée par spectrophotométrie suivant la méthode colorimétrique au Folin-Ciocalteu. Ainsi en comparant la teneur en polyphénols des cinq échantillons, nous observons que la plus forte concentration est enregistrée pour l'échantillon El Zanjabil  $82.5 \pm 0.072$   $\mu\text{g}$  EAG/g MS suivie d'une teneur de l'ordre de  $41.83 \pm 0.005$   $\mu\text{g}$  EAG/g de MS pour l'échantillon Imane,  $37.16 \pm 0.003$   $\mu\text{g}$  EAG/g MS pour l'échantillon frais,  $30.66 \pm 0.003$   $\mu\text{g}$  EAG/g MS pour l'échantillon Kabir, et  $30.16 \pm 0.002$   $\mu\text{g}$  EAG/g MS pour l'échantillon séché et moulu.

L'activité antioxydante, a été évaluée en mettant en œuvre deux méthodes. La première étant le test de capacité antioxydante totale (TAC) au molybdate d'ammonium et la deuxième étant le test de réduction du fer (FRAP).

Ainsi comparativement à l'acide ascorbique, antioxydant de référence ( $\text{IC}_{50} = 230 \pm 6.11$   $\mu\text{g}/\text{ml}$ ), les cinq échantillons avec des  $\text{IC}_{50}$  allant de  $2120 \pm 5.68$   $\mu\text{g}/\text{ml}$  pour Imane,  $2038 \pm 5.50$   $\mu\text{g}/\text{ml}$  pour le frais,  $1431 \pm 7.63$   $\mu\text{g}/\text{ml}$  pour Kabir,  $1005 \pm 8.38$   $\mu\text{g}/\text{ml}$  pour le séché et moulu, et  $1000 \pm 6.65$   $\mu\text{g}/\text{ml}$  pour El Zanjabil. Ils se caractérisent par des activités antioxydantes relativement faibles par rapport à celle enregistrée pour la vitamine C.

Les résultats obtenus montrent que la capacité des échantillons à réduire le fer est largement inférieure à celle de l'acide ascorbique. A la concentration  $20000$   $\mu\text{g}/\text{ml}$ , le pouvoir réducteur est beaucoup plus important dans l'échantillon Imane  $\text{DO} = 1.057 \pm 0.076$  par rapport aux échantillons El Zanjabil  $\text{DO} = 1.03 \pm 0.016$ , gingembre séché et moulu  $\text{DO} = 0.489 \pm 0.017$ , gingembre frais  $\text{DO} = 0.423 \pm 0.024$  et kabir  $\text{DO} = 0.327 \pm 0.009$ .

L'activité antibactérienne des différents échantillons de gingembre, montrent aucun effet inhibiteur envers la croissance de toutes les souches bactériennes testées à savoir : *E.coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus* et *Staphylococcus aureus*.

## *Abstract*

Plant extracts are currently the subject of numerous studies, the objective is the evaluation of their numerous biological activities. Ginger or *Zingiber officinale*, is a plant belonging to the Zingiberaceae family and represents one of the oldest medicinal plants known to man.

Our research work was devoted to a comparative study of the antioxidant and antibacterial activity of some ginger brands.

After preparation of the crude aqueous extracts, the polyphenol content was estimated by spectrophotometry following the colorimetric method with Folin-Ciocalteu. Thus by comparing the content of polyphenols of the five samples, we observe that the highest concentration is recorded for the El Zanjabil sample  $82.5 \pm 0.072 \mu\text{g EAG/g MS}$  followed by a content of about  $41.83 \pm 0.005 \mu\text{g EAG/g DM}$  for the Imane sample,  $37.16 \pm 0.003 \mu\text{g EAG/g DM}$  for the fresh sample,  $30.66 \pm 0.003 \mu\text{g EAG/g DM}$  for the Kabir sample, and  $30.16 \pm 0.002 \mu\text{g EAG/g DM}$  for the dried and ground sample.

Antioxidant activity was evaluated by implementing two methods. The first one being the total antioxidant capacity (TAC) test with ammonium molybdate and the second one being the iron reduction test (FRAP).

Thus compared to ascorbic acid, the reference antioxidant ( $\text{IC}_{50} = 230 \pm 6.11 \mu\text{g/ml}$ ), the five samples with  $\text{IC}_{50}$  ranging from  $2120 \pm 5.68 \mu\text{g/ml}$  for Imane,  $2038 \pm 5.50 \mu\text{g/ml}$  for the fresh,  $1431 \pm 7.63 \mu\text{g/ml}$  for Kabir,  $1005 \pm 8.38 \mu\text{g/ml}$  for the dried and ground, and  $1000 \pm 6.65 \mu\text{g/ml}$  for El Zanjabil. They are characterized by relatively low antioxidant activities compared to that recorded for vitamin C.

The results obtained show that the capacity of the samples to reduce iron is largely inferior to that of ascorbic acid. At the concentration  $20000 \mu\text{g/ml}$ , the reducing power is much higher for the sample Imane  $\text{DO} = 1.057 \pm 0.076$  compared to the El Zanjabil sample  $\text{DO} = 1.03 \pm 0.016$ , dried and ground ginger  $\text{DO} = 0.489 \pm 0.017$ , fresh ginger  $\text{DO} = 0.423 \pm 0.024$  and kabir  $\text{DO} = 0.327 \pm 0.009$ .

The antibacterial activity of the different ginger samples, show no inhibitory effect towards the growth of all tested bacterial strains namely: *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus*.

## *La liste des tableaux*

<b>Tableau I:</b> Noms vernaculaires du gingembre .....	03
<b>Tableau II:</b> Classification botanique du gingembre.....	03
<b>Tableau III:</b> Composition et valeur nutritionnelle du gingembre.....	08
<b>Tableau IV:</b> Principaux radicaux libres et leur structure chimique .....	13
<b>Tableau V:</b> Les espèces réactives de l'oxygène.....	14
<b>Tableau VI:</b> Souches bactériennes à testées .....	25
<b>Tableau VII:</b> Résultats du dosage des polyphénols .....	35
<b>Tableau VIII:</b> Diamètres des zones d'inhibition .....	40

## *La liste des figures*

<b>Figure 01:</b> Répartition mondiale des plantes de la famille des Zingiberaceae.....	04
<b>Figure 02:</b> Rhizomes de gingembre .....	05
<b>Figure 03:</b> Aspect général du <i>Zingiber officinale Roscoe</i> .....	06
<b>Figure 04:</b> Structure chimique de quelques composants bioactifs du gingembre.....	07
<b>Figure 05:</b> Modèle d'équilibre entre les pro-oxydants et les antioxydants .....	12
<b>Figure 06:</b> Sources de production des radicaux libres .....	15
<b>Figure 07:</b> Structure de base d'un phénol .....	19
<b>Figure 08:</b> Structures chimiques des acides hydroxybenzoïques .....	19
<b>Figure 09:</b> Structures chimiques des acides hydroxycinnamiques.....	20
<b>Figure 10:</b> Squelette de base des flavonoïdes .....	20
<b>Figure 11:</b> Tableau récapitulatif des six classes de flavonoïdes.....	21
<b>Figure 12:</b> Structures de l'hydroxytyrosol et du tyrosol .....	22
<b>Figure 13:</b> Structures de l'oleuropéine.....	22
<b>Figure 14:</b> Structures des tannins .....	23
<b>Figure 15:</b> Activité biologique des polyphénols .....	24
<b>Figure 16:</b> Echantillons commerciaux du gingembre. (A) El Zanjabil, (B) Kabir, (C) Imane	26
<b>Figure 17:</b> Schéma récapitulatif du protocole de dosage des polyphénols totaux .....	28
<b>Figure 18:</b> Schéma récapitulatif du test de l'activité antioxydante totale .....	30
<b>Figure 19:</b> Protocole du test de réduction du Fer (FRAP) .....	32
<b>Figure 20:</b> Etapes de l'étude de l'effet inhibiteur des extraits sur les bactéries.....	34
<b>Figure 21:</b> Courbe d'étalonnage de l'acide gallique .....	35
<b>Figure 22:</b> Capacité antioxydante totale des cinq échantillons et de l'acide ascorbique .....	37
<b>Figure 23:</b> Pouvoir réducteur des cinq échantillons et de l'acide ascorbique.....	38

## *Liste des abréviations*

**ATCC:** American Type Culture Collection.

**BHIB:** Brain Heart infusion Broth.

**CMI:** Concentration Minimale Inhibitrice.

**EAG/g MS:** Equivalent d'Acide Gallique par gramme de Matière Sèche.

**ED:** Eau Distillée.

**ERO:** Espèces Réactives d'Oxygène.

**FRAP:** Ferric Reducing Antioxydant Power.

**IC50:** Concentration Inhibitrice 50% Mg.

**EAG:** milligramme Equivalent d'Acide Gallique.

**MH:** Mueller Hinton.

**PPT:** Polyphénols Totaux.

**ROS:** Reactive Oxygen Species.

**rpm:** Rotation par minute.

**TAC:** Total Antioxydant Capacity.

**UFC:** Unité Formant Colonie.

**Vit C:** Vitamine C.

**Fe<sup>+3</sup>:** ions ferriques.

**Fe<sup>+2</sup>:** ions ferreux.

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:** peroxyde d'hydrogène.

**K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>:** Ferricyanure de potassium.

**LABAB:** Laboratoire de Recherche de Biochimie Analytique et Biotechnologie.

**MS:** matière sèche.

**AG:** Acide Gallique.

**AOX:** Antioxydant

**GRD:** Glutathion réductase.

**Cat:** Catalase.

Au cours des dernières années la prévention et le traitement par des médicaments et l'utilisation des additifs tels que les antioxydants synthétiques est très répandue, cette utilisation abusive a induit, en plus des effets secondaires tels que les réactions allergiques, un phénomène de résistance des bactéries aux antibiotiques disponibles. Ce problème que rencontre la médecine actuelle, a relancé la recherche d'autres stratégies thérapeutiques visant à exploiter les propriétés antimicrobiennes des substances naturelles pouvant substituer aux antibiotiques disponibles ou même pouvant agir en synergie avec ces dernières (**Gião et al., 2010**).

Depuis toujours, l'être humain a élaboré des stratégies pour traiter diverses infections en rapports avec son environnement. L'utilisation des plantes médicinales pour prévenir ou guérir des maladies était une des premières pratiques thérapeutiques dans l'histoire de l'humanité (**Eddouks et al., 2007**).

Dans la nature, en particulier dans le monde végétal, les plantes médicinales constituent sans doute une source inépuisable de substances bioactives aux propriétés antioxydantes et pharmacologique variées connues sous l'appellation de métabolites secondaires (polyphénols, alcaloïdes, terpènes etc.) qui ont des propriétés curatives susceptibles de bloquer l'action des EOR (espèces réactives de l'oxygène) et de protéger l'organisme contre les endommagements oxydatifs et de nombreuses maladies (**Bruneton, 2009**). Elles suscitent actuellement un intérêt particulier dans les domaines sanitaire, agroalimentaire, cosmétique et pharmaceutique (**El-haci et al., 2012**).

Parmi ces plantes médicinales, « *Zingiber officinale* » une espèce de plantes originaire d'Inde, du genre *Zingiber* de la famille des Zingiberaceae dont on utilise le rhizome en cuisine et en médecine traditionnelle. Ce rhizome est consommé dans le monde entier comme une épice et un agent aromatique, sa richesse en métabolites secondaires et plus spécifiquement Shagaol et Gingerol lui confèrent plusieurs effets biologiques dont les activités anti-inflammatoires, antimicrobiennes, anticancéreuses et antioxydantes (**Gigon, 2012**).

Notre travail de recherche s'inscrit dans l'axe de valorisation des produits naturels, l'un des axes de recherche édifié par le LABAB (Laboratoire de Biochimie Analytique et Biotechnologies). Dans cette optique, notre travail consiste à estimer et à comparer l'activité antioxydante de l'extrait aqueux de plusieurs marques de gingembre.

Notre manuscrit est scindé en trois parties :

- La première partie consiste en une revue bibliographique dans laquelle sont détaillés les chapitres suivant : le gingembre, le stress oxydatif et les antioxydants ;
- Dans La deuxième partie, nous nous sommes intéressés sur le matériel et les méthodes utilisées dans notre travail et nous discutons les résultats obtenus ;
- Et dans la dernière partie on termine avec une conclusion générale sur l'ensemble de cette étude.

## **Partie 01**

---

### **Synthèse bibliographique**

## **Chapitre I**

---

### **Généralités sur le gingembre (*Zingiber officinale*)**

### I.1. Présentation du *Zingiber officinale*

*Zingiber officinale* est une plante condimentaire et médicinale depuis plus de 3000 ans et originaire de l'Inde, qui appartient à la famille des Zingibéracées (**Gigon, 2012**).

Les Zingibéracées (47 genres et 1400 espèces) sont des monocotylées de l'ordre des scitaminales, groupe très homogène comprenant aussi des musacées (bananier), des cannacées (canna) et des maranthacées (marantha). Le genre *Zingiber* comporte 80 à 90 espèces asiatiques (**Euring, 2015**).

Le gingembre est cultivé en Inde, en Chine, dans tout le sud-est asiatique (Indonésie, Philippines, etc.) ainsi qu'en Afrique tropicale (Nigeria) (**Bruneton, 1999 ; Sabulal, 2006**).

### I.2. Noms vernaculaires

**Tableau I:** Noms vernaculaires du gingembre (**Ross, 2005**).

<b>Nom Botanique</b>	<i>Zingiber officinale</i>
<b>Nom Français</b>	Gingembre
<b>Nom Anglais</b>	Gingerroot ou Ginger
<b>Nom Berbère</b>	Skenjbir ou Skenjbil
<b>Nom Arabe</b>	Zanjabil
<b>Nom Chinois</b>	Shenjiang pour le frais Gan giang pour le sec

### I.3. Classification botanique du gingembre

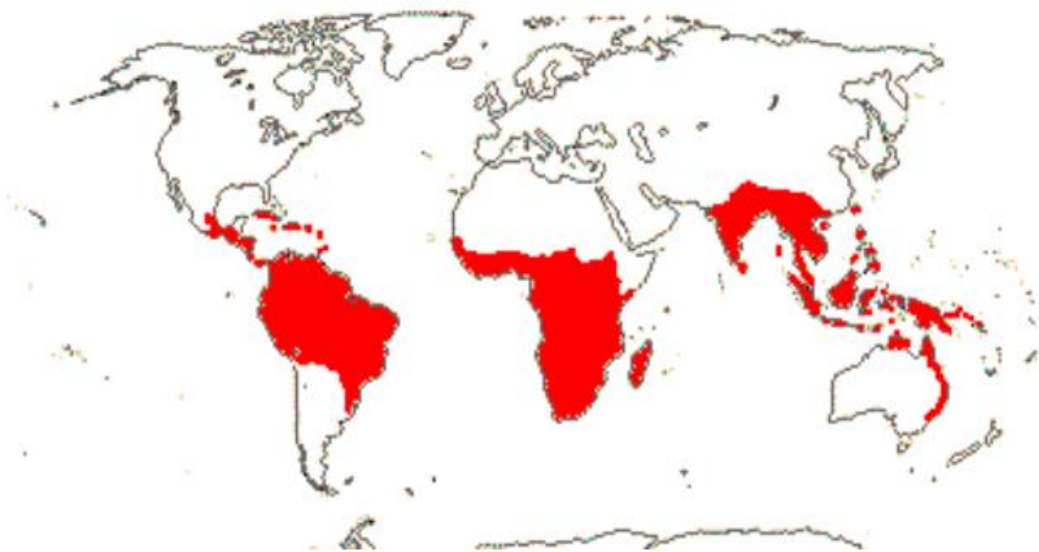
**Tableau II:** Classification botanique du gingembre (**Faivre et al., 2006 ; Gigon, 2012**).

<b>Nom français</b>	Gingembre commun
<b>Nom latin</b>	<i>Zingiber officinale</i> (Roscoe)
<b>Règne</b>	Plantae
<b>Sous-règne</b>	Trachéobionta
<b>Division</b>	Angiospermes (ou Magnoliophyta)
<b>Classe</b>	Liliopsida (ou Monocotylédones)
<b>Sous-classe</b>	Zingibéridées
<b>Ordre</b>	Zingibérales (ou Scitaminales)

<b>Famille</b>	Zingibéracées
<b>Sous-famille</b>	Zingibéroïdées
<b>Genre</b>	<i>Zingiber</i>
<b>Espèce</b>	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe

#### I.4 Répartition géographique :

Comme toutes les Zingiberaceae, le gingembre est majoritairement cultivé dans les pays de l'hémisphère sud :



**Figure 01:** Répartition mondiale des plantes de la famille des Zingiberaceae (**Butin, 2015**).

La Chine et l'Inde sont les principaux exportateurs du gingembre : environ la moitié de la production mondiale provient de leurs exportations. Les autres pays d'Asie du Sud Est (Japon, Indonésie, Bangladesh, Thaïlande notamment) ont également leur propre production.

