



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Scientifique Recherche
جامعة محمد البشير الإبراهيمي



Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi- B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : sciences Biologiques
Spécialité : Biochimie

Intitulé

**Propriétés biologiques du
*Zingiber officinale***

Présenté par :

- Sakhraoui Ahlam
- Taguia Chaima

Devant le jury :

Président : M ^{me} . NASRI Meriem	MCB	(Univ Bordj Bou Arreridj)
Encadrant : M ^{me} . BENOUDAH Zohra	MCB	(Univ Bordj Bou Arreridj)
Examineur : M ^r . ZIAD Abdelaziz	MAA	(Univ Bordj Bou Arreridj)

Année universitaire : 2020/2021

Remerciement

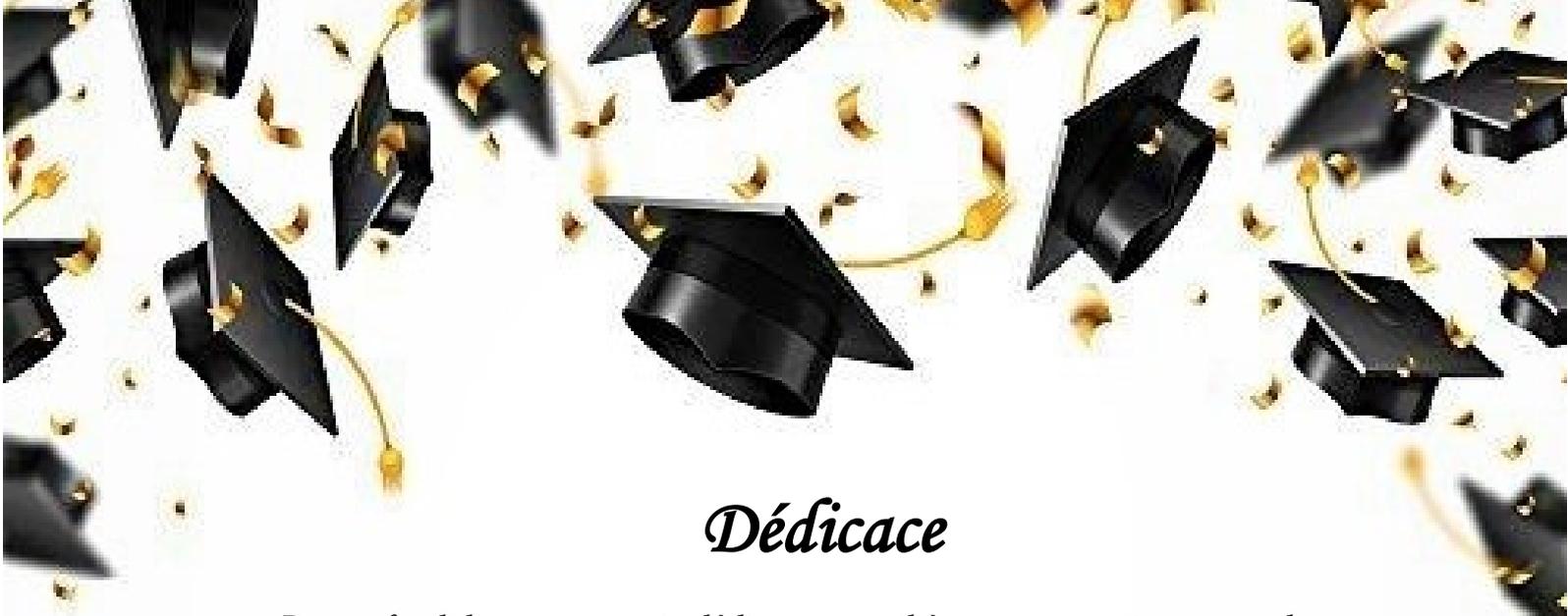
*Nous remercions **Dieu**, le Tout Puissant, Qui nous a donné santé et force pour accomplir ce travail.*

Nos sincères remerciements aux membres du jury d'avoir accepté de juger notre travail.

*Nous tenons à exprimer notre gratitude à notre directrice de mémoire, **Mme Benouadah Zohra**. Nous la remercions de nous avoir guidées, dirigées, aidées.*

Un grand merci à nos familles et à tous nos proches et amis qui nous ont accompagnées, aidées, soutenues et encouragées tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les enseignants et toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail.



Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers ;

*À ma chère maman **Salima***

*À mon cher père **Lamri***

Merci pour votre patience, votre amour, votre sacrifice, votre soutien et vos encouragements

*À ma chère **Sabah***

Merci énormément pour ton soutien plus que précieux, Merci pour ton grand cœur

À mes frères

*Au futur médecin **Ilyes***

À toute ma famille

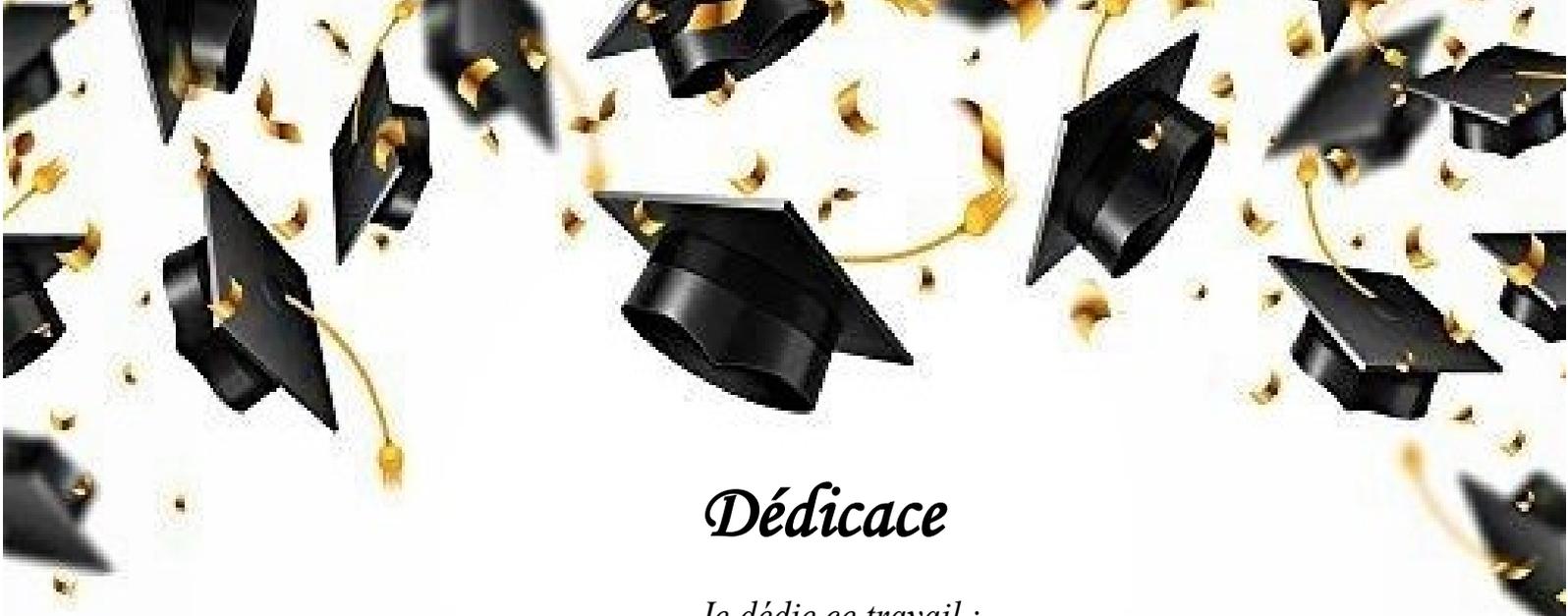
*À mes amies, la joie de ma vie, **Chaima T, Chaima Z et Amina***

À mes amies et mes camarades

À tous qui m'aiment

Sakhraoui Ahlam





Dédicace

Je dédie ce travail :

*À la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie ma mère **Aicha** qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'études, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.*

*À mon père **ALHASNAOUI** pour ses encouragements incessants et son soutien moral aux moments difficiles qui furent pour moi les meilleurs gages de réussite.*

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

*À mes deux sœurs que j'adore **HAYAT et NAAIMA***

*À mes chers frères : **HICHAM, YAAKOUB, LKHMISSI***

*À mon mari **SAMIR** qui m'encourage toujours d'aller plus loin*

*À mes chers neveux **IYAD, YOUNES** et ma nièce **NADJLA***

*À mes adorables cousines : **IMEN, DOUNIA, RADJA, HOYAM, OUMAIMA, NADJAH***

*A mon cher binôme **AHLAM** avec laquelle j'ai partagé ce travail et avec elle j'ai passé des moments inoubliables.*

À toute la famille TAGUIA

À toute personne qui me connaît de près ou de loin.