Le Cameroun, l'Éthiopie et le Nigeria produisent la plupart du gingembre originaire d'Afrique, tandis que la production du continent américain se concentre sur la Jamaïque et la République Dominicaine (**Butin, 2015**). Par cette diversité de pays producteurs, on distingue plusieurs types de gingembre, de qualité et de saveurs variables :

- Le gingembre de Chine est principalement commercialisé sous forme confite, et a un goût plus léger que les autres. Les méthodes de stérilisation de la plante utilisent parfois des produits toxiques, ce qui limite ses importations en Europe ;

- Le gingembre indien a un goût piquant et citronné, et est divisé en sous catégories en fonction de la région productrice : Bengale, Malabar, Calicut, Cochin. Il est très souvent exporté, sous forme sèche ;
- Le gingembre africain possède un goût corsé, son huile essentielle sert surtout aux filières cosmétique et alimentaire ;
- Le gingembre de Jamaïque est surtout exporté principalement en France. Considéré de bonne qualité, à l'arôme délicat, son utilisation est fréquente en cuisine ;
- On note également la présence du gingembre du Brésil, utilisé sous forme fraîche, et le gingembre d'Australie, entrant dans la fabrication de confiseries (**Pinson, 2012**).

### I.5. Description botanique du gingembre

*Zingiber officinale* de la famille Zingiberaceae est une plante herbacée vivace tropicale d'une hauteur de 90 cm en culture, poussant dans des zones humides ensoleillées (**Bragaet *al.*, 2006**).

#### I.5.1. Partie souterraine (rhizome)

Son épais rhizome, est horizontal, mesure en moyenne 10 cm de longueur, 2 cm de largeur et 1,5 cm d'épaisseur, il est constitué de tubercules globuleux ramifiés, qui ressemblent aux doigts de la main, possède une chair jaune pâle juteuse, d'odeur aromatique avec une saveur chaude et piquante (**Faivre et *al.*, 2006**).



**Figure 02:** Rhizomes de gingembre (Photo personnelle).

### I.5.2. Partie aérienne

Cette partie est composée de feuilles linéaires lancéolées de 15 à 20 cm de longueur et de 2.5 cm de largeur. D'une tige pouvant aller de 1,5 m à 3m de longueur. Il existe deux sortes de tiges ; les tiges stériles, hautes de 60 à 120 cm comportant 8 à 12 feuilles ; les tiges fertiles, beaucoup plus courtes 15 à 25 cm terminées par une inflorescence vert pale portant des fleurs à ovaire infère et à staminode pétaloïde (**Euring, 2015**).

Cette plante développe des fleurs très parfumées, blanches et jaunes avec des rayures rouges sur les lèvres. Dont La floraison a lieu entre août et novembre. Ses fruits sont des capsules trivalves contenant des graines noires (**Faivre et al., 2006**).



**Figure 03:** Aspect général du *Zingiber officinale* Roscoe (**Gigon, 2012**).

### I.6. Compositions chimiques et molécules bioactives

L'abondance et la diversité des substances chimiques présentes dans les rhizomes du *zingiber officinale* sont responsables du goût, de l'arôme et des propriétés curatives du gingembre. Les

constituants spécifiques des extraits du gingembre dépendent de la source de la variante et de l'état des rhizomes (frais ou séchés) (Ali *et al.*, 2008 ; Wilson *et al.*, 2013).

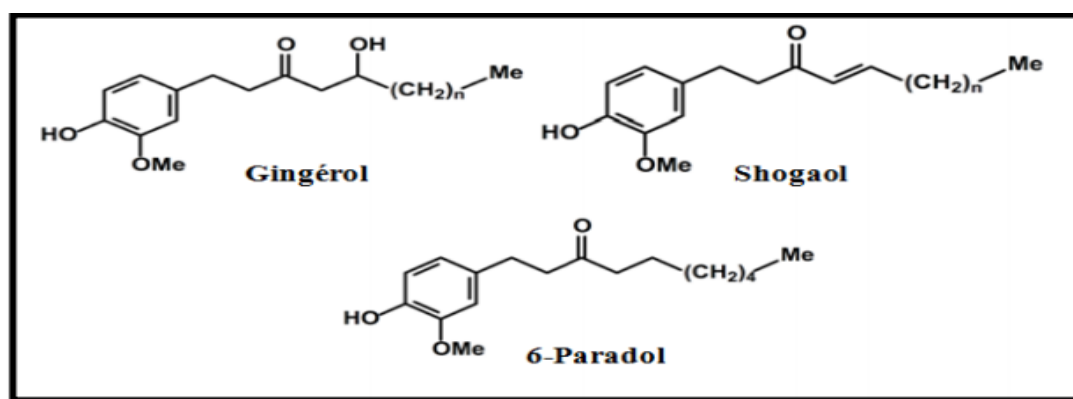
Les substances chimiques les plus actives sur le plan médical, présentes dans les rhizomes du gingembre, sont les composants de l'huile volatile et les principes piquants non volatils (gingérols et shogaols) (Grzanna *et al.*, 2005 ; Quave, 2013).

Les rhizomes du gingembre sont très riches en amidon qui représente près de 60%, mais ils renferment également des protéines, des graisses (10%), et 10 à 40 ml/kg d'huiles essentielles (Bruneton *et al.*, 1999).

L'impression de feu (pseudo-chaueur) lors de la consommation du gingembre est due à la présence de shogaol, de paradol et de zingérol. La concentration de gingérol (constituant majeur du gingembre frais) est plus faible dans le gingembre séché, tandis que la concentration en shogaol augmente. A partir du rhizome du gingembre sont extraites une oléorésine 6 % et une huile essentielle 1-3 % (Jolad *et al.*, 2004).

L'oléorésine contient des composés phénoliques responsables du goût piquant : shogaol, [6]-gingérol, paradol, zingérol (Gigon, 2012) et des composés responsables de la saveur très marqué de la drogue sèche ([6]-gingérol) (Bruneton, 2009).

Le gingembre contient également quelques flavonoïdes comme la quercétine, la rutine, fisetine, morine, acide gallique, acide ferulique, acide vanillique (Ghasemzadeh *et al.*, 2010).



**Figure 04:** Structure chimique de quelques composants bioactifs du gingembre (Banerjee *et al.*, 2011).

Ainsi que les valeurs nutritionnelles du gingembre sont listées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau III:** Composition et valeur nutritionnelle du gingembre (Neveu et al., 2010 ; Kubra et Rao, 2012 ; Mahdi et al., 2013 ; Rashidian et al., 2014 ; Al-nahain et al., 2014).

Nutriment	Quantité par 100 g	% De l'apport journaliers recommandés
Energie	332 (Kcal)	17 %
Eau	9.94 g	-
Protéines	8.98 g	18 %
Lipides	4.24 g	6 %
Huile		
Acides gras saturés	2.6 g	-
Oméga 3	0.223 g	2 %
Oméga 9	0.357 g	-
Glucides	57.5 g	21 %
Sucres	334 g	4 %
Fibres	14.1 g	56 %
Minéraux et oligo-éléments		
Calcium	114 mg	14 %
Cuivre	0.48 mg	48 %
Fer	19.8 mg	141 %
Magnésium	214 mg	57 %
Manganèse	33.3 mg	-
Phosphore	168 mg	24 %
Potassium	1320 mg	66 %
Sélénium	0.70 mg	1 %
Sodium	27 mg	1 %
Zinc	3.64 mg	36 %
Vitamines		
Vitamine A	18 µg	2 %
Vitamine B1	0.046 mg	4 %
Vitamine B2	0.17 mg	12 %
Vitamine B3	9.62 mg	60 %
Vitamine B5	0.477 mg	8 %

### I.7. Activités biologiques et utilisation du *Zingiber officinale*

Le gingembre est l'une des épices les plus utilisées dans le monde, surtout dans les pays d'Asie du Sud-est. C'est aussi une plante médicinale largement utilisé dans la médecine chinoise, l'Ayurveda et la médecine grecque (Rong et al., 2009).

Depuis l'antiquité, le rhizome du gingembre a été utilisé en médecine alternative grecque romaine, asiatique, indienne, sri-lankaise, tibétaine, méditerranéenne et arabe. Le gingembre est utilisé pour traiter les rhumes, les maux de tête, les nausées, les troubles gastriques, l'arthrite. Il a été recommandé pour l'utilisation en tant que carminatif, diaphorétique, antispasmodique, expectorant, stimulant circulatoire, stimulant de l'appétit, anti-inflammatoire, diurétique.

- **Activité anti- bactérienne et antivirale**

Les recherches récentes sur l'huile, les oléorésines, les extraits et les molécules actives du gingembre présentent diverses propriétés, soit activité antivirale respiratoire, anti VIH1 (**Schnitzler et al., 2007 ; Lee et al., 2008 ; Chang et al., 2013**), soit activité antibactérienne. Il réduit les symptômes de la fièvre, les états grippaux, la toux, les angines, l'asthme et les allergies (**Platel et Srinivazan, 2004**).

- **Propriété anticancéreuse**

L'effet chimio préventif du gingembre sur le cancer a été observé dans les recherches sur le cancer de la peau, le cancer gastro-intestinal, le cancer du côlon et le cancer du sein. Son effet implique un mécanisme qui aide à piéger les radicaux libres, aux voies antioxydantes, à l'altération des expressions géniques et à l'induction de l'apoptose, entraînant ainsi une diminution de l'initiation, de la promotion et de la progression tumorale (**Ramakrishnan, 2013 ; Ghasemzadeh et al., 2015**).

- **Propriété anti-inflammatoire**

Les composants anti-inflammatoires du gingembre sont le gingérol, le shogaol, le paradol et la zingérone, ils permettent d'abaisser certaines douleurs (**Bartels et al., 2015**).

- Les douleurs musculaires et articulaires (l'arthrite, l'arthrose et les rhumatismes) ;
- Les blessures et les fractures ;
- Les œdèmes et les douleurs intestinales (**Grzanna et al., 2005**) ;

Les gingérols inhiberaient la synthèse des prostaglandines et des leucotriènes augmentant ainsi l'aspect antiulcéreux et anti-inflammatoire (**Faivre et al., 2006**).

- **Propriété hypoglycémiante**

Le gingembre baisse la glycémie et permet une meilleure résistance à l'insuline, de ce fait il est conseillé pour les personnes diabétiques (**Mobasseri et al., 2013 ; Mozaffari et al., 2014**). Il a montré ses effets antidiabétiques en aidant le foie et le pancréas à se décongestionner et à bien fonctionner à la fabrication de la bile donc c'est un très bon remède pour le diabète de type II (**Semwal et al., 2015**). Par conséquent, le gingembre aide à stabiliser le taux de sucre dans le sang en protégeant les cellules  $\beta$  pancréatiques, en augmentant la synthèse et la sensibilité de l'insuline (**Srinivasan, 2017**).

- **Propriété antioxydante**

L'activité antioxydante du gingembre est due principalement aux 6-gingérol, 6-shogaol, 8-gingérol et 10-gingérol (**Sharma et al., 2009 ; Atashak et al., 2014**).

Le gingembre est très intéressant sur le plan cosmétique puisqu'il contient plusieurs composés antioxydants. Ces derniers protégeant les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres. Il contient également du cuivre, nécessaire à la formation du collagène, des études ont montré son effet sur les rides et l'élasticité de la peau (**Baobab, 2011**).

Aussi la consommation du gingembre aide à lutter contre l'action des radicaux libres et de prévenir les maladies neurodégénératives et certains cancers comme le cancer de la prostate (**Aggarwal et Shishodia, 2006 ; karna et al., 2012**). L'intérêt supplémentaire est que certains de ces antioxydants résistent à la cuisson, et sont même activés par la chaleur ce qui pourrait expliquer l'augmentation de l'activité antioxydante du gingembre cuit (**Shobana et Naidu, 2000**).

- **Propriété antiémétique**

En Asie, le gingembre est utilisé comme plante médicinale pour soigner les problèmes d'estomac et la diarrhée (**Platel et Srinivazan, 2004**).

Plusieurs essais cliniques sur des femmes enceintes, ont démontré que le gingembre était plus efficace que la vitamine B6 et aussi efficace qu'un traitement sur les nausées et les vomissements pendant la grossesse. Cette propriété antiémétique s'est confirmée pour la prévention des patientes en chirurgie postopératoire (gynécologie, laparoscopie) (**Gigon, 2012**).

**I.8. Domaine d'utilisation**

Le gingembre frais est utilisé dans l'industrie agroalimentaire, la boulangerie, les confitures et les mélanges d'épices. Il est également un ingrédient dans certaines poudres de curry, marinades, sauces, chutneys et sirops. Le gingembre séché est largement utilisé pour les sauces et les soupes dans la cuisine asiatique. Les Chinois utilisent le gingembre frais, mariné et épicé, pour les saveurs sucrées, les soupes et les légumes. En Angleterre, il est utilisé en grandes quantités dans la production de soda au gingembre. Les Européens et les Nord-Américains préfèrent toujours les formes séchées, cristallisées, ou en conserve (**Ding et al., 2012 ; Sangwan et al., 2012 ; Charles, 2013**).

Le gingembre est couramment utilisé dans des préparations pharmaceutiques sous différentes formes galéniques (capsule, Pommade, Sirop, comprimé, pansement et infusion) ont pour but de faciliter l'administration de l'ensemble des principes actifs (**Schauenberg et Paris, 1977**).

## **Chapitre II**

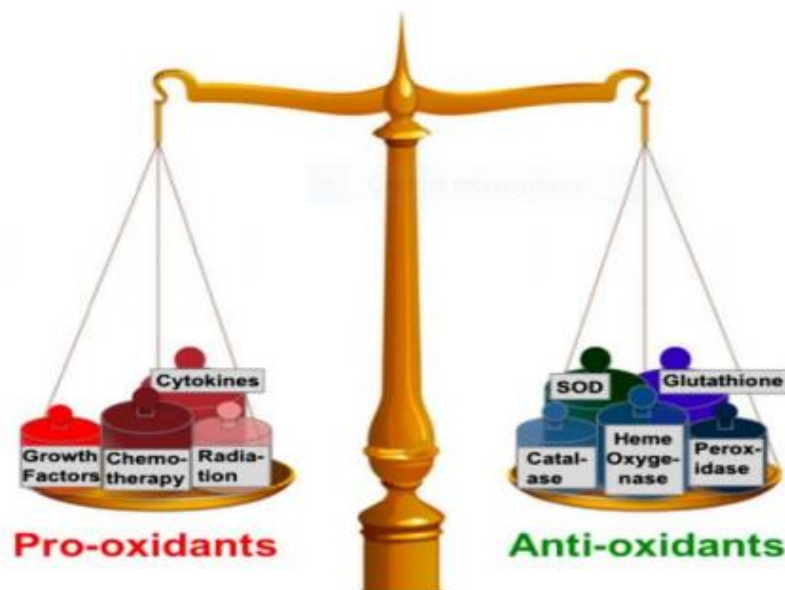
---

### **Les antioxydants**

## II.1. Définition du stress oxydant

Dans les systèmes biologiques, le stress oxydatif est défini comme étant le déséquilibre entre la production de radicaux libres et de métabolites réactifs, que l'on appelle des oxydants ou des espèces réactives de l'oxygène (ROS), et leurs éliminations par des mécanismes de protection, dénommés antioxydants (**Reuter et al., 2010**). La balance oxydative définit donc l'équilibre entre les espèces réactives de l'oxygène et les espèces antioxydantes. En médecine la balance oxydative est un concept pour maintenir l'organisme en bonne santé (**Davies, 2000 ; Finkel et Holbrook, 2000**).

Ce phénomène conduit à des dommages structurels des protéines, des lipides et des acides nucléiques. Au fil du temps, l'accumulation de ces lésions aide à accélérer le vieillissement cellulaire, peut développer une variété de pathologies, telles que les maladies cardiovasculaires, le cancer, l'athérosclérose, le diabète et la maladie d'Alzheimer (**Hennebelle et al., 2004 ; Ghedira 2005 ; Benhammou 2009**).



**Figure 05:** Modèle d'équilibre entre les pro-oxydants et les antioxydants (**Reuter et al., 2010**).

## II.2. Les radicaux libres

### II.2.1. Définition

Le radical libre est une substance chimique qui contient au moins un électron non apparié sur sa couche externe, augmentant ainsi sa réactivité et doit se combiner avec un autre électron pour devenir stable (**Bonnefont et al., 2003 ; Finaud et al., 2006**).

Il est symbolisé par un point qui indique où l'électron libre se situe (**Goto et al., 2008**), l'ensemble des radicaux libres et de leurs précurseurs est appelé espèces réactives de l'oxygène (ERO) (**Faivier, 2003**), lorsque ces radicaux libres sont produits plus rapidement ils ne peuvent être neutralisés par les systèmes de défense antioxydant ce qui permet le développement du stress oxydatif (**Picchi, 2006**).

**Tableau IV:** Principaux radicaux libres et leur structure chimique (**Haton, 2005**).

Radicaux libres (nomenclature)	Structure chimique
Radical hydroxyle	HO •
Radical hydroperoxyde	HOO•
Radical peroxyde	ROO•
Radical alkoxyde	RO•
Peroxyde d'hydrogène	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Peroxynitrite	ONOO•
Anion superoxyde	O <sub>2</sub> • <sup>-</sup>

### II.2.2. Sources de radicaux libres

Les espèces réactives de l'oxygène (ROS) sont produites par des sources endogènes ou exogènes. Les radicaux libres endogènes sont causés par la chaîne respiratoire mitochondriale, l'inflammation, l'exercice excessif, l'ischémie, l'infection, le cancer et le vieillissement. L'oxygène actif exogène est le résultat de la pollution de l'air et de l'eau, de la fumée de cigarette, de l'alcool, des métaux de transition, de certains médicaments et des solvants industriels, et des radiations (**Hrycay et al., 2015**).

### II.2.3. Effets des radicaux libres et leurs conséquences dans l'organisme

Les radicaux libres remplissent de nombreuses fonctions de base dans le corps, contrôler le flux sanguin dans les artères pour lutter contre les infections. Quelques radicaux libres sous

forme de  $\text{NO}^\bullet$  et  $\text{l'O}_2^{\bullet-}$  sont produits par les cellules du système immunitaire en grande quantité et détruit les virus et les bactéries et tue les cellules cancéreuses (Sarma et al., 2010). Leur rôle physiologique consiste à réguler la cascade de transduction du signal intracellulaire dans divers types de cellules. En bref, les ROS sont essentiels pour la santé humaine (Pham-Huy et al., 2008).

### II.3. Les espèces réactives de l’oxygène (ERO)

Tableau V: Les espèces réactives de l’oxygène.

ERO	Symbole chimique	Propriétés
L’anion superoxyde	$\text{O}_2^{\bullet-}$	C'est le radical le moins réactif, c'est donc la forme primaire des ROS, il est formé par l'addition d'un électron à l'oxygène moléculaire ( $\text{O}_2$ ) (Gardès-Albert et Jore, 2005).
Radical hydroxyle	$\text{OH}^\bullet$	Le radical hydroxyle $\text{OH}^\bullet$ est le radical libre le plus réactif et peut être formé par les substances suivantes Anion superoxyde et peroxyde d'hydrogène en présence des ions métalliques tels que Cuivre ou fer (Chaabi, 2008).
Peroxyde d’hydrogène $\text{H}_2\text{O}_2$	$\text{H}_2\text{O}_2$	Substance non radicalaire provient d’une réaction entre deux anions superoxyde qui met fin au processus radicalaires, il s’agit d’un oxydant beaucoup moins puissant (Halimi, 2015).
Monoxyde d'azote	$\text{NO}^\bullet$	C'est une molécule instable hautement diffusible, son effet régulateur s'exerce sur la plupart des Fonctions physiologiques de l'organisme. Cependant, avec l’anion super oxyde, le $\text{NO}^\bullet$ peut former du peroxyde nitrite ( $\text{HOONO}$ ), qui est un oxydant puissant et diffusible (Haleng, 2007).
Oxygène singulet	$(^1\text{O}_2)$	C’est une forme excitée de l’oxygène moléculaire, souvent assimilé à un radical libre en raison de sa forte réactivité (Hadi, 2004).

## II.4. Sources de production des radicaux libres

Les humains sont souvent exposés aux radicaux libres. En effet, les sources de radicaux libres sont multiples : pollution de l'air, tabagisme, rayonnement ultraviolet, les radiations ionisantes, les radiations cosmiques, le métabolisme cellulaire (activité mitochondriale, réactions enzymatiques), l'inflammation et les métaux toxiques (Favier, 2006).



Figure 06: Sources de production des radicaux libres (Favier, 2006).

## II.5. Les antioxydants

### II.5.1. Définition

L'antioxydant (AOX) est une substance qui peut considérablement inhiber ou retarder l'oxydation des substrats (Berger, 2006)

Les antioxydants minimisent efficacement les rancissements, retardent la peroxydation lipidique, sans effets sur les propriétés sensorielle et nutritionnelle du produit alimentaire. Ils permettent le maintien de la qualité et l'augmentation de la durée de conservation du produit.

En outre, l'antioxydant alimentaire idéal, doit être soluble dans les graisses, efficace à faible dose, et non toxique, n'entraîne ni coloration, ni odeur, ni saveur indésirable, résistant aux processus technologiques, et stable dans le produit final (Hellal, 2011).

## II.5.2. Classification des antioxydants

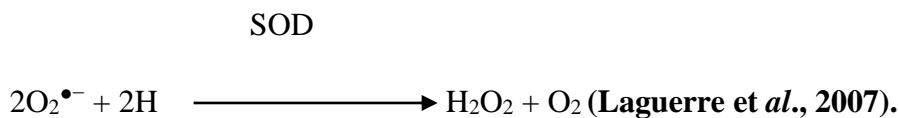
Ils peuvent être classés selon leurs origines en deux classes les antioxydants enzymatiques et les non enzymatiques (**Delattre et al., 2005**).

### II.5.2.1. Les antioxydants enzymatiques

Sont comme une arme naturelle qui est fabriquée par notre organisme chaque un a un lieu et un mode d'action spécifique.

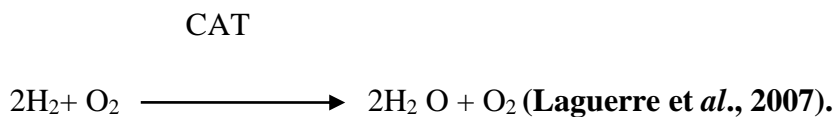
#### II.5.2.1.1. Les superoxydes dismutases (SOD)

Sont des antioxydants enzymatiques ubiquitaires. Ils représentent l'une des premières lignes de défense contre le stress oxydant (**Haleng et al., 2007**). Capable d'éliminer l'anion superoxyde en le dismutant en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> selon la réaction suivante



#### II.5.2.1.2. La catalase

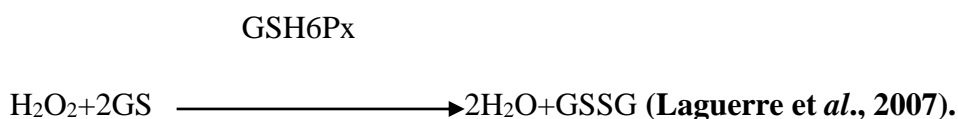
Est une enzyme catalysant la dismutation du peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène moléculaire, selon la réaction suivante



Elle est formée de quatre sous-unités, chacune comportant une molécule d'hème liant du fer sous forme Fe<sup>3+</sup> liée au site actif comme groupement prosthétique (**Baudin, 2020**).

#### II.5.2.1.3. Glutathion peroxydase (GPX)

La GPx est un tétramère composé de quatre chaînes polypeptiques simples synthétisées au niveau rénal et hépatique. Son rôle principal consiste en l'élimination des peroxydes lipidiques résultants de l'action du stress oxydant sur les acides gras polyinsaturés (**Haleng et al., 2007**).



### II.5.2.1.4. Glutathion réductases (GRD)

C'est une flavoenzyme homodimérique, chaque sous-unité contient du FAD au niveau de son site actif, la (GRD) permet de régénérer le GSH à partir du GSSG (**Raman et Berry, 2011**).

### II.5.2.2. Les antioxydants non enzymatiques

#### II.5.2.2.1. Les antioxydants non enzymatiques endogènes

##### A. Glutathion

Le GSH est un tripeptide (Lγglutamy-l-cystéinyl-glycine) impliqué dans de nombreux processus au niveau intracellulaire. Son rôle est la détoxification des xénobiotiques (**Beaudeau et Geneviève, 2011**), la protection des lipides, des protéines et des acides nucléiques contre l'oxydation (**Stamler et Slivka, 1996**).

##### B. Acide urique

C'est le produit de dégradation des composés puriques comme la xanthine et l'hypoxanthine (**Villasante et al., 2010**). Il réagit avec plusieurs espèces réactives aux potentialités oxydantes fortes comme ROO<sup>•</sup>, HO<sup>•</sup>, ONOO<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>•</sup> et l'oxygène singulet (**Halliwell et Gutteridge, 2008**).

##### C. Bilirubine

Ce composé liposoluble est capable de piéger les radicaux peroxyde, l'oxygène singulet et le radical hydroxyle, protégeant ainsi l'albumine et les acides gras liés à l'albumine contre les attaques radicalaires (**Algeciras-Schimmich et al., 2007**).

#### II.5.2.2.2. Les antioxydants non enzymatiques exogènes

De nombreuses molécules issues de notre alimentation : vitamines, nutriments, composés naturels, Sont considérés comme des antioxydants, parmi les plus courants :

##### A. Vitamine C

L'acide L-ascorbique ou vitamine C est présent le plus couramment sous forme d'ascorbate. Il est considéré comme le plus important antioxydant dans les fluides extracellulaires. C'est un piègeur très efficace des anions superoxydes, du peroxyde dihydrogène, de lipochlorite, des radicaux hydroxyles et peroxydes, et de l'oxygène singulet (**Delattre et al., 2005**).

### B. Vitamine E

La vitamine E est formée de huit composés chimiques différents, regroupés en deux sous-ensembles en fonction de la présence de groupements de substitution et de doubles liaisons. Nous trouvons donc le sous-ensemble des tocopherols ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, ou  $\delta$ -tocopherol) et des tocotrienols ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, ou  $\delta$ -tocoprienol) (**Desmier, 2016**).

### C. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des puissants antioxydants capables de protéger nos cellules contre les attaques des radicaux libres, ils sont généralement de bons capteur d' $\text{OH}$  et  $\text{RO}_2$ . Ils sont donc susceptibles d'inhiber les chaînes de peroxydation lipidique, mais d'une manière moins efficace que ne le fait  $\alpha$ -tocophérol ( $\alpha$ -TH) (**Gardes et al., 2003**).

### D. Les polyphénols

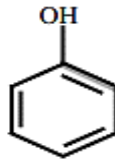
#### a) Définitions

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires végétaux. Ils peuvent être définis comme des molécules indirectement essentielles à la vie des plantes. Par opposition aux métabolites primaires qui alimentent les grandes voies du métabolisme basal, mais ils sont essentiels dans l'interaction de la plante avec son environnement (**Urquiaga et Leighton, 2000**).

Les polyphénols sont des substances chimiques ayant au moins un cycle aromatique portant une ou plusieurs fonctions OH. Ils présentent une activité antioxydante importante (**Chen et al., 2003**).

La structure des composés phénoliques naturels varie depuis les molécules simples (acides phénoliques simples) vers les molécules les plus hautement polymérisées (tanins condensés) avec plus de 8000 structures phénoliques identifiées (**Urquiaga et Leighton, 2000**).

Ils sont naturellement capables de piéger l'oxygène singulet  $1\text{O}_2$  et le radical anion superoxyde  $\text{O}_2^-$  en le dismutant en  $\text{H}_2\text{O}_2$  (**Chen et al., 2003**). Ils sont particulièrement présents dans certaines boissons (thé, vin rouge, bière...) ou les fruits et légumes (agrumes, carottes...) (**Lehucher-Michel et al., 2001**).



**Figure 07:** Structure de base d'un phénol (Laguerre et al., 2007).

### b) Classification des polyphénols

La classification des polyphénols est basée essentiellement sur la structure, le nombre de noyaux aromatiques et les éléments structuraux qui lient ces noyaux. On peut distinguer deux catégories : les composés phénoliques simples et les composés phénoliques complexes (Achat, 2013).

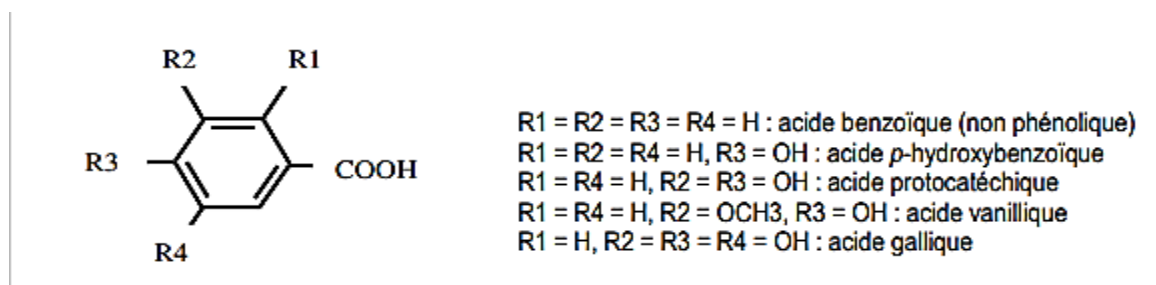
#### ➤ Polyphénols simples

##### ▪ Acides phénoliques

Ces composés sont universellement rencontrés chez les plantes, deux sous-groupes peuvent être distingués :

##### - Dérivés de l'acide hydroxybenzoïque (C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>)

Ces acides sont très communs aussi bien sous forme libre que sous forme combinée à l'état d'esters ou hétérosides (Skerget et al., 2005 ; Bruneton, 2008). Cette catégorie est abondante dans les végétaux et les aliments, notamment les épices, les fraises, certains fruits rouges et l'oignon dans lesquels les concentrations peuvent atteindre plusieurs dizaines de milligrammes par kilogramme de fruits frais (Manach et al., 2004). Les dérivés de l'acide hydroxybenzoïque les plus répandus sont illustrés dans la figure suivante



**Figure 08:** Structures chimiques des acides hydroxybenzoïques (Bruneton, 2008).

- Dérivés de l'acide hydroxycinnamique (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>)

Ils sont représentés principalement par l'acide p-coumarique, l'acide caféique, l'acide férulique et l'acide sinapique. Ces acides sont rarement présents sous forme libres, ils sont en général combinés à d'autre molécule organique, contrairement aux acides hydroxybenzoïques qui se représentent majoritairement sous forme libre (Macheix et Fleuriet, 1990). Les principaux acides hydroxycinnamiques sont présentés dans la figure 09.

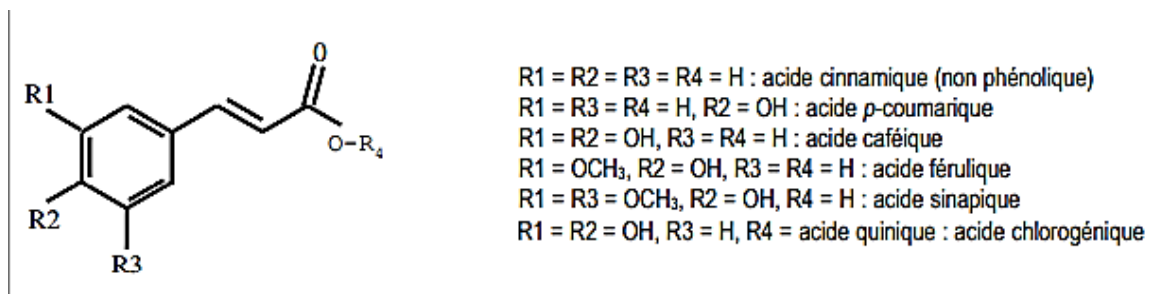


Figure 09: Structures chimiques des acides hydroxycinnamiques (Han et al., 2007 ; Chira et al., 2008).

▪ Les flavonoïdes

Ce sont des pigments qui sont responsables de la coloration des fruits et des fleurs. Les différentes couleurs dépendent de la structure mais également du pH du milieu. Ils peuvent avoir comme rôle d'attirer les insectes pollinisateurs (Guillouty, 2016).

Les flavonoïdes sont des composés qui ont en commun la structure du diphenylpropane (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>), les trois carbones servant de jonction entre les deux noyaux benzéniques notés A et B et forment généralement un hétérocycle oxygéné C (voir la figure 10) (De Rijke et al., 2006).

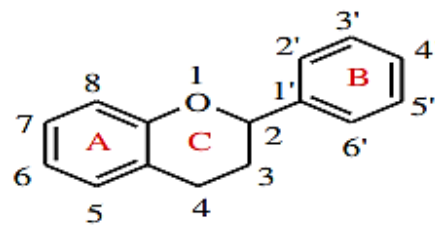
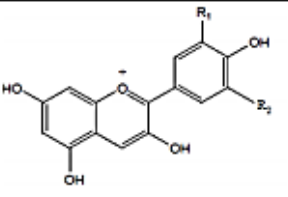
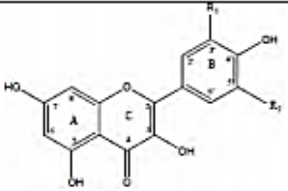
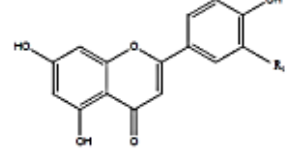
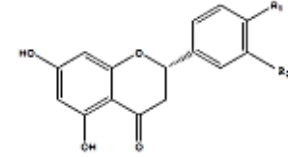
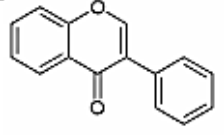
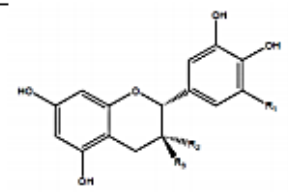


Figure 10: Squelette de base des flavonoïdes (Achat, 2013).

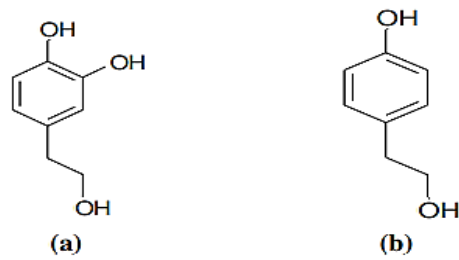
Les flavonoïdes sont classés en six classes : anthocyanes, flavonols, flavones, flavanones, isoflavones, flavanols.