Taguia Chaima

✓ ملخص

تلعب التوابل و النباتات الطبية دورًا مهمًا في صناعة الأدوية و في الاستخدامات المتنوعة للحياة اليومية. *Zingiber officinale* هو نبات عشبي معمر ينتمي إلى عائلة Zingiberaceae، يستخدم لأكثر من 200 عام لقيمه الطبية والغذائية. يعتبر عشبًا آمنًا مع آثار جانبية طفيفة.

وقد أظهرت الدراسات الكيميائية النباتية لجذور *Zingiber officinale* ثرائها في المستقلبات الثانوية، وأبغلت بشكل أساسي عن وجود مادة البوليفينول (جينجيرول ، بارادول ، شوجوال ، زينجرون) ، تربين (زينجبيريني ، جيرانيال ، كوركومين ، نيرال) ، بالإضافة إلى مركبات الفلافونويد والأحماض الفينولية.

أكدت العديد من الدراسات (في المختبر وفي الجسم الحي) التأثيرات المفيدة لـ *Zingiber officinale* كعامل مضاد للغثيان، مضاد للالتهابات، مضاد للأكسدة، مضاد للميكروبات، مضاد للسرطان، مضاد لمرض السكر، وعامل للقلب والأوعية الدموية و الجهاز التنفسي.

الكلمات المفتاحية: *Zingiber officinale*؛ زنجبيل؛ الجانب النباتي؛ الكيمياء النباتية؛ الأنشطة البيولوجية.

✓ Résumé

Les épices et les plantes médicinales jouent un rôle crucial dans l'industrie pharmaceutique et dans l'utilisation diverse de la vie quotidienne. Le *Zingiber officinale* est une plante herbacée vivace appartient à la famille Zingiberaceae, utilisé depuis plus de 200 ans pour ses valeurs médicinales et nutritionnelles. Il est considéré comme une plante sûre avec des effets indésirables non significatifs.

Les études phytochimiques du rhizome de *Zingiber officinale* ont montré leur richesse en métabolites secondaires. Elles ont signalé principalement la présence de polyphénols (gingérol, paradol, shogaol, zingérol), de terpènes (zingibérène, géraniol, curcumène, néral), ainsi que flavonoïdes et acides phénoliques.

De nombreuses études (*in vitro* et *in vivo*) ont confirmé les effets bénéfiques de *Zingiber officinale* en tant qu'agent antinauséux, anti-inflammatoire, antioxydant, antimicrobien, anticancéreux, antidiabétique, cardiovasculaire et respiratoire.

Mots clés : *Zingiber officinale* ; gingembre ; aspect botanique ; phytochimie ; activités biologiques.

✓ Abstract

Spices and medicinal plants play a crucial role in the pharmaceutical industry and in the diverse use of everyday life. *Zingiber officinale* is a perennial herbaceous plant belonging to the Zingiberaceae family, used for over 200 years for its medicinal and nutritional values. It is considered to be a safe herb within significant side effects.

Phytochemical studies of the *Zingiber officinale* rhizome have shown their richness in secondary metabolites. They mainly reported the presence of polyphenols (gingerol, paradol, shogaol, zingerone), terpenes (zingiberene, geranial, curcumene, neral), as well as flavonoids and phenolicacids.

Numerous studies (*in vitro* and *in vivo*) have confirmed the beneficial effects of *Zingiber officinale* as an antinausea, anti-inflammatory, antioxidant, antimicrobial, anticancer, antidiabetic, cardiovascular and respiratory agent.

Keywords: *Zingiber officinale*; ginger; botanical aspect; phytochemistry; biological activities.

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux	
Introduction	1
Chapitre I : Présentation de la plante <i>Zingiber officinale</i>	
I.1. Généralité	2
I.2. Description morphologique.....	2
I.3. Habitat et répartition géographique.....	4
I.4. Classification botanique	4
I.5. Utilisations de la plante	5
I.5.1. Utilisation traditionnelle.....	5
I.5.2. Utilisation thérapeutique	6
I.6. Effets indésirables	6
Chapitre II : Étude phytochimique du <i>Zingiber officinale</i>	
II.1. Oléorésine	8
II.2. Huile essentielle	12
Chapitre III : Activités biologiques du <i>Zingiber officinale</i>	
III.1. Activité anti-inflammatoire	14
III.2. Activité antioxydante.....	16
III.3. Activité antidiabétique.....	18
III.4. Activité antimicrobienne	20
III.5. Activité anticancéreuse.....	22
III.6. Protection cardiovasculaire.....	25
Conclusion.....	27
Références bibliographiques.....	

Liste des abréviations

6-GRF	Fraction riche en 6-gingérol
6-SG	6-Shogaol
A549	Lignées cellulaires des voies respiratoires inférieures humaines
ABTS	Acide 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique)
ACE	Enzyme de conversion de l'angiotensine
ADN	Acide Désoxyribonucléique
Akt	Protéine kinase B
AMP	Adénosine monophosphate
AMPC	Cyclic Adenosine Monophosphate
AMPK	AMP activated protein kinase
BAL	Lavage broncho-alvéolaire
Bax	Marqueur d'apoptose
Bcl-2	Marqueurs d'apoptose
C28I2	Chondrocytes humains
Ca²	Calcium
CAT	Catalase
CH₂Cl₂	Chlorure de méthylène
CMI	Concentration minimale inhibitrice
CPF	Chlorpyrifos
CYP46A1	Cholestérol 24-hydroxylase
DPPH	2,20-diphényl-1-picrylhydrazyl
DU145	Cellules cancéreuses de la prostate cultivées humaines
ELISA	Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay
f-MLP	N-formyl-méthionyl-leucyl-phénylalanine
FTC	Thiocyanate ferrique
GC	Chromatographie en phase gazeuse
GCE	Extrait brut de gingembre
GC-MS	Chromatographie en phase gazeuse associée à la spectrométrie de masse
GEO	Huile essentielle de gingembre
GLP-1	Peptide 1 de type glucagon
GLUT4	Transporteur de glucose 4

GPx	Glutathion peroxydase
GSTπ	Glutathion-S-transférase
GTPase	Guanosine triphosphate hydrolase
H₂O₂	Peroxyde d'hydrogène
HbA1c	Hémoglobine glyquée
HDL	High-density lipoprotein
HE	Huile essentielle
HEp-2	Lignées cellulaires des voies respiratoires supérieures humaines
HFHC	Haute teneur en graisses et en glucides
HMG-CoA	Hydroxyméthylglutaryl-CoA
HMG-CoA réductase	Hydroxyméthylglutaryl-CoA réductase
hMSCs	Cellules souches mésenchymateuses humaines
HMVP2	Cellules cancéreuses de la prostate cultivées de souris
HOMA-IR	Modèle homéostatique d'évaluation de la résistance à l'insuline
HRSV	Virus respiratoire syncytial humain
hTERT	Marqueur de la prolifération cellulaire
IFN-β	Interféron β
IgE	Immunoglobuline E
IL-1β	Interleukine 1 bêta
IL-4	Interleukine 4
IL-5	Interleukine 5
IL-6	Interleukine 6
IR	Rayonnements ionisants
K⁺	Potassium
LDL	Low-density lipoprotein
LNAME	Ester méthylique de N ω -nitro-L-arginine
LNCaP	Cellules cancéreuses de la prostate cultivées humaines
MCV	Maladies cardiovasculaires
MDA	Malondialdéhyde
MIB-1	Marqueur de la prolifération cellulaire
MPO	Myéloperoxydase
MRP1	Multirésistance aux médicaments 1
mTOR	Mechanistic target of rapamycin
NF-κB	Nuclear factor-kappa B

NO	Oxyde nitrique
p21waf1/cip1	Marqueur de différenciation cellulaire
PC3	Lignées cellulaires de cancer de la prostate humaine sensibles au docétaxel
PC3R	Lignées cellulaires de cancer de la prostate humaine résistantes au docétaxel
PCR	Polymérase chain reaction
pH	Potentiel hydrogène
PI3K	Phosphatidylinositol-3-kinase
PKA	Protein Kinase A
PKC	Protéine kinase C
PMN	Cellules polymorphonucléaires
PON-1	Paraoxonase-1
ROS	Espèces réactives de l'oxygène
RT-qPCR	Quantitative reverse transcription PCR
SOD	Superoxyde dismutase
STAT3	Signal transducer and activator of transcription 3
STZ	Streptozotocine
TAC	Capacité totale antioxydante
TBA	Acide thiobarbiturique
TC	Cholestérol total
TG	Triglycéride
Th2	Lymphocyte T helper
TNF-α	Facteur de nécrose tumorale- α
UV	Ultraviolet
VEGF	Vascular endothelial growth factor
Zo.Aq	Extrait aqueux de gingembre

Liste des figures

Figure	Titre	Page
01	Rhizome de <i>Zingiber officinale</i> var. <i>Amarum</i> (à gauche), <i>Zingiber officinale</i> var. <i>Roscoe</i> (au centre) et <i>Zingiber officinale</i> var. <i>Rubrum</i> (à droite)	2
02	Aspect général de <i>Zingiber officinale</i>	3
03	Structures des principaux constituants actifs du gingembre	9
04	Les principaux constituants chimiques du gingembre	10
05	Déshydratation des Gingérols en Shogaols à haute température	11
06	Conversion de Gingerols en Zingerone et aldéhyde aliphatique à haute	11
07	Les structures chimiques des principaux composants de <i>Z. officinale</i>	12
08	Effet de 6-SG sur la claudine 1 et la claudine 2	14

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
I	L'arbre taxonomique de la plante de <i>Zingiber officinale</i>	5



Introduction



Introduction

La vie de l'homme et des plantes se côtoient depuis l'antiquité. Les plantes médicinales ont été utilisées comme une source importante de composés thérapeutiques dans les systèmes de soins de santé traditionnels ainsi que dans les marchés des herbes et des produits pharmaceutiques (**Kumar et al., 2011**).