	Structure de base	Formule chimique	Origine	Principales molécules
<b>Anthocyane</b>			Baies, fruits rouges, vin	Cyanidine, pélagonidine, malvidine, delphinidine
<b>Flavonol</b>		3-hydroxy-2-phénylchromen-4-one	Oignons, brocolis, tomate, thé	Quercétine, kaempférol, myricétine
<b>Flavone</b>		2-phénylchromen-4-one	Tisanes, plantes aromatiques	Apigénine, lutéoline
<b>Flavanone</b>		2,3-dihydro-2-phénylchromen-4-one	Agrumes	Herpéretine, naringénine, ériodictyol
<b>Isoflavone</b>			Soja, légumineuses	Daïdzéine, génistéine
<b>Flavanol</b>		2-phényl-3-chromanol	fruits, cacao, thé, vin	Catéchines, gallocatéchines (monomères), proanthocyanidines (polymères)

**Figure 11:** Tableau récapitulatif des six classes de flavonoïdes (Guillouty, 2016).

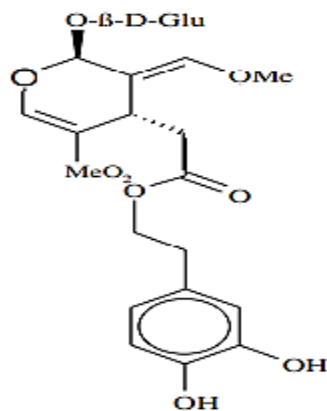
#### ▪ Alcools phénoliques

Un alcool phénolique est un composé organique possédant au moins un alcool aliphatique et un hydroxyle phénolique. Le tyrosol (4-hydroxyphénylethanol) et hydroxytyrosol (3,4 dihydroxyphénylethanol) sont les principales molécules de cette classe, ils sont très abondants dans l'olive (fruit et feuille), libres ou associés à l'acide élénolique (Achat, 2013).



**Figure 12:** Structures de l'hydroxytyrosol (a) et du tyrosol (b) (Achat, 2013).

Le principal alcool phénolique de l'olive (responsable de l'amertume du fruit) est l'oleuropéine (60 à 90 mg/g de matière sèche) (Achat, 2013).



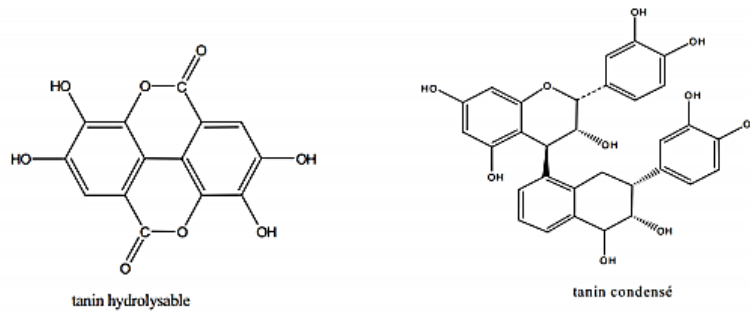
**Figure 13:** Structures de l'oleuropéine (Achat, 2013).

### ➤ Polyphénols complexes (tanins)

Les tanins sont des composés phénoliques complexes, de masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 Da, capables de se lier aux protéines en solution et de les précipiter. Il existe deux grands groupes qui diffèrent à la fois par leur réactivité chimique et par leur composition, les tanins hydrolysables et les tanins condensés (figure 14) (Bruneton, 2009 ; Medjdoub, 2013 ; Legrand, 2015)

-les tanins hydrolysables : ils libèrent l'acide gallique, le glucose, l'acide quinique...

-les tanins condensés ou non hydrolysables : tanins catéchiques (proanthocyanidols) (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006) (Voir figure 14).



**Figure 14:** Structures des tannins (Bahaz et Rachdi, 2010).

### c) Biosynthèse des polyphénols

Les composés phénoliques sont issus par deux grandes voies métaboliques :

- **Voie de l'acide shikimique:**

Chez les végétaux les acides aminés aromatiques sont à l'origine de la formation de la plupart des molécules phénoliques, sont formés à partir de sucres simple issus du métabolisme primaire, conduisant à la formation de phénylalanine qui par désamination donne le précurseur des phénols (Ryan *et al.*, 2002 ; Macheix *et al.*, 2006).

- **Voie de l'acétate malonate:**

Ce mode de formation plus secondaire consiste à la cyclisation des chaînes polycétonique, qui sont issus par condensation de groupement acétates, qui se fait par carboxylation de l'acétyl-CoA en malonyl-CoA. Cette réaction est catalysée par l'enzyme acétyl-CoA carboxylase (Merghem, 2009).

### d) Rôle et fonction biologique des polyphénols

#### ➤ Chez les végétaux

Les composés phénoliques peuvent intervenir dans certains aspects de la physiologie de la plante (lignification, régulation de la croissance, interactions moléculaires avec certains microorganismes symbiotiques ou parasites...);

Dans les interactions des plantes avec leur environnement biologique et physique (relations avec les bactéries, les champignons, les insectes, résistance aux UV), soit directement dans la nature soit lors de la conservation après récolte de certains végétaux ;

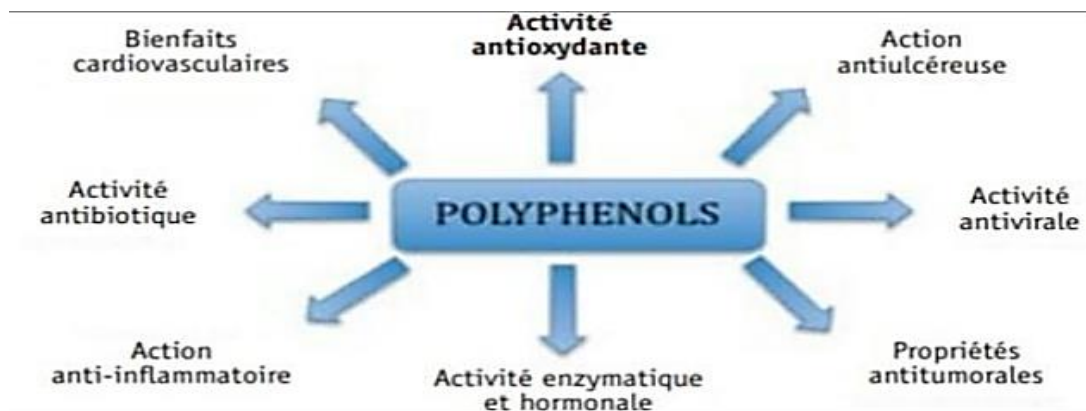
Dans les critères de qualité (couleur, astringence, amertume, qualités nutritionnelles...) qui orientent les choix de l'homme dans sa consommation des organes végétaux (fruits, légumes, tubercules...) et des produits qui en dérivent par la transformation ;

Dans les variations de certaines caractéristiques des végétaux lors des traitements technologiques (préparation des jus de fruits, des boissons fermentées...) pendant lesquels apparaissent fréquemment des brunissements enzymatiques qui modifient la qualité du produit fini (Muanda, 2010).

### ➤ Chez les animaux

Les composés phénoliques sont de plus en plus utilisés en thérapeutique (Crozier *et al.*, 2006). De nombreuses études suggèrent que les polyphénols réduisent l'incidence de plusieurs maladies telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires et le diabète (Hanhineva, 2010).

On leur attribue des propriétés variées : veinotonique, anti tumorale, anti-radicalaire, anti-inflammatoire, analgésique, antiallergique, antispasmodique, antibactérienne, hépatoprotectrice, estrogénique et/ ou anti-estrogénique. Ils sont également connus pour moduler l'activité de plusieurs enzymes ou de récepteurs cellulaires (Muanda, 2010).



**Figure 15:** Activité biologique des polyphénols (Hanhineva, 2010)

En biotechnologie alimentaire, grâce aux propriétés antimicrobiennes de certains polyphénols comme les flavan-3-ols, les flavanols et les tanins, il est désormais possible de développer des conservateurs alimentaires (Daglia, 2012), et grâce à leurs capacités antioxydantes, ils sont utilisés dans l'alimentation pour lutter contre la peroxydation lipidique et ainsi permettre une meilleure stabilisation des denrées alimentaires. Ils sont également préconisés pour améliorer la stabilité des pigments de jus colorés (comme le jus de betterave) et d'arômes alimentaires (Moure *et al.*, 2001).

## **Partie 02**

---

### **Partie expérimentale**

## **Chapitre III**

---

### **Matériels et méthodes**

### III. Matériels et méthodes

La partie expérimentale a été réalisée au niveau du laboratoire de recherche de biochimie analytique et biotechnologie (LABAB) de la faculté des sciences biologiques et agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Elle s'est déroulée entre mai et juin 2021. L'objectif de notre travail est la comparaison entre trois marques de thé commerciales au gingembre ainsi que du gingembre frais et du gingembre séché et moulu. On a déterminé la teneur en polyphénols totaux de ces derniers et leur activité antioxydante et antibactérienne.

#### III.1. Matériels

##### III.1.1. Echantillons végétaux

Nos échantillons sont constitués de 3 différentes marques de thé commerciales au gingembre qui ont été achetées au niveau du marché local de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Le gingembre frais et le gingembre séché et moulu ont été préparés au niveau du laboratoire de recherche de biochimie analytique et biotechnologie (LABAB).

##### III.1.2. Souches bactériennes

L'activité antibactérienne de nos échantillons a été testée sur des souches bactériennes de référence de la collection du laboratoire de microbiologie appliquée.

**Tableau VI:** Souches bactériennes à testées.

Gram+	Gram-
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 43300	<i>Escherichia coli</i> ATCC 2592
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 10876	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 25852

#### III.2. Méthodes

##### III.2.1. Préparation de nos échantillons

➤ Le gingembre frais

Les rhizomes du gingembre sont lavés soigneusement afin d'éliminer les impuretés et les poussières, puis coupés en petits morceaux et broyés dans un mixeur électrique jusqu'à l'obtention d'un homogénat de gingembre, ce dernier est pressé à l'aide d'une compresse pour en extraire un jus.

➤ Le gingembre séché et moulu

Les rhizomes du gingembre sont lavés, séchés et coupés en petits morceaux, ces derniers sont broyés dans un mixeur électrique jusqu'à l'obtention d'une poudre très fine.

➤ Echantillons commerciaux

Achat de trois marques différentes de thé au gingembre au niveau du marché de Tizi-Ouzou avec des dates de péremption assez lointaines et dans la méthode de fabrication n'est pas divulguée (secret commercial).

(A) El Zanjabil : date de péremption 11/2022 ;

(B) Kabir : date de péremption 04/2024 ;

(C) Imane : date de péremption 06/2024.



**Figure 16:** Echantillons commerciaux du gingembre (A) el zanjabil, (B) Kabir, (C) Imane (Photos personnelles).

## III.2. Méthodes d'analyses

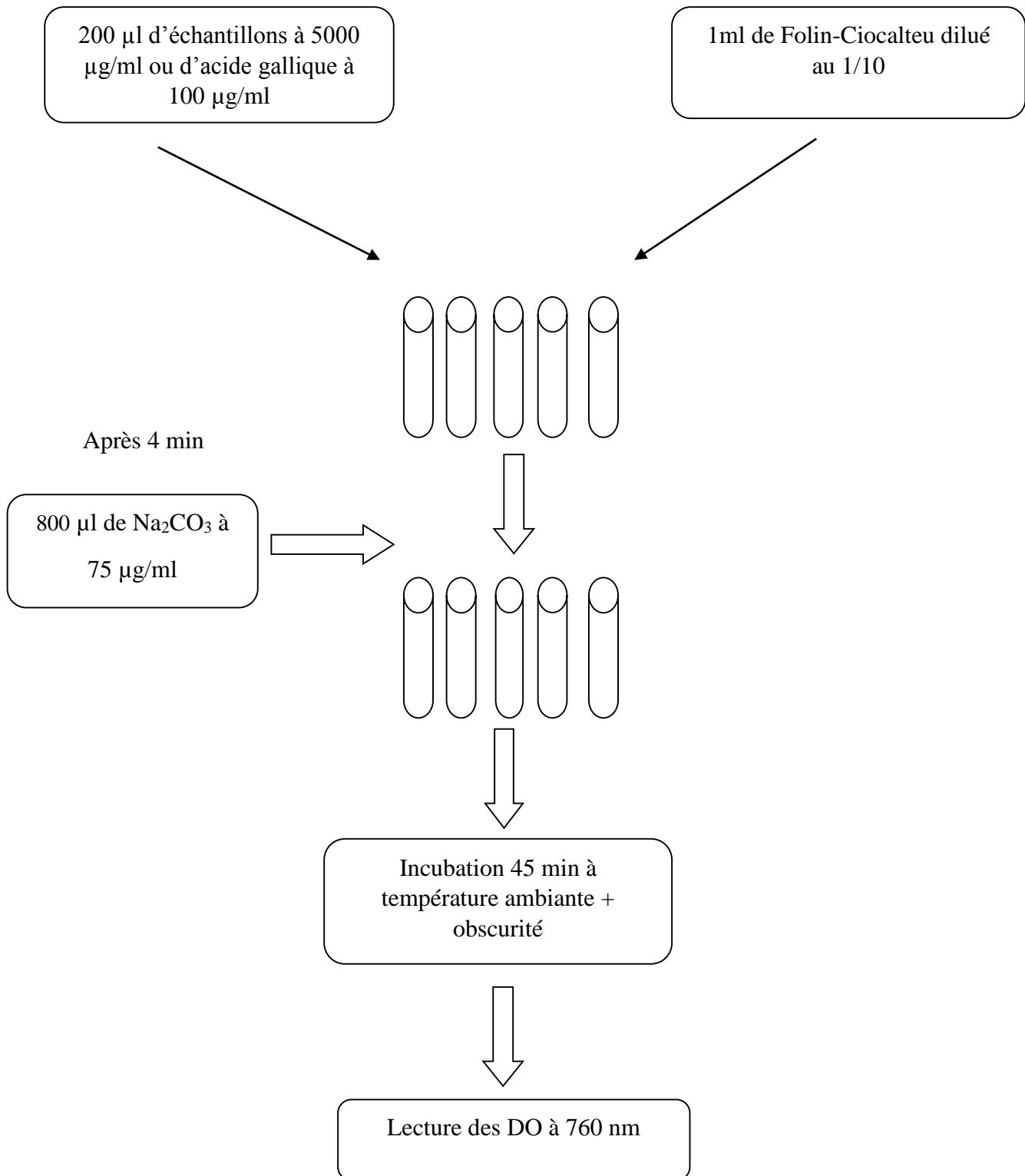
### III.2.2.1. Dosage des polyphénols totaux (PPT)

La teneur en polyphénols totaux de nos cinq échantillons a été dosée par spectrophotométrie selon la méthode colorimétrique au Folin-Ciocateu (**Singleton et Rossi, 1965**). Ce dernier est composé d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ) de couleurs jaune, une réaction d'oxydoréduction qui se fait entre le réactif de Folin et les polyphénols qui se trouvent dans le milieu réactionnel, cette réaction développe une coloration bleue qui est proportionnelle à la quantité des polyphénols présents dans nos cinq échantillons et qui présente un maximum d'absorption à 760 nm (**Ghazi et Sahraoui, 2005 ; Boizot et Charpentier, 2006**).

Dans des tubes à essai, un volume de 1 ml de réactif de Folin dilué 10 fois dans l'eau distillé est additionnée à chaque tube contenant préalablement 200  $\mu$ l de chaque échantillon à une

concentration de (5000 g/ml). Après 4 min d'incubation, 800 µl de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  à 75 mg/ml) sont ajoutées au milieu réactionnel. Après 45 minutes d'incubation à température ambiante et à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 760nm.

La teneur en poly phénols est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage, obtenu avec l'acide gallique (solution référence) à des concentrations allant de 10 à 100 µg/ml. Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/g).