Toutefois, l'emploi des plantes médicinales a connu un déclin avec le progrès de la médecine et l'apparition des médicaments modernes comme les antibiotiques, hormones, corticoïdes et autres produits de synthèse (**Gião et al., 2010**). Mais, l'échec des traitements pharmaceutiques conventionnels, surtout dans le cas des maladies chroniques, la forte incidence des effets indésirables qui leur sont associés et l'insuffisance des infrastructures sanitaires dans les pays en voie de développement font qu'une large tranche de la population mondiale a retourné à la médication à base des plantes pour se soigner (**Bouxiid, 2012**).

Il est estimé que jusqu'à 4 milliards de personnes dans le monde ($\pm 80\%$) utilisent la plante comme matière première dans la fabrication de médicaments et qu'environ 75 à 90 % des personnes qui vivent à la campagne comptent encore sur les plantes médicinales comme principale source de traitement des maladies et maintenir la santé (**Lianah et al., 2020**).

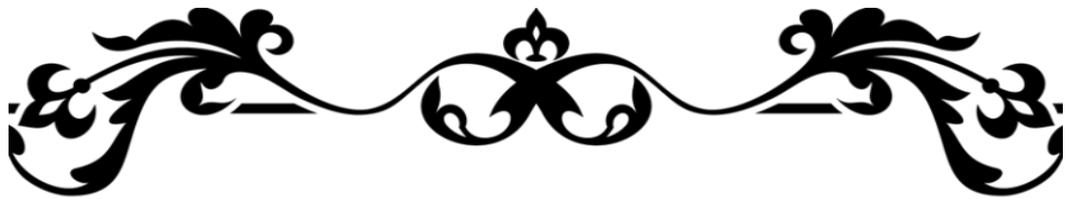
Les espèces de la famille de Zingibéracées, sont utilisées depuis des siècles dans la cuisine traditionnelle, comme colorant, en dermocosmétique et en médecine traditionnelle en tant que remèdes (**Cheikh Ali, 2012**). L'espèce *Zingiber officinale* qui est consommé dans le monde entier comme une épice pour plus de 200 ans et un agent aromatisant de l'ancien temps, utilisée traditionnellement dans la médecine asiatique et chinoise, sa richesse en métabolites secondaires et plus spécifiquement shagaol et gingerol lui confèrent plusieurs effets biologiques telles que les activités anti-inflammatoires, antimicrobiennes, antidiabétiques, anticancéreuses et antioxydantes (**Shahrajabian et al., 2019**).

Dans le cadre de notre travail, nous nous intéressons à étudier l'aspect botanique, la phytochimie et à l'évaluation des propriétés biologiques de *Z. officinale*.



Partie bibliographique





**Chapitre I : Présentation de la
plante *Zingiber officinale***



I. Présentation de la plante *Zingiber officinale*

I.1. Généralité

Le *Zingiber officinale*, généralement appelé « Zanjabil » ou « le gingembre », est une plante herbacée vivace appartient à la famille Zingiberaceae de monocotylédones et au genre *Zingiber* (Marwat et al., 2015), largement cultivée dans les régions tropicales et subtropicales (Haniadka et al., 2013). Il est l'une des herbes les plus couramment utilisées en Asie, Amérique centrale, du Sud et Afrique depuis longtemps, il a été utilisé empiriquement pour traiter divers troubles (Aleem et al., 2020).

Il existe trois types connus de *Zingiber officinale* (figure 1) : le gingembre géant ou le gingembre blanc (*Zingiber officinale* var. *Roscoe*), le petit gingembre blanc ou le gingembre emprit (*Zingiber officinale* var. *Amarum*) et le gingembre rouge (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) (Syafitri et al., 2018).

Les rhizomes sont les parties importantes de *Zingiber officinale*, fréquemment utilisés pour améliorer la saveur et l'arôme des aliments et utilisés à des fins pharmaceutiques, en raison de la grande quantité de composés bioactifs (Tozetto et al., 2019).



Figure 1 : Rhizome de *Zingiber officinale* var. *Amarum* (à gauche), *Zingiber officinale* var. *Roscoe* (au centre) et *Zingiber officinale* var. *Rubrum* (à droite) (Syafitri et al., 2018).

I.2. Description morphologique

Zingiber officinale est une plante herbacée vivace rhizomateuse, avec une odeur aromatique au goût piquant (Tauheed et al., 2017), qui peuvent atteindre d'environ un

mètre de hauteur (jusqu'à 1,5 m) (**Habtemariam, 2019**). Morphologiquement, il est caractérisé par :

➤ Deux sortes de tiges (figure2), des tiges stériles (**Allais, 2009**), qui sont formées de gaines à leur base qui sont étroitement enroulées les unes autour des autres pour former de longues pousses étroites à partir desquelles les limbes des feuilles émergent dans un motif alterné (**Habtemariam, 2019**); des tiges fertiles (**Allais, 2009**) qui sont généralement plus courtes que les premiers, portant des fleurs et composés d'épis en forme de cône (**Habtemariam, 2019**).

➤ Des feuilles vertes, longues et larges de 2-3 cm avec bases de gainage, la lame se rétrécissant progressivement en un point (figure 2) (**Kumar et al., 2011**).

➤ Des fleurs entourées de bractées vert pâle, formant des épis denses (**Allais, 2009**), elles sont parfumées, blanc jaune avec des traînées rouges sur les lèvres (figure 2) (**Faivre et al., 2006**).

➤ Des rhizomes aromatiques, lobés épais, noueux et charnu, poussent sous terre et ils apparaissent de couleur jaune pâle (**Kumar et al., 2011**), ramifiés dans un seul plan et articulés en anneaux bien marqués. C'est par ces rhizomes que la plante se reproduit (figure 2) (**Allais, 2009**).

➤ Des fruit, sont des capsules charnues contenant des graines avec un blanc distinctif arille (**Marwat et al., 2015**).



Figure 2 : Aspect général de *Zingiber officinale* (Habtemariam, 2019)

I.3. Habitat et répartition géographique

Le *Zingiber officinale* est une plante qui s'adapte à pousser dans les zones tropicales et subtropicales. Il pousse bien dans des conditions chaudes et humides à partir d'une altitude supérieure à 1500 m au-dessus du niveau de la mer (Dhanik et al., 2017). Ses origines s'étendent à l'Inde et l'Asie du Sud-Est (Marwat et al., 2015).

Zingiber officinale est un cultivigène, c'est-à-dire qu'il n'est connu que par culture (Marwat et al., 2015). Il est cultivé en Chine, Népal, États-Unis, Inde, Bangladesh, Taïwan, Jamaïque, Nigéria et dans d'autres régions du monde. L'Inde est le plus grand producteur de *Zingiber officinale* dans le monde (Dhanik et al., 2017).

Le gingembre préfère les climats avec de températures de 19 à 28 °C et une humidité de 70 à 90 % (Sharifi-Rad et al., 2017), avec des conditions pluviales et irriguées optimales. Pour une culture réussie, le gingembre nécessite des précipitations modérées au moment du semis jusqu'à la germination des rhizomes (Dhanik et al., 2017).

Le gingembre prospère dans les sols bien drainés comme le loam sableux, le loam argileux, le loam rouge ou le loam latéritique. Un terreau friable avec un pH de 6,0 à 6,5 riche en humus est optimal pour sa production (Sharifi-Rad et al., 2017).

I.4. Classification botanique

La famille des Zingibéracées, également appelée famille du gingembre, comprend environ 54 genres acceptés d'au moins 1600 espèces connues. Ce sont toutes des herbes aromatiques vivaces avec des rhizomes tubéreux et sont distribués dans toute l'Afrique tropicale, l'Asie et l'Amérique (Habtemariam, 2019).

Le genre *Zingiber*, comprend environ 85 espèces d'herbes. Bien que différents membres de ce genre soient quelque peu similaires dans leur morphologie, ils diffèrent largement dans leurs propriétés pharmacologiques et thérapeutiques (Sharifi-Rad et al., 2017).

L'arbre taxonomique de l'espèce *Zingiber officinale* est indiquée dans le tableau I (Habtemariam, 2019).

Tableau I : L'arbre taxonomique de la plante de *Zingiber officinale*

Royaume	Plantae
Sous royaume	Tracheobionta
Superdivision	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous-classe	Zingiberidae
Ordre	Zingiberales
Famille	Zingiberaceae
Genre	Zingiber
Espèce	<i>Zingiber officinale</i>

I.5. Utilisations de la plante

I.5.1. Utilisation traditionnelle

Pendant des siècles, le gingembre a été largement utilisé comme agent médicamenteux et diététique en Asie du Sud-Est. C'est un ingrédient crucial dans les différentes variétés chinoises, ayurvédiques, unani, arabe, grec, romain et aussi dans les divers systèmes populaires de médicaments partout dans le monde (**Haniadka et al., 2013**).

La médecine chinoise le recommandait dans le traitement de la toux et des affections respiratoires, contre les vomissements, les refroidissements et les gastralgies. La médecine arabe lui attribue la propriété aphrodisiaque et des vertus dans le traitement de troubles sexuels (**Allais, 2009**).

Dans le Système de médecine ayurvédique, il est utilisé pour traiter un large éventail des troubles (**Haniadka et al., 2013**) telles que l'indigestion, perte d'appétit, réactions allergiques, toux, rhume, fièvre, troubles respiratoires, douleurs, maux de tête, maux de dos ou tout autre attrape musculaire (**Kumar et al., 2011**).

Au cours du XVI^e siècle, il était utilisé pour combattre les troubles gastro-intestinaux, les diarrhées. Il entrait également dans la composition des bains de bouche, gargarismes et teintures

dentifrices. Ainsi, les douleurs dentaires étaient soulagées en massant les gencives avec de l'huile essentielle et en introduisant un coton imbibé dans les dents cariées (Allais, 2009).

I.5.2. Utilisation thérapeutique

Au cours des dernières décennies, *Zingiber officinale* est largement étudié pour ses propriétés médicinales par des techniques scientifiques avancées et une variété de composés bioactifs ont été isolés à partir de différentes parties de la plante (Syafitri et al., 2018).

Zingiber officinale peut être utile comme carminatif, diurétique et antiémétique. Les rhizomes séchés ont été utilisés pour traiter les nausées, les indigestions et les flatulences. Ainsi, les rhizomes trempés dans l'eau chaude sont efficaces en cas de douleurs abdominales (Amir et al., 2011).

Il a d'autres effets bénéfiques, tels que des effets hépatoprotecteurs, antiallergiques (Lai et al., 2016) (Kawamoto et al., 2015), antiémétique, biliosécréteur, antilipémique, antiathéromateuse, antipyrétique et antiagrégant plaquettaire (Thomson et al., 2002).

Le gingembre est utilisé dans certaines affections comme la maladie d'Alzheimer, l'anorexie, l'anxiété, les allergies, le vieillissement, l'alcoolisme, le choléra, le syndrome du côlon irritable, la diarrhée, le rhume et la grippe, la migraine, les céphalées en grappe (Tauheed et al., 2017).

De plus, le traitement au gingembre pourrait réduire les pertes sanguines chez les femmes (saignements menstruels abondants) (Kashefi et al., 2014).

Des études montrent que le gingembre est efficace sur les nausées gravidiques (Haji Seid Javadi et al., 2013), les nausées et les vomissements postopératoires (Chaiyakunapruk et al., 2006) et aussi celles associées au traitement de la chimiothérapie (Pillai et al., 2011).

I.6. Effets indésirables

Le gingembre est généralement considéré comme un médicament à base de plantes avec seulement quelques effets secondaires indésirables insignifiants (Ali et al., 2008). On ne trouve pas de cas de toxicité aiguë ou chronique lorsque la prise de gingembre se fait aux doses prescrites (Allais, 2009).

Des études de toxicité aiguë avec une dose unique orale de rhizome de *Z. officinale* (2000 mg/Kg et 2500 mg/Kg) ont été observées pendant 14 jours sur des rats, aucun décès n'a été trouvé (Syafitri et al., 2018).

Chapitre I : Présentation de la plante Zingiber officinale

Une étude de toxicité subaiguë avec une poudre fine de rhizome de *Z. officinale* (jusqu'à 2000 mg/kg/jour) a été administrée par voie orale à des rats mâles et femelles pendant une durée de 35 jours n'a montré aucun effet toxique (**Syafitri et al., 2018**). En effet, le surdosage peut augmenter la survenue d'effets indésirables telles que des crampes intestinales et un blocage de l'activité de l'estomac, des brûlures gastriques ont été parfois mentionnées (**Allais, 2009**).

Il faut éviter de leur consommer lors d'une gastrite ou une phase aiguë de maladie inflammatoire de l'intestin. Généralement aucun effet indésirable maternel sévère n'a été signalé au cours des essais cliniques chez les femmes enceintes (**Allais, 2009**).



Chapitre II : Étude phytochimique
du *Zingiber officinale*



II. Étude phytochimique du *Zingiber officinale*

Plusieurs études phytochimiques ont montré que le gingembre (*Zingiber officinale*) renferme une grande variété de composés biologiquement actifs et que leur rapport et la concentration varient selon l'origine géographique, la saison, la période de récolte et la maturité des rhizomes au moment de la récolte (**Wilson et al., 2013**). Plus de 400 composés chimiques ont été isolés et identifiés dans les extraits du rhizome (**Grzanna et al., 2005**).

Le gingembre frais contient 80,9% d'humidité, 2,3% de protéines, 0,9% de matières grasses, 1,2% de minéraux, 2,4% de fibres, et 12,3% de glucides, les minéraux présents sont le calcium, le phosphore et le fer. Il contient également des vitamines telles que la thiamine, la riboflavine, la niacine et la vitamine C (**Watson et Preedy, 2019**).

Les composés les plus importants et responsables des activités thérapeutiques du gingembre sont divisés en composés non volatils et volatils. La fraction non volatile est représentée de l'oléorésine, qui contient les éléments responsables de la saveur épicée de la plante. La composition de la fraction volatile est principalement représentée de dérivés des huiles essentielles, responsables de l'arôme (**Anasori et Asghari, 2008**).

II.1. Oléorésine

L'oléorésine contient les principes piquants phénoliques non volatils du gingembre qui représentent 5%-8% du poids sec (**Bellik, 2014**), qui sont les gingérols, les shogaols, les paradols et les zingérones (figure 3). Ces molécules sont responsables de la sensation chaude et piquante dans la bouche (**Haniadka et al., 2013**).

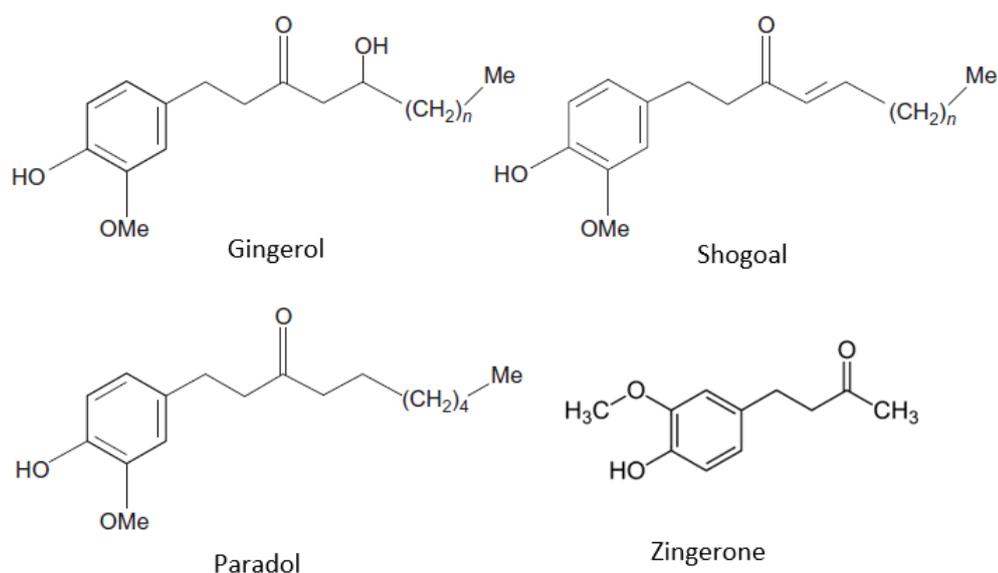


Figure 3 : Structures des principaux constituants actifs du gingembre
(Karunakaran et Sadanandan, 2019)

Afin d'analyser la composition chimique du *Z. officinale*, **Jolad et ses collaborateurs (2004)**, ont examiné les extraits organiques séparés de rhizomes blancs chinois et de rhizomes jaunes japonais du *Z. officinale* par la Chromatographie en phase gazeuse associée à la spectrométrie de masse (GC-MS). L'analyse GC-MS a identifié les paradols, les dihydroparadols, les gingérols, dérivés acétylés de gingérols, shogaols, 3-dihydroshogaols, gingérodiols, dérivés mono- et diacétyliques de gingérodiols, 1-déshydrogingerdiones, les diarylheptanoïdes et les dérivés d'éther méthylique de certains de ces composés.