**Figure17:** Schéma récapitulatif du protocole de dosage des polyphénols totaux (Singleton et Rossi, 1965).

### III.2.2.2. Etudes de l'activité antioxydante des échantillons

#### III.2.2.2.1. Evaluation de la capacité antioxydante totale (TAC)

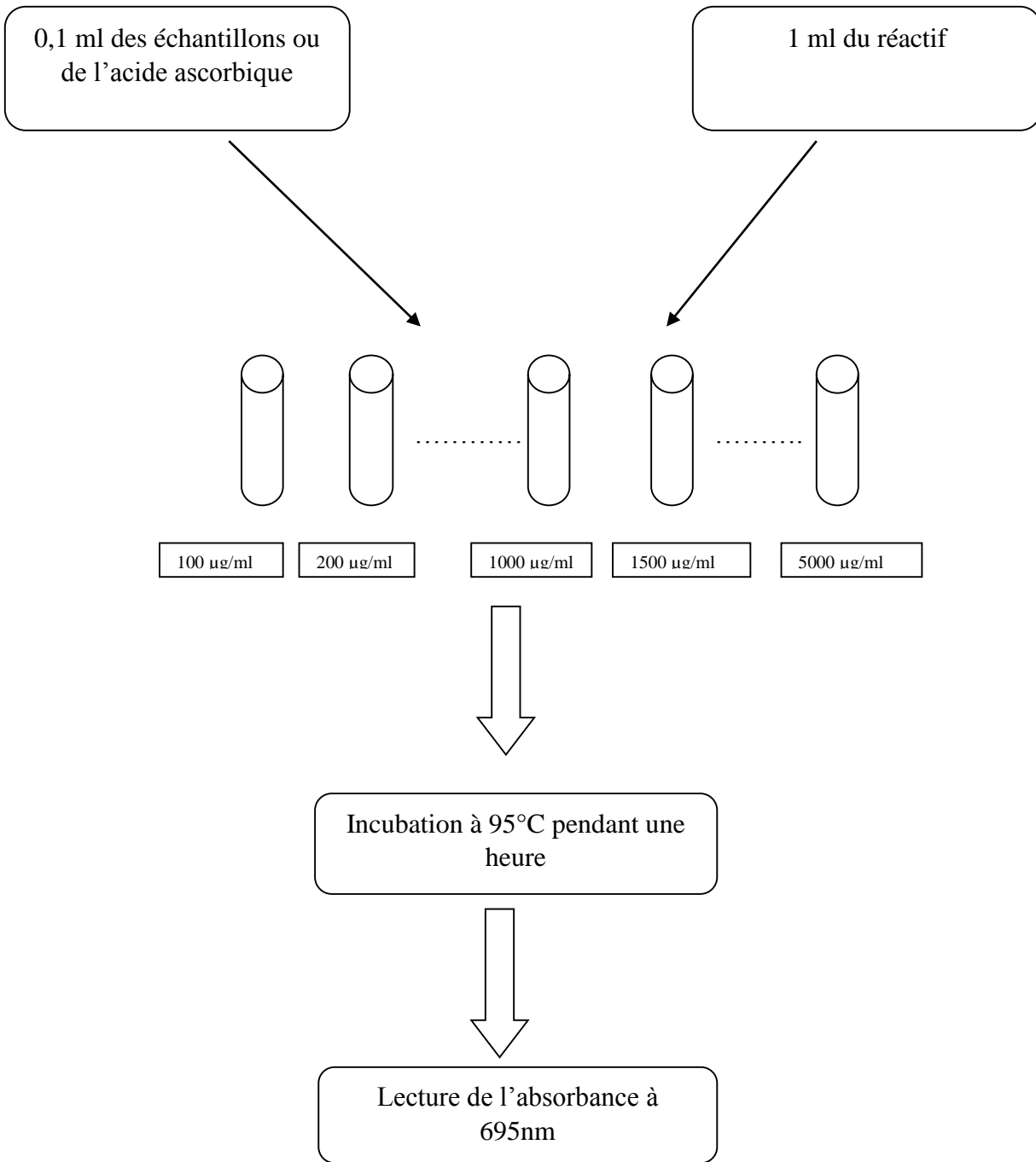
La détermination du pouvoir antioxydant de nos échantillons est réalisée par la méthode de réduction du phosphomolybdate. La réaction est caractérisée par la formation d'un complexe vert et son absorbance mesurée par spectrophotométrie à 695 nm (**Prieto *et al.*, 1999**).

Dans des tubes à essai un volume de 0,1 µl de nos échantillons à une gamme de concentration allant de 100 µg/ml à 5000 µg/ml est réalisé.

Puis on prépare une solution réactionnelle (0,6 de l'acide sulfurique + 28 mM de phosphate de sodium + 4 mM de molybdate d'ammonium) dont 1 ml est mélangée avec 0,1 µl de chaque échantillon.

Le mélange est incubé à 95°C pendant 1 heure, l'absorbance est mesurée après refroidissement à des températures ambiantes et à une longueur d'onde de 695 nm.

L'acide ascorbique est utilisé dans ce test comme référence dans les mêmes conditions opératoires ainsi que dans la même gamme de concentration.



**Figure 18:** Schéma récapitulatif du test de l'activité antioxydante totale (TAC)

(Prieto *et al.*, 1999).

### III.2.2.2.2. Détermination du pouvoir réducteur ferrique (FRAP)

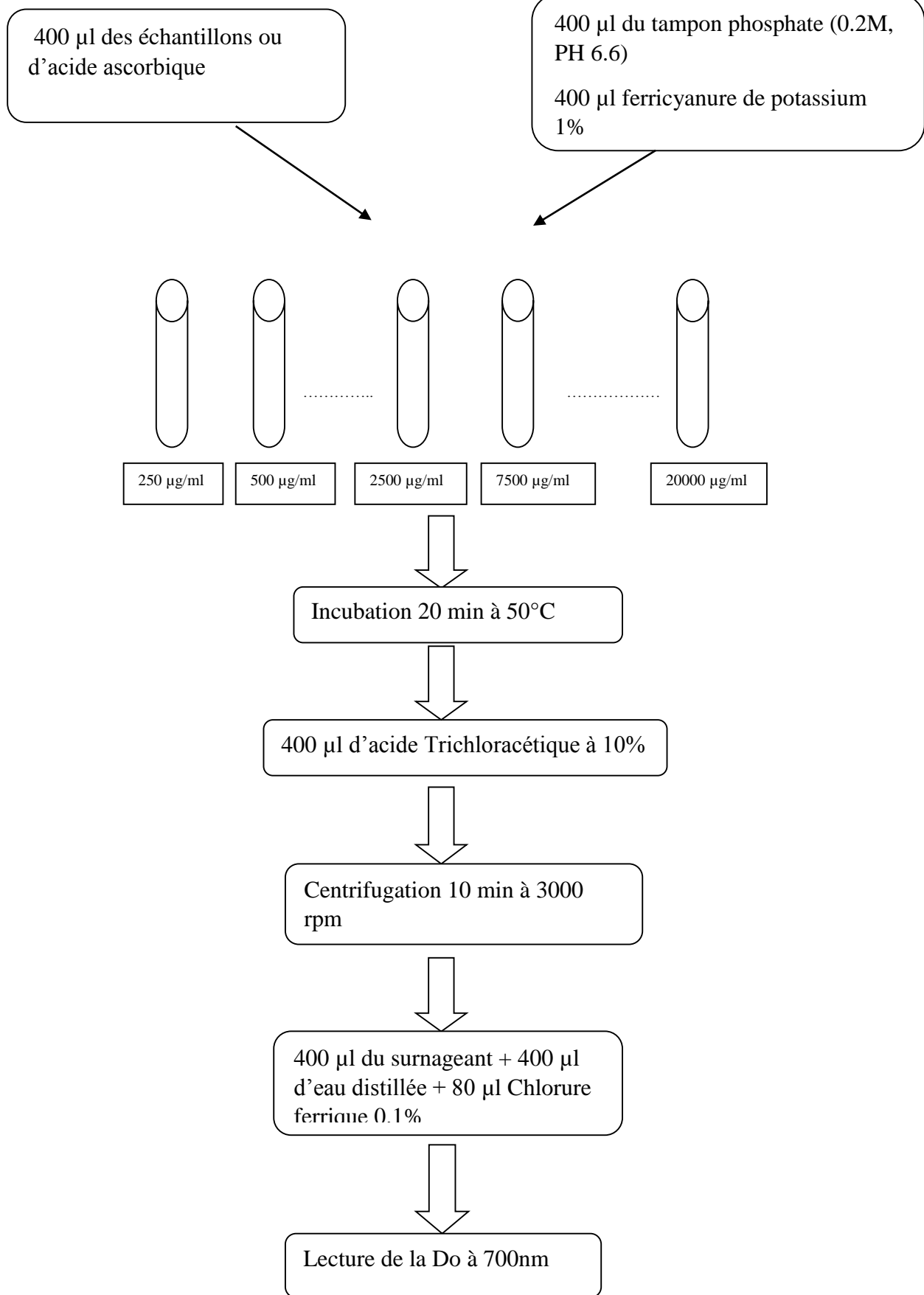
Le test du pouvoir réducteur est déterminé par la méthode décrite par (Chew *et al.*, 1986), ce test est basé sur l'aptitude des antioxydants présents dans nos échantillons à réagir avec le ferricyanure de potassium ( $\text{Fe}^{+3}$ ) pour former le ferrucyanure de potassium ( $\text{Fe}^{+2}$ ) qui réagit ensuite avec le chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) pour donner un complexe ferrique ferreux d'une couleur bleue et son absorbance est mesurée par spectrophotométrie à 700 nm. Qui se traduit à la présence de groupements hydroxyyles qui peuvent servir comme donneurs d'électrons (Jayanthi et Lalitha, 2011 ; Bougandoura et Bendimerad, 2012).

Brièvement, 400  $\mu\text{l}$  du tampon phosphate (0.2M, PH 6.6) et 400  $\mu\text{l}$  de ferricyanure de potassium à 1% sont ajoutées à un volume de 400  $\mu\text{l}$  de nos échantillons à une gamme de concentration allant de 250  $\mu\text{g/ml}$  à 20000  $\mu\text{g/ml}$ .

Après agitation le milieu réactionnel est incubé à 50°C pendant 20 minutes, 400  $\mu\text{l}$  d'acide trichloracétique (TCA) à 10% est ajoutée au milieu réactionnel précédent, puis centrifugé à 3000 tr/m pendant 10 min.

400  $\mu\text{l}$  du surnageant de chaque dilution sont récupérés puis mélangé avec 400  $\mu\text{l}$  d'eau distillée et 80 $\mu\text{l}$  de chlorure ferrique à 1%.

L'acide ascorbique est utilisé dans ce test comme référence dans les mêmes conditions opératoires ainsi que dans la même gamme de concentration.



**Figure 19:** Protocole du test de réduction du Fer (FRAP) (Chew et al., 1986).

### III.2.2.3. Activité antibactérienne

Les souches utilisées pour évaluer l'activité antibactérienne de nos 5 échantillons de gingembre sont :

<i>Escheherichia coli</i> ATCC 25922	}	Gram <sup>-</sup>
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 25852		
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 10876	}	Gram <sup>+</sup>
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 43300		

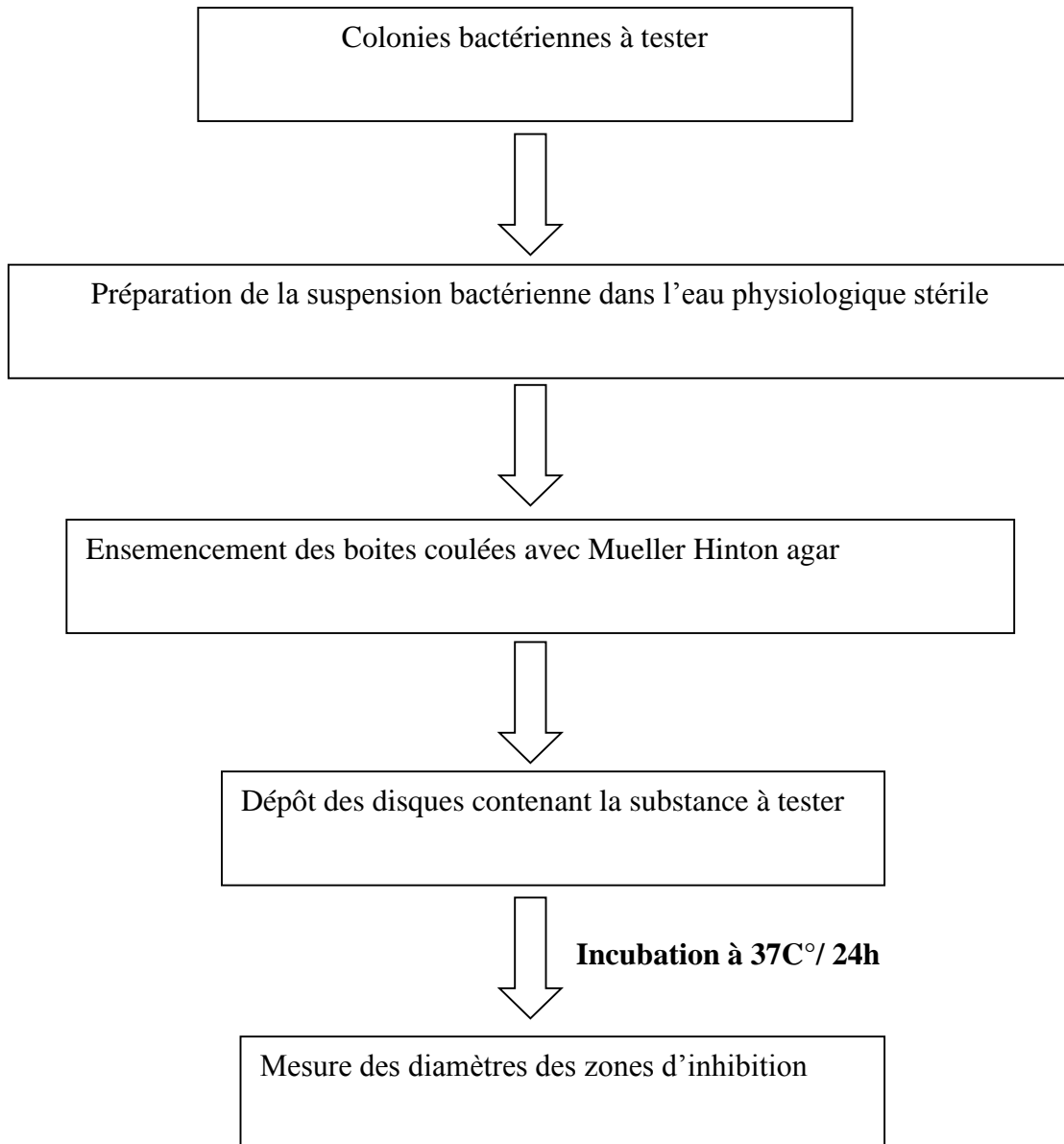
L'activité antibactérienne devrait être réalisée sur des cultures jeune, de ce fait il faut les revivifiées en milieu BHIB (24h à 37C°), puis repiquer sur Mueller Hinton (24h à 37 C°).

Pour réaliser une suspension bactérienne dans l'eau physiologique, plusieurs colonies sont prélevées à l'aide d'une pipette pasteur et misent dans des tubes contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. Après homogénéisation des suspensions, la densité optique mesurée à 620 nm doit être comprise entre 0.08 et 0.1, ce qui correspond à une concentration de 10<sup>6</sup> UFC/ml (Dib et al., 2013).

A partir de cette suspension, de nouvelles boites sontensemencées par écouvillonnage sur un milieu (MH). Par la suite des disques stériles de papier Wattman sont déposés à la surface des boites puis chargés avec 15 µl d'extrait aqueux avec une concentration de 1 g /ml pour les échantillons Imane, Frais et Kabir et une concentration de 500 mg/ml pour les échantillons El Zanjabil et le Séché et moulu.

Dans cette étape nous avons utilisé un contrôle positif (Nitrofurantoin 300 µg/ml), puis on a fait une incubation des boites de pétris pendant 24h à 37 C°.

Les zones d'inhibition enregistrées sont exprimées en mm, correspondent aux diamètres des zones d'inhibition produites autours des disques.



**Figure 20:** Etapes de l'étude de l'effet inhibiteur des extraits sur les bactéries.

## **Chapitre IV**

---

### **Résultats et discussion**

IV.1. Analyses biochimiques

IV.1.1. Détermination de la teneur en polyphénols

La détermination de la teneur en polyphénols totaux des cinq échantillons a été effectuée suivant la méthode colorimétrique au réactif de Folin-Ciocalteu (Singleton et Rossi, 1965). Parallèlement à cette détermination une courbe d'étalonnage est établie en utilisant l'acide gallique, à différentes concentrations comme référence (figure21).

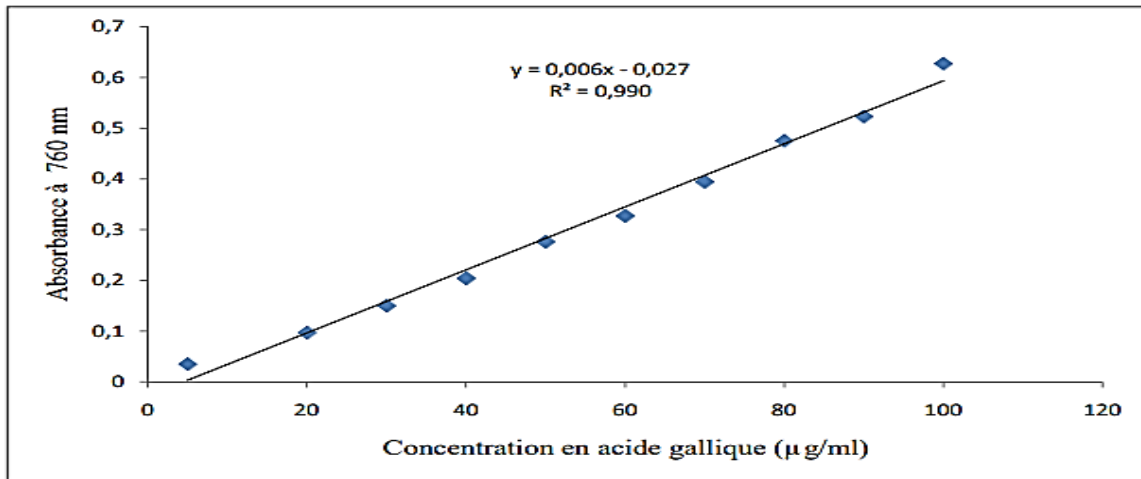


Figure 21: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Les quantités de polyphénols déterminées par l'équation  $y = 0.006x - 0.027$  correspondant à chaque échantillon ont été rapportées en équivalent microgramme d'acide gallique par gramme de matière sèche.