Plus tard, **Jolad et ses collaborateurs (2005)**, ont également examiné le *Z. officinale* sec en utilisant les mêmes techniques qu'ils avaient utilisées dans leur étude antérieure (2004), mais par l'extrait CH_2Cl_2 de poudre de gingembre sec commercialement traitée. Ils ont identifié les composés précédemment enregistrés pour le gingembre frais (Jolad et al., 2004) et de nouveaux composés, qui comprenaient du méthyle [8]-paradol, méthyl [6]-isogingérol et [6]-isoshogaol. [6]-, [8]-, [10]- et [12]-gingerdiones ont été détectés (Figure 4), alors qu'ils n'avaient pas été auparavant signalé dans le gingembre frais blanc et jaune. Les concentrations de gingérols dans le gingembre sec ont été réduites légèrement par rapport au gingembre frais, alors que les concentrations des shogaols ont augmenté.

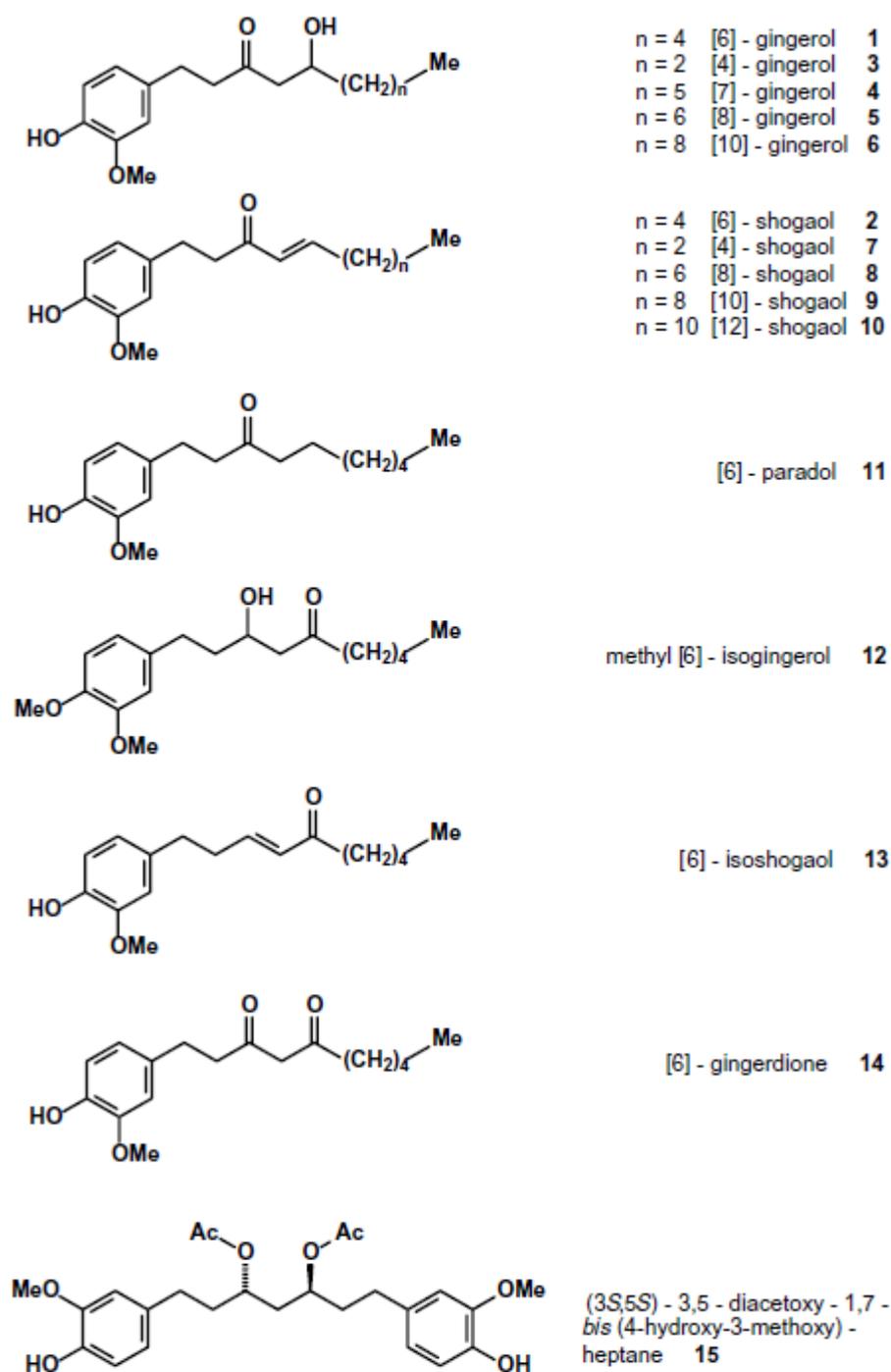


Figure 4 : Les principaux constituants chimiques du gingembre (Ali *et al.*, 2008)

Les gingérols sont les constituants majeurs du gingembre frais (15 %), c'est une série d'homologues chimiques de phénols dont le plus abondant est le [6]-gingérol, ils sont différenciés par la longueur de leur chaîne alkyle non ramifiée et ayant une chaîne latérale avec 7 à 10, 12, 14 ou 16 atomes de carbone, respectivement comme principaux composants actifs (Shariful *et al.*, 2015). la 5-hydroxy-1- (4-hydroxy-3-méthoxy phényl) décan-3-one est la plus

abondante dans ce constituant (Shariful *et al.*, 2015), Le gingérol, en présence de chaleur et de températures élevées, se transformera en shogaol (Bhattarai *et al.*, 2001).

Les shogaols sont les constituants majeurs du gingembre sec, (Allais, 2009). Ces composés phénoliques sont les formes déshydratées des gingérols, ils sont formés à partir du gingérol correspondant au cours du traitement thermique ou de stockage (figure 5) (Wohlmuth *et al.*, 2005). Les shogaols peuvent être convertis aux paradols par hydrogénation, tandis que les zingérones sont des produits de dégradation des [6]-gingérols (figure 6) (Haniadka *et al.*, 2013).

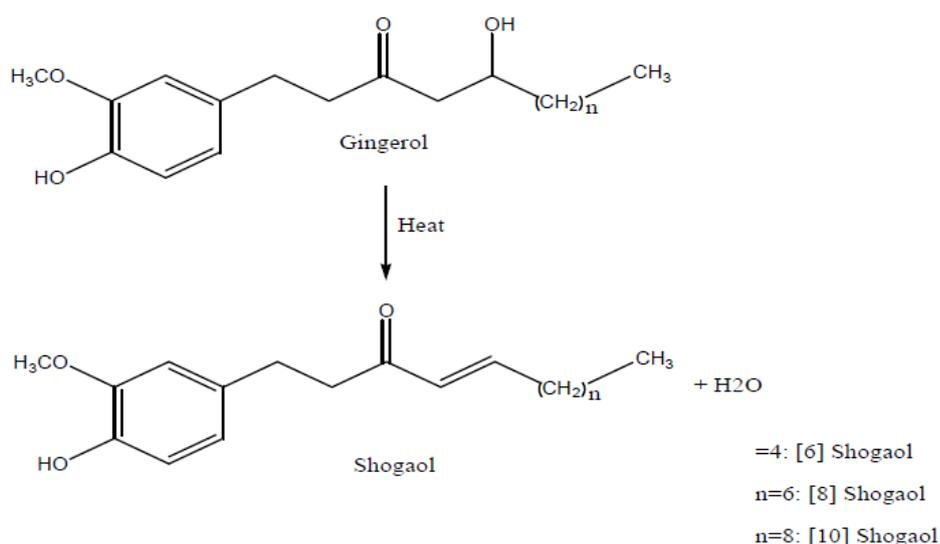


Figure 5 : Déshydratation des Gingérols en Shogaols à haute température (Dhanik *et al.*, 2017)

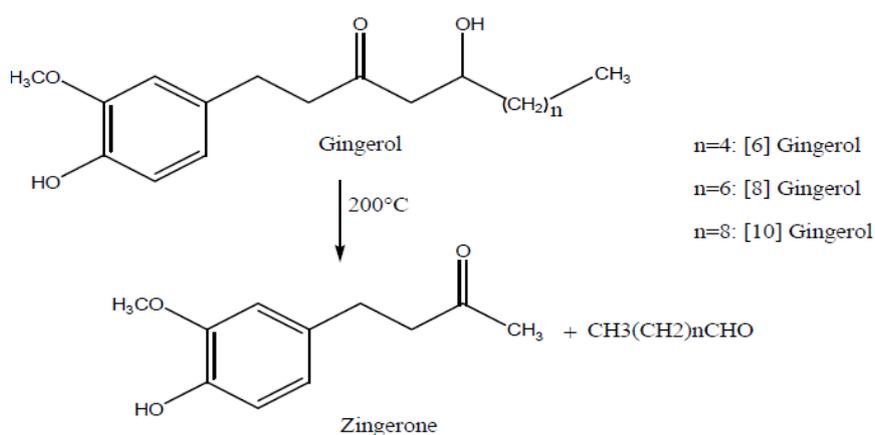


Figure 6 : Conversion de Gingerols en Zingerone et aldéhyde aliphatique à haute température (Dhanik *et al.*, 2017)

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

II.2. Huile essentielle

C'est un produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique sans chauffage (Bakkali *et al.*, 2008). L'huile essentielle produite par les rhizomes de *Zingiber officinale* est jaune pâle à ambre clair et peut être extrait avec des rendements allant d'environ 1,5% à 3,0 % selon la qualité de la récolte (Bellik, 2014).