Tableau VII: Résultats du dosage des polyphénols.

Echantillons	Teneur en PPT (µg EAG/g MS)
El Zanjabil	82.5±0.072
Imane	41.83±0.005
Frais	37.16±0.003
Kabir	30.66±0.003
Sèche Moulu	30.16±0.002

Les différents échantillons mettent en évidence une variabilité des teneurs en polyphénols. Ainsi en comparant la teneur en polyphénols des cinq échantillons, nous observons que la plus forte concentration est enregistrée pour l'échantillon El Zanjabil  $82.5 \pm 0.072 \mu\text{g EAG/g MS}$

suivie d'une teneur de l'ordre de  $41.83 \pm 0.005 \mu\text{g EAG/g MS}$  pour l'échantillon Imane,  $37.16 \pm 0.003 \mu\text{g EAG/g MS}$  pour l'échantillon frais,  $30.66 \pm 0.003 \mu\text{g EAG/g MS}$  pour l'échantillon Kabir, et  $30.16 \pm 0.002 \mu\text{g EAG/g MS}$  pour l'échantillon moulu.

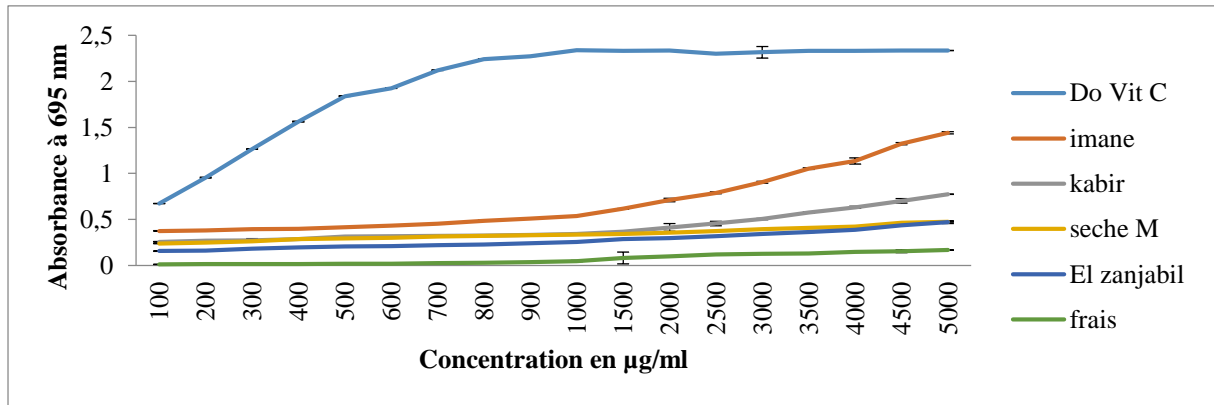
Les teneurs en polyphénols enregistrées pour les échantillons frais ( $37.16 \pm 0.003 \mu\text{g EAG/g MS}$ ) et moulu ( $30.16 \pm 0.002 \mu\text{g EAG/g MS}$ ) sont relativement inférieure à celle retrouvée par **An et al., 2016** ( $11.97 \text{ mg EAG/g MS}$  et  $9.69 \text{ mg EAG/g MS}$  respectivement frais et moulu), la teneur en polyphénols enregistrée pour les échantillons commerciaux Kabir, Imane et El Zanjabil sont respectivement de  $30.66 \pm 0.003 \mu\text{g EAG/g MS}$ ,  $41.83 \pm 0.005 \mu\text{g EAG/g MS}$  et  $82.5 \pm 0.072 \mu\text{g EAG/g MS}$ , ces échantillons ne sont jamais traités dans d'autres études ce qui rend difficile la comparaison de ces résultats à la littérature.

Les différences observées entre les résultats des travaux de **An et al., 2016** et ceux obtenus dans la présente étude peuvent être liées à la faible spécificité du réactif de Folin-Ciocalteu. Le réactif est extrêmement sensible à la réduction de tous les groupes d'hydroxyles pas seulement ceux des composés phénoliques (**Vuorela, 2005 ; Gomez-Caravaca et al., 2006**). Cette différence dans les résultats enregistrés peut aussi être imputée à la méthode d'extraction, la structure chimique des composés phénoliques, la taille des particules formant l'échantillon, les conditions de stockage et les additifs (**Naczki et Shahidi, 2004**).

Nos résultats sont inférieurs par rapport à ceux trouvés par **Beggas et Bendoukhane, 2017** avec une quantité de composés phénoliques de  $417,888 \text{ mg d'acide gallique/g d'extrait}$ . Ce résultat montre que l'extrait méthanolique de *Zingiber officinale* est riche en polyphénols totaux par rapport à notre extrait aqueux.

### IV.1.2. Capacité antioxydante totale (TAC)

La figure ci-dessous illustre les résultats obtenus pour le test du pouvoir antioxydant au molybdate d'ammonium des cinq échantillons étudiés.



**Figure 22:** Capacité antioxydante totale (TAC) des cinq échantillons et de l'acide ascorbique.

Les résultats obtenus, révèlent une activité antioxydante modérée de nos échantillons comparativement à l'acide ascorbique. De plus, ces résultats mettent en évidence la différence de capacité antioxydante entre les échantillons commerciaux Kabir, Imane, El Zanjabil et les deux échantillons de gingembre frais et moulu.

Ainsi comparativement à l'acide ascorbique, antioxydant de référence ( $IC_{50}=230\pm 6.11 \mu\text{g/ml}$ ), les cinq échantillons avec des  $IC_{50}$  allant de  $2120\pm 5.68 \mu\text{g/ml}$  pour Imane,  $2038\pm 5.50 \mu\text{g/ml}$  pour le frais,  $1431\pm 7.63 \mu\text{g/ml}$  pour Kabir,  $1005\pm 8.38 \mu\text{g/ml}$  pour le moulu et  $1000\pm 6.65 \mu\text{g/ml}$  pour El Zanjabil. Ils se caractérisent par des activités antioxydantes relativement faibles par rapport à celle enregistrée pour la vitamine C.

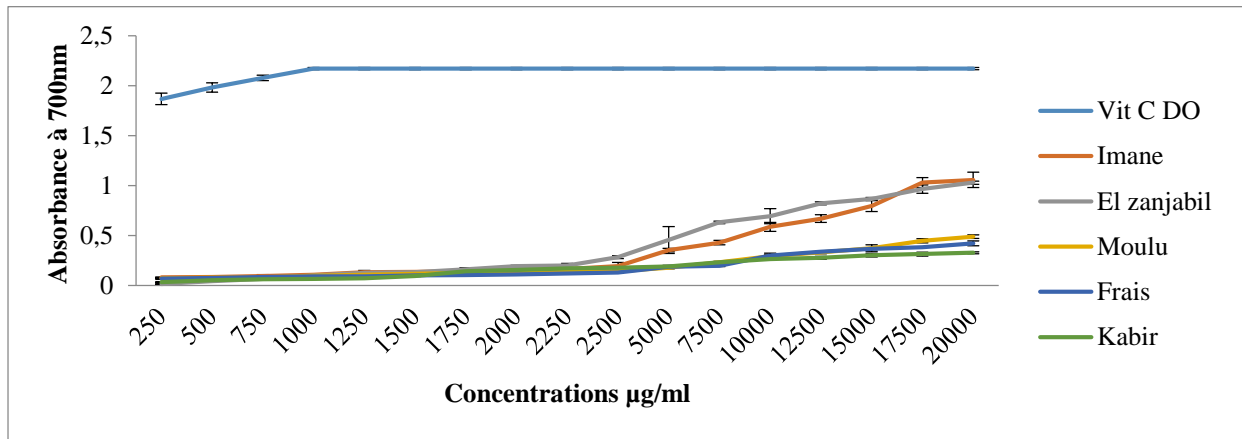
Les échantillons commerciaux Kabir, Imane et El Zanjabil ont une activité antioxydante plus forte comparée à celle des échantillons de gingembre frais et de gingembre moulu. Les différences observées entre ces résultats peuvent correspondre à la présence d'additifs alimentaire. Ces variations peuvent aussi s'expliquer par le temps et les conditions de stockage (Naczk et Shahidi, 2004).

A notre connaissance et selon les articles consultés, aucune étude n'a été réalisée sur l'activité antioxydante totale des échantillons commerciaux de gingembre pour cela il est difficile de comparer nos résultats.

#### IV.1.3. Réduction du fer (FRAP)

Le test du pouvoir réducteur met en évidence la capacité d'une molécule à réduire un oxydant le fer ferrique  $Fe^{3+}$  en lui cédant un électron pour former le fer ferreux  $Fe^{2+}$ , c'est une technique rapide, simple et reproductible qui peut être appliquée aux plantes et aux extraits organique et aqueux (Bougandoura et Bendimerad, 2012).

Beaucoup de publications actuelles ont indiqué qu'il y a une relation directe entre les activités antioxydantes et la puissance de réduction des composants de quelques plantes (Bentab et al., 2014).



**Figure 23:** Pouvoir réducteur des cinq échantillons et de l'acide ascorbique.

A partir des résultats obtenus (figure 23), on remarque que le pouvoir réducteur des échantillons est dose dépendante c'est-à-dire la capacité de réduction du fer est proportionnelle à l'augmentation de la concentration des échantillons.

Les résultats obtenus montrent que la capacité des échantillons à réduire le fer est largement inférieure à celle de l'acide ascorbique. A la concentration 20000 µg/ml, le pouvoir réducteur est beaucoup plus important dans l'échantillon Imane DO= 1.057±0.076 par rapport aux échantillons el zanjabil DO= 1.03±0.016, gingembre moulu DO= 0.489±0.017, gingembre frais DO= 0.423±0.024 et kabir DO= 0.327±0.009.

Les résultats que nous avons obtenus sont presque similaires à ceux obtenus par **Kaabour, 2017** où elle a trouvé que l'extrait de l'infusion du gingembre, a un effet chélateur qui devient statistiquement significatif qu'à partir de 1,5 mg/ml et à partir de 2.5 mg/ml l'activité de l'extrait devient hautement significative ce qui confirme que les résultats sont dose dépendants.

Le pouvoir réducteur des échantillons est probablement dû à la présence de groupements hydroxyle dans les composés phénoliques qui peuvent servir comme donneur d'électron. Par conséquent, les antioxydants sont considérés comme des réducteurs et inactivateurs des oxydants (**Bougandoura et Bendimerad, 2012**) et qui peuvent avec les radicaux libres les convertir en produits stables (**Sausa et al., 2008**).

Quelques études antérieures ont également montré que le pouvoir réducteur d'un composé peut servir comme un indicateur significatif de son activité antioxydante potentielle (Bougandoura et Bendimerad, 2012 ; Bentaleb et *al.*, 2014).

### IV.2. Activité antibactérienne

#### IV.2.1. Détermination de l'activité antibactérienne

De nombreuses études *in vitro* menées sur le potentiel antibactérien des composés phénoliques les ont confirmés comme agents antibactériens contre un grand nombre de microorganismes pathogènes avec des spectres d'activité différents.

L'activité antibactérienne des différents échantillons de gingembre a été évaluée par la méthode de diffusion sur gélose Muller Hinton, la sensibilité des souches qu'on a testées se traduit par l'apparition de zones d'inhibition.

Dans notre étude nous pouvons scinder les bactéries de références en deux groupes, les bactéries à Gram négatif dont fait partie : *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25852 et les bactéries à Gram positifs dont fait partie : *Bacillus cereus* ATCC 10876 et *Staphylococcus aureus* ATCC 43300.

La lecture des résultats est faite par une mesure des diamètres des zones d'inhibition autour de chaque disque imprégné par 15µl de l'échantillon.

Tableau VIII: Diamètres des zones d'inhibition.

	Souches	Antibiotique Nitrofurantoin 300µg/ml	Frais	Seché et moulu	Kabir	El Zanjabil	Imane
Gram(-)	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	31mm	0	0	0	0	0
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 25852	25mm	0	0	0	0	0
Gram(+)	<i>Bacillus cereus</i> ATCC 10876	56mm	0	0	0	0	0
	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 43300	41mm	0	0	0	0	0

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que les échantillons n'ont aucun effet inhibiteur envers la croissance de toutes les souches bactériennes testées à savoir : *E.coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus* et *Staphylococcus aureus*.

La méthode d'extraction employée dans cette étude ainsi que la formulation et les traitements technologiques subis par les produits commerciaux pourrait être à l'origine de ces résultats, alors que les extraits organiques et les huiles essentielles de ces plantes inhibent très significativement la croissance des souches testées (Candan et al., 2003 ; Sokmen et al., 2004 ; Tepe et al., 2005). Dans la majorité des cas, les substances hydrosolubles exercent un effet plus faible comparé à celui des substances non hydrosolubles (Candan et al., 2003). La plupart des études effectuées sur l'activité antibactérienne du gingembre sont réalisées sur des extraits organiques, l'extrait aqueux n'a fait l'objet d'aucune étude.

En effet, des études ont montré que les extraits méthanoliques et ceux de l'acétate d'éthyle de *Zingiber myoga*, une espèce du gingembre, produisent une grande zone d'inhibition chez *Bacillus cereus*, activité attribuée à la présence du miogadial (Abe et al., 2004). D'autre part, le 10-gingérol isolé à partir de l'extrait du gingembre à l'aide d'hexane diminue fortement la CMI des aminoglycosides envers les entérocoques résistants à la vancomycine (Nagoshi et al.,

**2006).** Par contre, l'huile volatil d'une autre espèce des Zingiberaceae a montré un très faible effet envers les bactéries Gram<sup>+</sup> et Gram<sup>-</sup> (**Sabulal et al., 2006**).

## **CONCLUSION**

---

Le présent travail a pour objectif l'étude comparative de l'activité antioxydante et antibactérienne de quelques marques de gingembre, utilisées en cuisine comme condiment et dans la pharmacopée traditionnelle pour le traitement de plusieurs maladies.

Dans la première partie, la quantification des polyphénols totaux de l'extrait aqueux de plusieurs marques de gingembre par le test colorimétrique de Folin- Ciocalteu nous montre que ces échantillons sont caractérisés par une variabilité des teneurs en PPT, évalués à un taux de  $82.5 \pm 0.072 \mu\text{g EAG/g de MS}$  pour la marque El Zanjabil,  $41.83 \pm 0.005 \mu\text{g EAG/g de MS}$  pour Imane,  $37.16 \pm 0.003 \mu\text{g EAG/g de MS}$  pour le frais,  $30.66 \pm 0.003 \mu\text{g EAG/g de MS}$  pour Kabir, et  $30.16 \pm 0.002 \mu\text{g EAG/g de MS}$  pour le gingembre séché et moulu.

Les teneurs en polyphénols enregistrées par les échantillons frais  $8.8 \pm 0.003 \mu\text{g EAG/g MS}$  et moulu  $4.5 \pm 0.002 \mu\text{g EAG/g MS}$  sont relativement inférieure aux teneurs en polyphénols enregistrées pour les échantillons commerciaux Kabir, Imane et El Zanjabil qui sont de  $4.8 \pm 0.003 \mu\text{g EAG/g MS}$ ,  $11.7 \pm 0.005 \mu\text{g EAG/g MS}$  et  $36.8 \pm 0.072 \mu\text{g EAG/g MS}$  respectivement.

Dans la deuxième partie, nous nous sommes intéressés à l'étude des propriétés antioxydante et antibactérienne, l'activité antioxydante a été évaluée par deux méthodes TAC (Total Antioxidant Capacity) et FRAP (Ferric ion Reducting Antioxydant Parameter), ces tests présentent une activité antioxydante modérée de nos échantillons comparativement à l'acide ascorbique. De plus, les résultats enregistrés mettent en évidence la différence de capacité antioxydante entre les échantillons commerciaux Kabir, Imane, El Zanjabil et les deux échantillons de gingembre frais et de gingembre moulu. Les cinq échantillons avec respectivement des IC50 de  $2120 \pm 5.68 \mu\text{g/ml}$  pour Imane,  $2038 \pm 5.50 \mu\text{g/ml}$  pour le frais,  $1431 \pm 7.63 \mu\text{g/ml}$  pour Kabir,  $1005 \pm 8.38 \mu\text{g/ml}$  pour le sèche moulu et  $1000 \pm 6.65 \mu\text{g/ml}$  pour El Zanjabil.

Les résultats obtenus montrent que la capacité des échantillons à réduire le fer est largement inférieure à celle de l'acide ascorbique. A la concentration  $20000 \mu\text{g/ml}$ , le pouvoir réducteur est beaucoup plus important dans l'échantillon Imane ( $\text{DO} = 1.057 \pm 0.076$ ) par rapport aux échantillons El Zanjabil ( $\text{DO} = 1.03 \pm 0.016$ ), moulu ( $\text{DO} = 0.489 \pm 0.017$ ), frais ( $\text{DO} = 0.423 \pm 0.024$ ) et Kabir ( $\text{DO} = 0.327 \pm 0.009$ ) respectivement.

Au cours de cette étude nous avons réalisé un test antibactérien vis-à-vis 4 bactéries à Gram<sup>-</sup> et Gram<sup>+</sup>, selon la méthode de diffusion sur gélose Muller Hinton. Les résultats d'évaluation de l'effet antibactérien des polyphénols totaux des différents échantillons de *Zingiber officinale* a

permis d'affirmer qu'ils n'ont aucun effet inhibiteur vis-à-vis des quatre souches : *E.coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus* et *Staphylococcus aureus*.

En perspective et pour compléter cette étude il serait intéressant de :

- Appliquer d'autres tests pour une meilleure évaluation de l'activité antioxydante des échantillons étudiés tels que le test de piégeage des radicaux libres (DPPH) pour avoir une indication plus affinée sur la capacité antioxydante de cette plante ;
- Caractérisation des principes actifs responsables de l'activité antioxydante ;
- Identifier les classes de composés phénoliques impliquées dans les activités étudiées ;
- Orienter la recherche vers d'autres parties de la plante (tiges, feuilles, etc.) ;
- Évaluer la toxicité de l'échantillon natif et traité ;
- Élargir la gamme des microorganismes cibles ;
- Évaluer les doses minimales bioactives pour chaque fraction de l'échantillon étudié.



**Références**

---

**Bibliographiques**

### A

- **Abe M., Ozawa Y., Uda Y., Yamada F., Morimitsu Y., Nukamura Y., Osawa T. (2004).**Antimicrobial activities of diterpene dialdehydes, constituents from myoga (*Zingiber mioga roscoe*), and their quantitative analysis. *Biosci Biotechnol Biochem*, 68 : 1601- 1604.
- **Achat S.(2013).** Les polyphénols de l'alimentation : Extraction, pouvoir antioxydant et interaction avec des ions métalliques.Thèse doctorat, Université A Mira, Béjaia. P 7-10.
- **Aggarwal B. B., et Shishodia S. (2006).**Molecular targets of dietary agents for prevention and therapy of cancer. *Biochem Pharmacol* May, 14(10):1397-421p.
- **Algeciras –Schimnich A., Coo W. J., Milz T. C., Saenger A. K., Karon, B. S. (2007).** Evaluation of hemoglobin interference in capillary heel-Stick samples collected for determination of neonatal bilirubin. *Clinical Biochemistry*, 40 : 1311 – 1316.
- **Ali B. H., Blunden G., Tanira M. O., Nemmar A. (2008).** Some phytochemical,pharmacological and toxicological properties of ginger ( *Zingiber officinale Roscoe*): a review of recent research. *Food Chem Toxicol*, 46(2) : 409-20p
- **Al-Nahain A., Jahan R., Rahmatullah M. (2014).** *Zingiber officinale*: A Potential Plant against Rheumatoid Arthritis. *Arthritis*, 89-159 p.
- **An Kejing., Dandan Zhao., Zhengfu Wang., Jijun Wu., Yujuan Xu., Gengsheng Xiao.(2016).** Comparison of different drying methods on Chinese ginger (*Zingiber officinale Roscoe*): Changes in volatiles, chemical profile, antioxidant properties, and microstructure. *Food chemistry*, 6-8.
- **Atashak S., Peeri M., Azarbayjani M. A., et Stannard S. R. (2014).** Effects of ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) supplementation and resistance training on some blood oxidative stress markers in obese men, *Journal of Exercise Science & Fitness*, 12, 26-30 p.

### B

- **Bahaz M. et Rachdi H.(2010).**Quantification des principes actifs (Les composés phénoliques) de *RhetinolepisLonadoidesCoss* (Tichert). Thèse d'ingénieur, Université de Ouargla,Algérie, 54p.
- **Banerjee S, Mullick H I, Banerjee J. (2011).** *Zingiber officinale*: a natural gold. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*; 2: 0975-6299.

- **Baobab. (2011).** Fiche technique de la poudre gingembre. Sénégal Beagehold MA. (1998). Heterogeneity of endothelial function within the circulation. *Curr Opin Nephrol Hypert*, 7:71-8.
- **Bartels E.M., Folmer V. N., Bliddal H. R. D. Altman Juhl C., Tarp S., Zhang W., Christensen R. (2015).** Efficacy and safety of ginger in osteoarthritis patients: a meta analysis of randomized placebo-controlled trials, osteoarthritis and cartilage, 23: 13-21.
- **Barouki R. (2006).** Stress oxydant et vieillissement. *Médecine/Sciences*, 22: 266-72 p.
- **Beaudeau J. L., Geneviève D. (2011).** Biochimie médicale : Marqueurs actuels et perspectives. 2ème édition. Edition Lavoisier Chantal Arpino, p 130- 131.
- **Beggas L., Bendoukhan. (2017).** Etude de l'activité antioxydante de gingembre « Zingiber officinale ». Mémoire Master en Sciences Biologiques Spécialité : Biochimie Moléculaire et Santé.
- **Benhammou N., Bekkara F.A., Panovska T.K. (2009).** Antioxidant activity methanolic extracts and some bioactive compound of Atriplex Halimus. *C.R. chimie*, 12:1259-1266.
- **Bentabet N., Boucherit-Otmani Z., Boucherit K. (2014).** Composition chimique et activité antioxydante d'extraits organiques des racines de *Fredolia aretioides* de la région de béchar en algérie. *Phytothérapie*, 12: 364 – 371.
- **Berger M. M. (2006).** Manipulations nutritionnelles du stress oxydant : état des connaissances. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 20: 48-53.
- **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.
- **Bougandoura N., Bendimerad N. (2012).** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha ssp. Nepeta (L.) Briq.* *Nature & Technologie*, 9 : 14-17-19.
- **Bonnefont-Rousselot D., Thérond P., Delattre J. (2003).** Radicaux libres et antioxydants. En : Delattre J., Durand G., Jardillier J-C. *Biochimie pathologique*. Flammarion, Paris, 317 p.
- **Braga M. E. M., Moreschi S. R. M., Meireles M. A. A. (2006).** Effects of Supercritical Fluid Extraction on *Curcuma longa L.* and *Zingiber officinale R.* *Starches, Carbohydrate Polymers*, 63: 340-346.

- **Bruneton J. (1999).** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales, 3ème Ed. Ed.médicales internationales and Tec & Doc Lavoisier, Paris.
- **Bruneton J. (2009).** Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales 4ème édition .Technique et Documentation .Paris, p 1269.
- **Butin A. (2017).** Le gingembre : de son utilisation ancestrale à un avenir prometteur , thèse doctorat, université de Lorraine, France. P 11.

### C

- **Candan F., Unlu M., Tepe B., Dferera D., Polissiou M., Sokmen A., Akpulat H. A. (2003).** Antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil and methanol extracts of *Achillea millifolium* subsp. *Millefolium* Afan. (Asteraceae). *J Ethnopharmacol*, 87: 216- 220.
- **Chaabi M. (2008).** Etude phytochimique et biologique d'espèces végétales africaines, diplôme de doctorat en Pharmacognosie. 168-169.
- **Chang J. S., Wang K. C., Yeh C. F., Shieh D. E., Chiang L. C. (2013).** Fresh Ginger (*Zingiber officinale*) has Anti-viral Activity Against Human Respiratory Syncytial Virus in Human Respiratory Tract Cell Lines, *Journal of Ethnopharmacology*, 145: 146-151 p.
- **Charles D. (2013).** Antioxidant properties of spices, herbs and other sources in ginger, 235-245.
- **Chen L., Yang., Jiao H., Zhao B. (2003).** "Tea catechins protect against lead-induced ROS formation, mitochondrial dysfunction, and calcium dysregulation in PC12 cells", *Chemical Research in Toxicology*, Vol. 16: 1155.
- **Chew Y. L., Goh J. K., Lim Y. Y. (2009).** Assessment of in vitro antioxydant capacity and polyphenolic composition of selected medicinal herbs from leguminosae family in Peninsulæ Malaysia. *Food chemistry*, 116: 13-18.
- **Chira K., Such J., Saucier C., Teissèdre L. (2008).** Les polyphénols du raisin. Ed : Springer. 6: 75-82.
- **Crosier A., Clifford M. N., Ashihara H. (2006).** Plant secondary Metabolites: occurrence, structure and role in the human Diet. Edt Blackwell publishing Ltd.

### D

- **Daglia M. (2012).** "Polyphenols as antimicrobial agents." *Current Opinion in Biotechnology* 23(2): 174-181.
- **Davies K. J., (2000).** Oxidative stress, antioxidant defenses, and damage removal, repair, and replacement systems. *IUBMB Life* 50, 279–289. doi:10.1080/713803728.

- **Delattre J., Beaudoux J. L., Bonnefont-Rousselot. (2005).** Radicaux libres et stress oxydant: aspects biologiques et pathologiques. Edition Lavoisier TEC & DOC éditions Médicales Internationales, Paris, p 14, 93, 94,263.
- **De Rijke E., Out P., Niessen W .M. A., Ariese F., Gooijer C., Brinkman U. A. T. (2006).** Analytical separation and detection methods for flavonoids. Journal of Chromatography A 1112: 31 - 63.
- **Desmier T. (2016).** Les antioxydants de nos jours : définition et application. Thèse pour diplôme d'état de docteur en pharmacie, Université de Limoges, P.33.
- **Dib M. E. A., Allali H., Bediabellah A., Meliani N., Tabti B. (2013).** Antimicrobial activity and phytochemical screening of *Arbutus unedo* L. Journal of Saudi Chemical Society, 17(4):381-385.
- **Ding S. H., An K. J., Zhao C. P., Li Y., Guo Y. H., Wang Z. F. (2012).** Effects of drying methods on volatiles of Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe), Food et bioproducts processing, 90: 515-524.

### E

- **Eddouks M., Ouahidi M.L., Farid O., Moufid A., Khalidi A., Lemhadri A. (2007).** L'utilisation des plantes médicinales dans le traitement du diabète au Maroc. *Phytothérapie*, 5(4): 194-203.
- **El-Haci I. A., Atik-Bekkara F., Didi A., et al. (2012).** Teneurs en polyphénols et pouvoir antioxydant d'une plante médicinale endémique du Sahara algérien. *Phytothérapie*; 10:280-5.

### F

- **Faivre C. I., Lejeune L., Staub H., Goetz P. (2006).** *Zingiber officinale* Roscoe. *Phytothérapie*, 2 : 99-102.
- **Favier A. (2003).** Le stress oxydant : intérêt conceptuel dans la compréhension des mécanismes et potentiel thérapeutique. *Act. Chim*, novembre-décembre, 108-115 p.
- **Favier A. (2006)** Stress oxydant et pathologies humaines. *Ann. Pharm. Fr. Mémoire des Activités antioxydante et antimicrobienne d'extraits de Rhamnus alaternus L.*64: 390-396.

- **Finaud J., Lac G., Filaire E. (2006).** Oxidative Stress. Relationship with Exercise and Training. *Sports med*, 36(4): 327-358 p.
- **Finkel T., Holbrook N. J. (2000).** Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature* 408: 239–247. doi:10.1038/35041687.

### G

- **Gardes A. M., Bonnefort-Rosselot D., Qbedinzadeh Z., Jore D.(2003).** Espèces réactives de l'oxygène : comment l'oxygène peut-il devenir toxique ? L'actualité chimique, novembre-décembre : 91-96.
- **Gardes-Albert M. et Jore D. (2005).** "Aspects physicochimiques des radicaux libres centrés sur l'oxygène." *Radicaux libres et stress oxydant*. Paris, Lavoisier, 1-23.
- **Ghasemzadeh A., Jaafar H. Z. E., Rahmat A. (2010).** Elevated Carbon Dioxide Increases Contents of Flavonoids and Phenolic Compounds, and Antioxidant Activities in Malaysian Young Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe.) *Varieties, Molecules*, 15: 7907-7922 p.
- **Ghasemzadeh A., Jaafar H. Z. E., Rahmat A. (2015).** Optimization protocol for the extraction of 6-gingerol and 6-shogaol from *Zingiber officinale* var. *rubrum* Theilade and improving antioxidant and anticancer activity using response surface. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 15:1-10.
- **Ghazi F., Sahraoui S. (2005).** Evolution des composés phénoliques et des caroténoïdes totaux au cours de la maturation de deux variétés de datte communes Tantboucht et Hamraia, thèse d'ingénieur en agronomie, El Harrach. Algérie.
- **Ghedira K. (2005).** Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 4:162-69.
- **Gião M. S., Pastana D., Faria A., Guimarães J. T., Pintado M. E., Calhau C., Azevedo I., Malcata F. X. (2010).** Effects of extracts of selected medicinal plants upon hepatic oxidative stress. *Journal of Medicinal Food*, 13(1): 131-136 p.
- **Gigon F. (2012)** Le Gingembre, Une Epice Contre la Nausée. *Phytothérapie*, 1: 87-91.
- **Gomez-Caravaca A.M., Gomez-Romero M., Arraez-Roman D., Segura-Carretero A., Fernandez-Gutierrez A. (2006).** Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. *J. Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41: 1220-1234.
- **Goto M., Ueda K., Hashimoto T., Fujiwara S., Matsuyama K., Kometani T., Kanazaw K. (2008).** A formation mechanism for 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine

mediated by peroxidized 2'-déoxythymidine. *Free Radical Biology and Medicine*, 45: 1318-1325 p.

- **Grzanna R., Lindmark L., Frondoza C. G. (2005).** «Ginger an herbal medicinal product with broad anti-inflammatory actions» *Journal Medical of Food*, 125-132.

### H

- **Haleng J., Pincemail J., Defraigne J. O., Charlier C., Chapelle J. P. (2007).** Le stress oxydant. *Revue Médicale de Liège*, 62 : 628 – 638.
- **Halliwell B., Gutteridge J. M. C. (2008).** *Free Radicals in Biology and Medicine*. Fourth Edition. Oxford University Press. Citer dans la Thèse de Doctorat (2015): Implication du stress oxydant dans plusieurs affections du cheval athlète : revue bibliographique, P. 44-61.
- **Han X. H., Hong S. S., Hwang J. S., Lee M. K., Hwang B. Y., Ro J. S. (2007).** Monoamine oxidase inhibitory components from *Cayratia japonica*. *Archives Pharmacal Research*. 30: 07- 13.
- **Hanhineva K., Törrönen R., Bondia-Pons I., Pekkinen J., Kolehmainen M., Mykkänen H., Poutanen H. (2010).** Impact of Dietary Polyphenols on Carbohydrate Metabolism. *Int. J. Mol. Sci*, 11: 1365-1402.
- **Haton C. (2005).** Effets des rayonnements ionisants sur la structure de la fonction de la cellule épithéliale intestinale. Thèse de doctorat de l'université de Paris VI, France, p : 43.
- **Hellal Z. (2011).** Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). Mémoire de Magister. Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou.
- **Hennebelle T., Sahpaz S., Bailleul F. (2004).** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 1:3-6.
- **Hrycay E. G., (2015)** Bandiera S.M. Involvement of Cytochrome P450 in Reactive Oxygen Species Formation and Cancer/*Adv Pharmacol*.2015; 74: 35-84

### J

- **Jayanthi P., Lalitha P. (2011).** Reducing power of the solvent extracts of *Eichhornia Crassipes* (Mart) Solms. *International Journal of Pharmacy and Pharemaceutical sciences*, 3 (3): 126 – 128.

- **Jolad S. D., Lantz R. C., Solyom A. M., Chen G. J., Bates R. B., Timmermann B. N. (2004).** Fresh organically grown ginger (*Zingiber officinale*): composition and effects on LPS-induced PGE 2 production. *Phytochemistry*, 65(13): 1937-1954.

## K

- **Kaabour F. (2009).** Activités antioxydantes et antibactériennes des extraits aqueux du thé, de l'origan et du gingembre. Etude in vitro. Mémoire magister, université Ferhat Abbas Sétif. (Algérie). P 49.
- **Karna P., Chagani S., Gundala S. R., Rida P. C., Asif G., Sharma V., Gupta M. V., Aneja R., Br. . J. Nutr.(2012).** Benefits of whole ginger extract in prostate cancer. Feb, doi: 10.1017 / S0007114511003308. Epub 2011 Aug 18, 107(4): 473-84.
- **Kubra I. R., Rao L. J. (2012).** An impression on current developments in the technology, chemistry, and biological activities of ginger (*Zingiber officinale Roscoe*). *Crit Rev Food Sci Nutr*, 52(8): 651-88.

## L

- **Laguerre M ., Lopez-Giraldo L. J., Pina M., Villeneuve P. (2007).** Outils d'évaluation in vitro de la capacité antioxydante. *Fondamental*, 14 (5) : 278-292.
- **Lambert J., Heath S., Even G., Campion D., Slegers K., Hiltunen M., Combarros O., et al. (2009).** Genome-wide association study identifies variants at CLU and CR1 associated with Alzheimer's disease. *Nature Genetics*, 41: 1094–1099.
- **Lee H. S., Kim S. S., Kim G. J., Lee J. S., Kim E. J., Hong K. J. (2008).** Antiviral Effect of Ingenol and Gingerol during HIV-1 Replication in MT4 Human T Lymphocytes, *Antiviral Research*, 78: 44.
- **Lehucher-Michel M. P., Lesgards J. F., Delubac O., Stocker P., Durand P., Prost M. (2001).** "Oxidative stress and human disease. Current knowledge and perspectives for prevention", *Presse Médicale*, Vol. 30 : 1076.