Les principaux composés présents dans les HE sont les monoterpénoïdes les sesquiterpénoïdes (Yeh *et al.*, 2014). Les composés les plus abondants sont -zingiberène, responsable de la saveur et de l'arôme distinctifs, géranial, ar-curcumène, -bisabolène, -sesquiphellandrène et néral (figure 7) (Sharifi-Rad *et al.*, 2017).

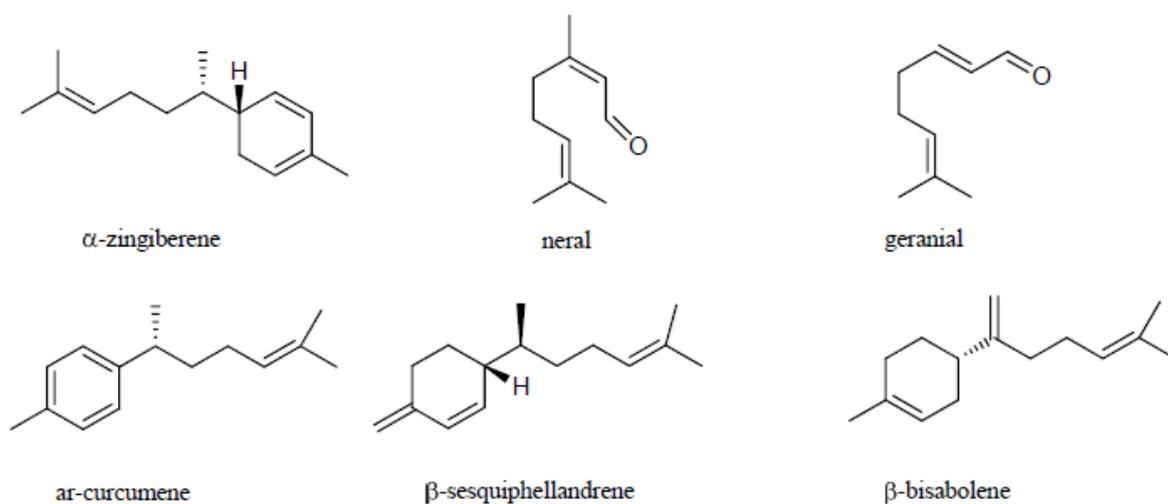


Figure 7 : Les structures chimiques des principaux composants de *Z. officinale* (Sharifi-Rad *et al.*, 2017)

Dans l'analyse des extraits des huiles essentielles de *Z. officinale* obtenus en utilisant différentes méthodes d'extraction, y compris les hydrodistillations, hydrodistillation assistée par micro-ondes, hydrodistillation micro-ondes sans solvant et une extraction par micro-ondes améliorée sans solvant avec trois types de milieu d'absorption de micro-ondes, les résultats ont montré que le -zingiberène est le composé le plus abondant trouvé dans tous les HE étudiés

allant de 17,4 à 25,4%, suivi par l'ar-curcumène (14,1–16,4%), -bisabolène (9,9–12,5%) et -sesquiphellandrène (9,7–13,4%) (**Wang et al., 2006**).

Sasidharan et Menon (2010), ont réalisé une comparaison de composition chimique par GC et GC-MS sur les HE de rhizomes frais et secs appartenant à *Z. officinale*. Les résultats montrent que le zingiberène est le composé principal des deux huiles de gingembre (28,6 et 30,9%, respectivement). L'HE de gingembre frais contient également du gèranial (8,5%), l'ar-curcumène (5,6%) et -bisabolène (5,8%), tandis que l'ar-curcumène (11%), -bisabolène (7,2%), -séquiphellandrène (6,6%) et germacrène-D (4,2%) sont présents dans l'HE de gingembre sec.



Chapitre III : Activités biologiques
du *Zingiber officinale*



III. Activités biologiques du *Zingiber officinale*

En dehors des utilisations culinaires, le *Zingiber officinale* et ses principaux composants sont connus pour avoir des propriétés médicinales bénéfiques. De nombreuses études précliniques ont confirmé leur intérêt dans le traitement de plusieurs maladies.

III.1. Activité anti-inflammatoire

L'inflammation est un mécanisme de défense et une réponse immunitaire importante qui permet au corps de maintenir l'homéostasie tissulaire dans des conditions néfastes. L'inflammation est la réponse protectrice locale des tissus à l'irritation, aux blessures ou aux allergies ou aux infections chimiques (Dhanik et al., 2017). Récemment, le gingembre (et certains de ses composants) s'est révélé efficace contre les cytokines synthétisées et sécrétées sur les sites d'inflammation et régule certaines voies biochimiques activées dans l'inflammation chronique (Grzanna et al., 2005).

En 2016, Luetig et ses collaborateurs ont étudié l'effet de la 6-Shogaol (6-SG) dans les modèles de cellules intestinales humaines sur le dysfonctionnement de la barrière lié à l'inflammation provoquée par la TNF- α . L'étude montre que la 6-SG a des effets protecteurs de barrière intestinale en empêchant à la fois l'augmentation induite par le TNF- α de l'expression protéique de la claudine-2, une protéine de jonction serrée formatrice de canaux, en inhibant la signalisation phosphatidylinositol-3-kinase (PI3K)/Akt, et le désassemblage induit par le TNF- α de la protéine de jonction serrée d'étanchéité claudine-1, ce dernier étant dû à la phosphorylation déclenchée par le TNF- α du facteur nucléaire kappa-light-chain-enhancer des cellules B activées (NF- κ B) (figure 8).

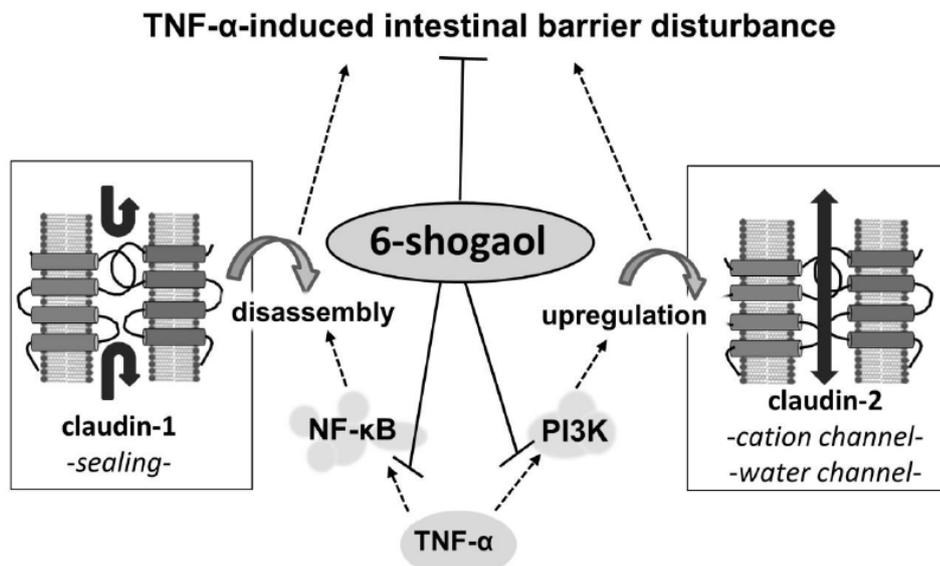


Figure 8 : Effet de 6-SG sur la claudine 1 et la claudine 2

Dans une autre recherche, **Abolaji et ses collaborateurs (2017)**, ont rapporté que la fraction riche en 6-gingérol de *Zingiber officinale* (6-GRF) possède de propriétés protectrices sur les dommages inflammatoires induits par le chlorpyrifos (CPF) dans le cerveau, les ovaires et l'utérus de rats. Les résultats ont montré que le 6-GRF protège contre les augmentations des marqueurs inflammatoires induites par le CPF du myéloperoxydase (MPO), monoxyde d'azote (NO) et facteur de nécrose tumorale- α (TNF- α).

La plupart des chercheurs pensent que l'exercice prolongé induit des réponses pro-inflammatoires systémiques et que les cytokines pro-inflammatoires, tel que le TNF- α , augmentent et restent élevées dans le plasma pendant au moins environ 2 heures. Ils ont en outre démontré que l'augmentation des taux circulants de TNF- α est positivement liée au taux d'infection. **Zehsaz et ses collaborateurs (2014)** dans le but d'étudier l'effet du gingembre sur les concentrations plasmatiques de l'IL-1 β , l'IL-6 et le TNF- α dans des coureurs d'endurance masculins, ils ont expérimenté l'effet de l'apport de poudre de gingembre sur des coureurs d'endurance de haut niveau qui ont effectué un volume d'entraînement pendant 12 semaines. Les résultats d'analyses des échantillons de sang prélevés ont montré que le traitement avec la poudre de gingembre a atténué l'élévation post-exercice de l'IL-1 β , l'IL-6 et TNF- α plasmatiques.

L'asthme se caractérise par une réaction inflammatoire chronique des voies respiratoires. Il est maintenant bien reconnu que l'asthme est causé par les réponses inflammatoires induites par Th2, ce qui améliore éosinophilie des voies aériennes et production de mucus dans les poumons. L'étude exécutée par **Ahui et ses collaborateurs (2008)**, apparait l'effet anti-inflammatoire de gingembre dans un modèle murin pertinent d'asthme et sensibilisé avec l'ovalbumine. Les injections intrapéritonéales de l'extrait aqueux de gingembre (Zo.Aq) ont entraîné une diminution marquée du recrutement d'éosinophiles dans les poumons, comme en témoignent les numérations cellulaires dans les fluides de lavage broncho-alvéolaire (BAL) et l'examen histologique. Ainsi, les niveaux d'IL-4, d'IL-5 et d'éotaxine dans les poumons ainsi que les titres d'IgE spécifiques dans le sérum ont été clairement diminués. Donc, c'est la preuve que le gingembre peut supprimer les réponses immunitaires médiées par Th2 et pourrait ainsi fournir une application thérapeutique possible dans l'asthme allergique.

Le gingérol et les principes composants du gingembre ont des effets inhibiteurs sur la biosynthèse des leucotriènes en suppression de la 5-lipoxygénase et des prostaglandines par inhibition de la cyclooxygénase-1 et de la cyclooxygénase-2. Les doubles inhibiteurs de la

cyclooxygénase et de la 5-lipoxygénase peuvent avoir un meilleur profil thérapeutique et avoir moins d'effets secondaires que les anti-inflammatoires non stéroïdiens (Grzanna et al., 2005).

III.2. Activité antioxydante

Il a été connu que la surproduction de radicaux libres, comme les espèces d'oxygène réactives (ROS), joue un rôle important dans le développement de beaucoup de maladies chroniques (Poprac et al., 2017) et que l'activité antioxydante des extraits végétaux contenant des composants polyphénols est due à leur capacité à être donneurs d'atomes d'hydrogène ou d'électrons et à capter les radicaux libres. Récemment, plusieurs études ont montré que le gingembre aussi a une haute activité antioxydante (Abolaji et al., 2017) (Li et al., 2016).

L'activité antioxydante de l'extrait méthanolique de *Zingiber officinale* a été déterminée par un dosage de puissance réductrice, un dosage d'activité de piégeage des anions superoxyde, un dosage d'activité de piégeage des radicaux hydroxyle, un dosage d'activité de piégeage de l'oxyde nitrique, un dosage de piégeage des radicaux libres DPPH et la méthode du peroxyde d'hydrogène. L'extrait a montré des activités significatives dans tous les dosages d'antioxydants par rapport à l'antioxydant standard l'acide ascorbique. Le piégeage des espèces réactives de l'oxygène (ROS) peut être attribué à la quantité élevée de composés phénoliques hydrophiles. (Amir et al., 2011).

En 2014, Bellik a comparé les activités antioxydantes *in vitro* de l'huile essentielle et de l'oléorésine de *Zingiber officinale Roscoe* sachant que l'activité antioxydante a été évaluée sur la base de la capacité des extraits de gingembre à piéger les radicaux libres ABTS. Les extraits de gingembre ont exercé une activité antioxydante significative et un effet dose-dépendant. En général, l'oléorésine a montré une activité antioxydante plus élevée par rapport à l'huile essentielle.

Selon Singh et ses collaborateurs (2008), différents extraits d'huile essentielle et d'oléorésines (éthanol, méthanol et isooctane) de *Zingiber officinale* ont été obtenus respectivement par hydrodistillation et Soxhlet et soumis à une analyse GC-MS, afin d'évaluer leur activité antioxydante contre l'huile de moutarde par des méthodes de piégeage des radicaux peroxyde, anisidine, acide thiobarbiturique (TBA), thiocyanate ferrique (FTC) et 2,20-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH). Les résultats ont montré que ces extraits sont de meilleurs antioxydants que l'hydroxyanisolebutylé (BHA).

Dans l'opération d'élucider la composition chimique et le potentiel antioxydant d'une huile essentielle de rhizomes de gingembre d'Équateur *in vivo* sur *Saccharomyces cerevisiae*, les résultats ont démontré une augmentation dose-dépendante significative des enzymes marqueurs antioxydants, la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT) et la glutathion peroxydase (GPx), bloquant les processus d'oxydation dans les cellules de levure. De plus, l'huile essentielle de gingembre à des concentrations de 1,6 mg/ml augmente la viabilité des cellules au stress oxydatif induit par H₂O₂ (Höferl et al., 2015).

La radiothérapie utilisée comme l'une des stratégies thérapeutiques les plus importantes pour la malignité humaine peut également endommager les cellules et les tissus normaux entourant la tumeur. Outre les dommages directs dus aux rayonnements, la plupart des rayonnements ionisants (IR) induits les blessures ont été causées par la génération d'espèces réactives de l'oxygène (ROS). L'étude de Ji et ses collaborateurs (2017) vise à démontrer si l'oléorésine de gingembre atténue les lésions induites par l'IR dans les cellules souches mésenchymateuses humaines (hMSCs). Cette étude a démontré que l'oléorésine peut réduire considérablement la cytotoxicité induite par l'IR, la génération de ROS et les ruptures de brins d'ADN.

Hosseinzadeh et ses collaborateurs (2017) ont étudié les effets protecteurs du gingembre (*Zingiber officinale Roscoe*) sur le stress oxydatif médié par l'IL-1 β et l'apoptose mitochondriale chez les chondrocytes humains C28I2. Aucune cytotoxicité n'a été observée à aucune concentration de l'extrait de gingembre dans les cellules C28I2. Le prétraitement à l'extrait de gingembre a remarquablement augmenté l'expression génique des enzymes antioxydantes et réduit l'élévation induite par l'IL1 β des ROS, peroxydation lipidique, le rapport Bax/Bcl-2 et l'activité caspase-3 dans les mitochondries qui en résultent l'apoptose comme mécanismes majeurs dans les chondrocytes. Donc le gingembre peut être considéré comme un produit naturel pour prévenir la destruction du cartilage induite par l'arthrose en milieu clinique.

Dugasani et ses collaborateurs (2010) ont également évalué les activités *in vitro* du [6]-gingérol, [8]-gingérol, [10]-gingérol et le [6]-shogaol pour le piégeage du 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH), superoxyde et radicaux hydroxyle ainsi que l'inhibition la production de ROS induite par la N-formyl-méthionyl-leucyl-phénylalanine (f-MLP) dans les cellules polymorphonucléaires (PMN) humaines. Par conséquent, le piégeage direct des radicaux libres par les principes actifs majeurs du gingembre pourrait jouer un rôle dans les propriétés antioxydantes connues du gingembre.

La mélanine joue un rôle important dans la protection de la peau contre les dommages causés par la lumière ultraviolette, et est responsable de couleur de peau. Cependant, la surproduction et l'accumulation de mélanine entraîne plusieurs troubles cutanés. La tyrosinase est l'enzyme clé dans les deux premières étapes de biosynthèse de la mélanine, les inhibiteurs de la génération de ROS peuvent réguler négativement la mélanogenèse induite par les UV. Dans le cadre d'étude l'effet inhibiteur sur la mélanogenèse dans les cellules de mélanome murin B16F10, **Huang et al. (2011)** ont étudié l'effet antioxydant du [6]-gingérol. Au-delà de la suppression de l'activité de la tyrosinase et de la diminution de la quantité de mélanine, le [6]-gingérol a diminué le niveau d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) intracellulaires de manière dose-dépendante.

III.3. Activité antidiabétique

Le diabète est un trouble métabolique et problème de santé majeur dans le monde. Il est causé par une anomalie du métabolisme des glucides qui est liée à un faible taux d'insuline dans le sang ou à une insensibilité des organes cibles à l'insuline (**Maiti et al., 2004**).