## M

- **Macheix J.J., Fleuriet A., Jay-Allemand C. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolite secondaires d'importance économique. Ed: 9 presses polytechnologiques et universitaires romandes. P. 4-5.
- **Macheix J. J., Fleurit A., Sarni-Manchado P. (2006).** Composés phénoliques dans les plantes. Structure, biosynthèse, répartition et rôles, 1-28 in Sarni-Manchado P.,

- **Cheyrier V. (2006).** Les polyphénols en agroalimentaire, Lavoisier (Paris), éditions Tec et Doc, 398.
- **Mahdi HJ, Andayani R, Aziz I. (2013).**Determination of Phylogenetic and Molecular Characteristics of Three Malaysian Ginger Cultivars (*Zingiber officinale* Roscoe) Using Microsatellite DNA. Trop Life Sci Res. Dec, 24(2):65-76 p.
- **Manach C., Scalbert A., Morand C., Remesy C., Jimenez L. (2004).** Polyphenols: food sources and bioavailability. American Journal of Clinical Nutrition. 79: 727-747.
- **Merghem R. (2009).** Eléments de biochimie végétale. Editions Bahaeddine Algérie, P. 111-123.
- **Mobasseri M., Mahluji S1., Attari V. E., Payahoo L.,Ostadrahimi A., Golzari S.E. (2013).**Effect of ginger (*Zingiber officinale*) on plasma glucose level, HbA1c and insulin sensitivity in type 2 Diabetic patients. Int J Food Sci Nutr. Sept, 64(6): 682-6.
- **Moure A., CruzJ. M., FrancoD.,Manuel Dominguez J.,Sineiro J.,Dominguez H., Nunez M. J., Carlos ParajoJ. (2001).**Natural antioxidants from residual sources. Food Chemistry 72(2): 145-171.
- **Moussard C. (2007).** Biochimie structural et métabolique 3 éd Bruxelles. P77.
- **Mozaffari-Khosravi H1., Talaei B2., Jalali B.A3., Najarzadeh A2., Mozayan M.R4. (2014).** The effect of ginger powder supplementation on insulin resistance and glycemic indices in patients with type 2 diabetes: a randomized, doubleblind,placebo-controlled trial. Complement Ther Med. Feb, 22(1): 9-16.
- **Muanda F.N.(2010).** Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques. Thèse doctorat, l'Université Paul Verlaine-Metz.P. 160.

### N

- **Naczk M., Shahidi F. (2004).** Extraction and analysis of phenolics in food. Journal of Chromatography A, 1054: 95-111.
- **Nagoshi C., Shiota S., Kuroda T., Hatano T., Yoshida T., Kariama R., Tsuchya T. (2006).**Synergistic effect of [10]-gingerol and aminoglycosides against vancomycin-resistant enterococci (VRE). Biol Pharm Bull, 29(3): 443-447.
- **Neveu V., Perez-Jiménez J., Vos F., Crespy V., du Chaffaut L., Mennen L., Knox C., Eisner R., Cruz J., Wishart D., Scalbert A. (2010)** Phenol-Explorer: an online comprehensive database on polyphenol contents in foods. Database, doi: 10.1093/database/ Full text (free access), 24 p.

### P

- **Pham-Huy L. A. (2008)** HeH., Pham-Huy C. Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health /Int J Biomed Sei.2008;4 (2): 89 -96.
- **Picchi A. (2006)**. Tumor necrosis factor-alpha induces endothelial dysfunction in the prediabetic metabolic syndrome. Circ. Res, 99: 69-77 p
- **Pinson C. (2012)**. Curcuma et gingembre – un concentré de bienfaits pour votre santé et votre beauté. Eyrolles Ed. 169.
- **Platel K., Srinivasan K. (2004)**. Digestive stimulant action of species: a myth or reality? Indian J Med Res May, 119(5): 167-79.
- **Prieto P., Pineda M., Aguilar M.M. (1999)**. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E, Anal Biochem. 269: 337-34.

### Q

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

### R

- **Ramakrishnan R. (2013)**. Anticancer properties of zingiber officinale–ginger. Pharmaceutical Sciences (IJMPS), 3:11-20.
- **Raman A. V., Berry M. J. (2011)**. Selenoproteins in Cellular Redox Regulation and Signaling Oxidative Stress in Vertebrates and Invertebrates: Molecular Aspects of Cell Signaling. 195-208.
- **Ramirez D. C., Gomez-Mejiba S. E., Corbett J. T., Deterding L. J. Tomer K. B., Mason R. P. (2008)**. Cu/Zn-Superoxide Dismutase-driven Free Radical Modifications: Copper and Carbonate Radical Anion-initiated Protein Radical Chemistry. Biochemical Society, 10: 1-25.
- **Rashidian A., Mehrzadi S., Ghannadi A. R., Mahzooni P., Sadr S., Minaiyan M. (2014)**. Protective effect of ginger volatile oil against acetic acid-induced colitis in rats: a light microscopic evaluation. Cité dans le site internet([https:// www.vitaality.fr](https://www.vitaality.fr))
- **Reuter S., Gupta S. C., Chaturvedi M. M., Aggarwal B. B. (2010)**. Oxidative stress, inflammation, and cancer: how are they linked? Free Radic. Biol. Med. 49: 1603– 1616. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2010.09.006

- **Rong X., Peng G., Suzuki T., Yang Q., Yamahara J., Li Y. (2009).** A 35-day gavage safety assessment of ginger in rats. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 54(2): 118-123.
- **Ross., Ivan A. (2005).** Medicinal Plants of the World. Chemical Constituents, Traditional and Modern Medicinal Uses. 1ere Edition. Totowa, New Jersey: Humana Press, 3: 648. (ISBN: 1- 59259-887-0).
- **Ryan D., Antolovich., Robards K., Lavee S. (2002).** Biotransformations of phenolic compounds in *Olea europaea* L. *Scientia Horticulturae*. 92: 147-176.

### S

- **Sabulal A. B., Dan M. B., Anil John A. Ja., Kurup R. A., Pradeep N. S. C., Valsamma R. K. C., George V. (2006).** Caryophyllene-rich rhizome oil of *Zingiber nimmonii* from South India: Chemical characterization and antimicrobial activity. *Phytochem*, 67: 2469–2473.
- **Sangwan A., Kawatra A., Sehgal S. (2012).** Nutritional composition of ginger powder prepared using various drying methods, *Journal of Food Science and Technology*, 51: 2260– 2262.
- **Sarma A. D. (2010).** Mallick R.A., Ghosh A.K. Free Radicals and Their Role in Different Clinical Conditions/International Journal of Pharma Sciences et Recherche (IJPSR). 2010; 1 (3) :185-192.
- **Sausa A., Ferreira I. C., Barros L., Bento A., Pereira J. A. (2008).** Effect of solvent and extraction temperatures on the antioxidant potential of traditional stoned table olives (alcaparras). *LWT Food Science and technology* 41(4): 739-745.
- **Schauenberg P., Paris F. (1977).** Guide des plantes médicinales. Ed : Delachaux et Niestlé. ISBN 10 : 2603000012.
- **Schnitzler P., Koch C., Reichling J. (2007).** Susceptibility of Drug-Resistant Clinical Herpes Simplex Virus Type 1 Strains to Essential Oils of Ginger, Thyme, Hyssop, and Sandalwood, *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 51: 1859-1862 .
- **Semwal R. B., Semwal D. K., Combrinck S., Viljoen A. M. (2015).** Gingerols and shogaols: Important nutraceutical principles from ginger. *phytochemistry*, 117 : 554– 568.
- **Sharma C., Ahmed T., Sasidharan S., Ahmed M., Hussain A. (2009).** Use of Gemcitabine and Ginger Extract Infusion May Improve the Efficiency of Cervical Cancer Treatment, *African Journal of Biotechnology*, 8: 7087-7093.

- **Shobana S., Naidu A. (2000).** Antioxidant activity of selected India spices Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids 62(2): 107-110.
- **Singleton V. L., Rossi J. A. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid attributes of minced meat stored in air and modified atmospheres. J. Applied Microbiol. 91: 1011-1022 et 16 :144-158.
- **Skerget M., Kotnik P., Hadolin B., Hras A. R., Simonic M., Knez Z. (2005).** Phenols, proanthocyanidines, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. Food Chemistry. 89: 191-198.
- **Sokmen A., Sokmen N., Daferera D., Polissiou M., Candan F., Unlu M., Akpulat A. (2004).** The in vitro antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil and methanol extracts of *Achillea biebersteini* afan. (Asteraceae). Phytother Res, 18: 451-456.
- **Srinivasan K. (2017).** Ginger rhizomes (*Zingiber officinale*): A spice with multiple health beneficial potentials. Pharma Nutrition, 5:18-28. Speck B. Fotsch U. Fotsch C. 2014. Connaissance des herbes, Gingembre *Zingiber officinale*. E GK-caisse de santé. Siège principale Brislachstrasse 2 /4242 Laufon, 4 p.
- **Stamler J. S., Slivka A. (1996).** Biological chemistry of thiols in the vasculature and in vascular-related disease. Nutrition Reviews, 54 (1) : 1 – 30.

#### T

- **Tepe B., Daferera D., Sokmen A., Sokmen M., Polissiou M. (2005).** Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller (Lamiaceae). Food chem, 90: 333-340.

#### U

- **Urquiaga I. N. E. S. A., Leighton F. E. D. E. (2000).** Plant Polyphenol Antioxidants and Oxidative Stress. Biol. Res, 33: 55-64.

#### V

- **Villasante A., Araneda O.F., Behn C., Galleguillos M., Adames H. (2010).** Antioxidant capacity and oxidative damage determination in synovial fluid of chronically damaged equine metacarpophalangeal joint. Veterinary Research Communications, 34 (2): P .133–141.
- **Vuorela, S. 2005** Analysis, isolation, and bioactivities of rapeseed phenolics. Helsinki.

#### W

- **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: Wats R.R.

et Zibadi S. Bioactive Dietary Factors and Plant Extracts in Dermatology, Nutrition and Health. Springer Science+Business Media, New York (USA): 103-111.

#### **Sites web**

- **Euring A.B., Ergo M. Sc. (2015).** Le gingembre. Plante médicinale et plante à épice <http://abergo1.e-monsite.com/medias/files/ginger1.pdf>

# **Annexes**

---

## Annexe 01: Matériel utilisé

Outillage	Appareillage	Produits et réactifs chimique	Milieux de culture
Flacons	Etuve	Eau distillé	Bouillon BHIB
Tubes à essai	Réfrigérateur	Acide-L- ascorbique	(Brain Heart
Fioles	Bain marie	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub> (vitamine)	Infusion Broth)
Béchers	Spectrophotomètre	Ammonium molybdate	Milieu MH
Pinces	Autoclave	Phosphate dibasique de sodium Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	(Mueller Hinton gélose)
Entonnoir	Agitateur de plaque chauffante	Phosphate monobasique de sodium NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	
Pissette	Vortex	Acide sulfurique H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
Micropipettes	Balance de précision	Tampon phosphate (NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> +Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> )	
Anses		Chlorure ferrique FeCl <sub>2</sub>	
Seringues		Ferricyanure de potassium K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	
Ecouvillons		Acide trichloracetique C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	
Erlenmeyer		10%	
Papier watman		Réactif de Folin-Ciocateu	
Papier aluminium		Bicarbonate de sodium Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	
Bec Bensen		Acide gallique C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub>	
		Eau physiologique (NaCl 9g/l)	disque d'antibiotique

**Annexe 02: Composition des milieux de cultures**

<b>Milieu MH (Gélose Mueller Hinton)</b>	
Infusion de viande bovine	3g
Hydrolysate acide de caséine	17.5g
Amidon soluble	1.5g
Agar	15g
Eau distillée	QST

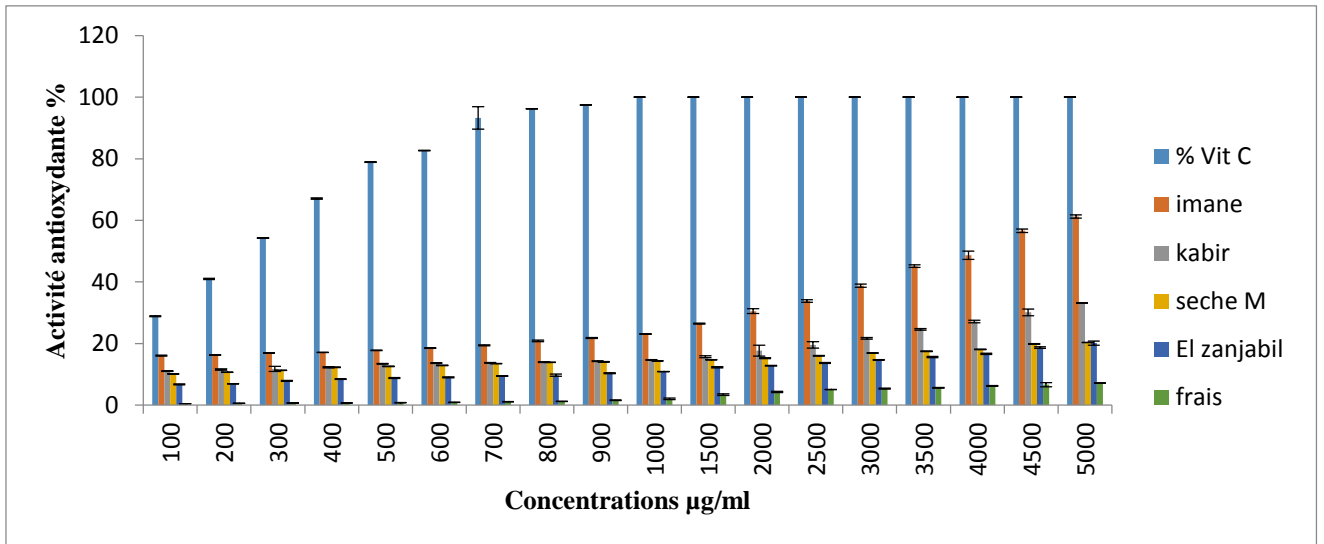
➤ **21g du milieu MH +15g d'agar** —————→ **01litre d'eau distillée stérile**

Homogénéisation de ces derniers jusqu'à l'obtention d'une suspension homogène, chauffage si nécessaire, et stérilisation à l'autoclave 121 degré pendant 15 minutes.

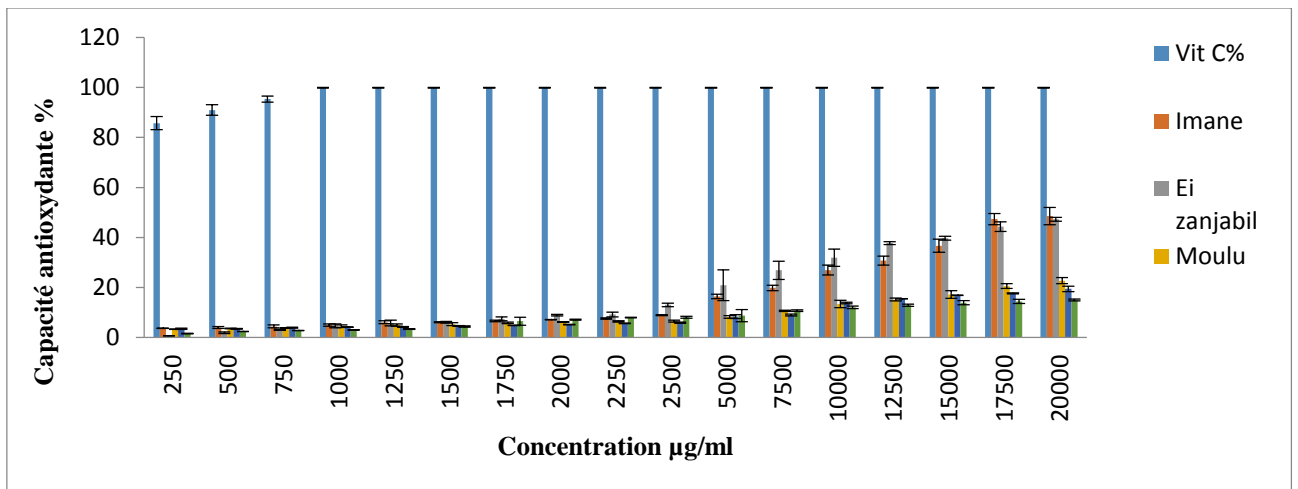
<b>Milieu BHIB (Brain Heart Infusion Broth)</b>	
Extrait cœur-cerveille	25g
Peptone pancréatique de gélatine	10g
Chlorure de sodium	5g
Phosphate di sodique	2.5g
Glucose	2g
Eau distillée	QST

➤ **18.5 g du milieu BHIB** —————→ **500 ml d'eau distillée stérile**

Homogénéisation de ces derniers jusqu'à l'obtention d'une suspension homogène, chauffage si nécessaire, répartition à raison de 5 à 10ml par tube et stérilisation à l'autoclave 121 degré pendant 15minutes.



**Annexe 03:** Capacité antioxydante totale (TAC) des cinq échantillons et de l'acide ascorbique représenté en histogramme.



**Annexe 04:** Pouvoir réducteur des cinq échantillons et de l'acide ascorbique représenté en histogramme.