Akhani et ses collaborateurs (2004) ont étudié l'effet de traitement de 6 semaines avec le jus de *Z. officinale* sur la glycémie et d'autres paramètres biochimiques chez les rats diabétiques de type I induit par la streptozotocine (STZ). Les résultats du traitement avec *Z. officinale* produit une augmentation des niveaux d'insuline et une diminution de la glycémie à jeun chez les rats diabétiques, ainsi une diminution du cholestérol sérique, des triglycérides sériques et du sang.

D'ailleurs, l'expérience de **Singh et ses collaborateurs (2009)** suggère que le [6]-gingérol présente un potentiel significatif comme agent pour le traitement du diabète de type 2, où le traitement des souris avec du [6]-gingérol pendant 12 jours significativement réduit la glycémie à jeun et améliore la tolérance au glucose chez les souris diabétiques.

Samad et ses collaborateurs (2017) ont utilisé le modèle des souris diabétiques de type 2 qui ont reçu par voie orale une dose quotidienne de [6]-gingérol pendant 28 jours pour étudier les mécanismes par lesquels le [6]-gingérol améliore l'hypoglycémie. Ils ont évalué les taux plasmatiques de différentes hormones endocrines à jeun et nourris, les niveaux de GLP-1 à l'aide d'approches pharmacologiques, et la voie AMPc/PKA pour la sécrétion d'insuline par RT-qPCR et ELISA dans des îlots pancréatiques isolés ; le muscle squelettique total et ses fractions membranaires ont été utilisés pour mesurer le niveau de glycogène synthase 1 et les niveaux de protéines. Les résultats ont montré qu'un traitement de 4 semaines au [6]-gingérol a considérablement augmenté la sécrétion d'insuline stimulée par le glucose et amélioré la

tolérance au glucose. Le GLP-1 plasmatique s'est avéré significativement élevé chez les souris traitées. Les taux de l'AMPc et la PKA dans les îlots pancréatiques ont élevé, qui sont des composants essentiels de la voie de sécrétion d'insuline médiée par le GLP-1. Le traitement au [6]-gingérol a amélioré ainsi le stockage du glycogène squelettique en augmentant l'activité de la glycogène synthase 1 et a régulé positivement l'expression de la Rab27a GTPase et de sa protéine effectrice Slp4-a dans des îlots isolés, ce qui régule l'exocytose des granules à noyau dense contenant de l'insuline.

Un autre essai clinique a été mené sur des patients âgés de 20 à 60 ans atteints de diabète de type 2 qui n'ont pas reçu d'insuline pour étudier les effets de *Zingiber officinale* sur les marqueurs glycémiques, capacité totale antioxydante (TAC) et paraoxonase-1 (PON-1) au début et à la fin de l'étude, et après 12 h de jeûne. Les participants ont reçu 3 g de gingembre en poudre par jour pendant 3 mois. Ce rapport montre que les 3 mois d'apport du gingembre a amélioré les indices glycémiques, le TAC et Activité PON-1 chez les patients diabétiques de type 2 (Shidfar et al., 2015).

Pour l'objectifs d'évaluer les effets d'une supplémentation en extraits de *Zingiber officinale* sur le profil métabolique des 10 patients diabétiques de type 2 ayant une HbA1c de 6 % à 8 %, une intervention a consisté en l'ajout durant 6 semaines de 1,196 g d'extraits aqueux de gingembre par jour à leur traitement habituel. Le critère de jugement primaire était la variation de la sensibilité à l'insuline. Les résultats ont noté une hypoglycémie légère chez les patients, les fonctions hépatiques et rénales étaient normales avant et après intervention. Ce qui confirme que le gingembre a des effets bénéfiques sur la sensibilité à l'insuline et les profils glycémiques et lipidiques et qu'il pourrait être considéré comme un complément utile dans la prise en charge du diabète de type 2 (Ekoume, 2018).

La résistance à l'insuline est l'un des premiers signes du développement du diabète de type 2. L'absorption du glucose se fait principalement par le transporteur de glucose 4 (GLUT4), qui est modulé par la signalisation de l'insuline ou la voie alternative via l'activation de la protéine kinase activée par l'AMP (AMPK). L'activation de l'AMPK entraîne une augmentation de l'absorption du glucose et de l'afflux d'acides gras dans les cellules. **Li et ses collaborateurs (2014)** ont examiné l'effet préventif d'un extrait à l'éthanol de *Zingiber officinale* sur la résistance à l'insuline dans un modèle de rat nourri à haute teneur en graisses et en glucides (HFHC). Les rats témoins ont présenté une résistance à l'insuline sévère, tandis que les rats traités avec de l'extrait de gingembre pendant l'alimentation du régime HFHC ont montré une amélioration significative de la sensibilité à l'insuline en utilisant le modèle homéostatique

d'évaluation de la résistance à l'insuline (HOMA-IR) après 10 semaines. Le [6]-gingérol a augmenté de manière dose-dépendante la phosphorylation de la sous-unité α de l'AMPK. Ces résultats suggèrent que la protection contre la résistance à l'insuline induite par le régime HFHC par le gingembre est probablement associée à l'augmentation de la capacité du métabolisme énergétique par son principal composant actif [6]-gingérol.

Les patients diabétiques présentent des troubles lipidiques, notamment une hypercholestérolémie, qui peuvent être un facteur de risque élevé d'athérosclérose. C'est pour cela **Azizidoost et ses collaborateurs (2019)** ont étudié l'effet du gingembre sur la régulation cérébrale de l'hydroxyméthylglutaryl-CoA réductase (HMG-CoA réductase) et de la cholestérol 24-hydroxylase (CYP46A1), qui fournit un modèle rationnel pour comprendre les mécanismes de dyslipidémie cérébrale associés au diabète. Ils ont isolé et traité un groupe des cerveaux de rats par des extraits hydroalcooliques de gingembre pendant huit semaines, les taux de HMG-CoA réductase et de CYP46A1 dans les homogénats cérébraux ont été déterminés par la technique de western-blot. Les résultats ont montré la diminution significative de l'HMG-CoA réductase et une augmentation des taux de CYP46A1 dans les groupes diabétiques traités, ce qui ont démontré que l'extrait de gingembre a un effet régulateur sur les protéines impliquées dans l'homéostasie du cholestérol dans le système cerveau centrale par une régulation significative à la baisse et à la hausse des niveaux de HMG-CoA réductase et de CYP46A1, respectivement. Il peut être suggéré que l'ajout de gingembre à l'alimentation quotidienne des patients diabétiques a des effets utiles et peut améliorer les complications du diabète.

III.4. Activité antimicrobienne

La résistance aux antimicrobiens est devenue l'un des principaux problèmes de santé publique du 21^e siècle qui menace la prévention et le traitement efficaces d'une gamme toujours croissante d'infections causées par des bactéries, des virus et des champignons qui ne sont plus sensibles aux médicaments couramment utilisés pour les traiter (**Prestinaci et al., 2015**). Les herbes et épices ont offert une excellente, importante et utile source d'agents antimicrobiens contre de nombreuses infections (**Awan et al., 2017**).

Akroum (2021) a évalué l'activité des extraits éthanoliques et méthanoliques de *Zingiber officinale* sur *Candida albicans*, *Candida glabrata*, *Candida tropicalis*, *Candida krusei* et *Streptococcus pneumoniae* pour identifier les extraits végétaux qui pourraient être utilisés comme nouveaux traitements en cas de candidoses et d'infections à *Streptococcus pneumoniae*. L'activité antimicrobienne fut d'abord mesurée *in vitro*, puis *in vivo* sur des souris et des rats.

Les résultats montrèrent que les deux extraits furent les plus efficaces sur tous les micro-organismes testés, L'activité antimicrobienne *in vivo* précisa que l'extrait éthanolique de *Zingiber officinale* fut le plus efficace que le fluconazole et l'amoxicilline sur *Candida albicans*, *Candida krusei* et *Streptococcus pneumoniae*.

L'extrait éthanolique de gingembre (*Zingiber officinale*) comme bain de bouche potentiel a été utilisé pour évaluer son effet anti-fongique contre les espèces de *Candida* à l'aide de la méthode de microdilution et le biofilm a été évalué à l'aide de la méthode de coloration au cristal violet et de coloration mort/vivant. Les résultats indiquent que l'extrait de gingembre a une bonne formation antifongique et antibiofilm par les champignons contre *C. albicans* et *C. Krusei*. (Aghazadeh et al., 2016).

Pour trouver un agent facilement disponible pour gérer l'infection par le virus respiratoire syncytial humain (HRSV), **Chang et ses collaborateurs (2013)** ont testé l'hypothèse selon laquelle le *Zingiber officinale* peut réduire efficacement la formation de plaques induite par le HRSV dans les lignées cellulaires de la muqueuse respiratoire. L'effet d'extraits d'eau chaude de gingembre frais et séché sur le HRSV a été testé par un essai de réduction de plaque dans des lignées cellulaires des voies respiratoires supérieures (HEp-2) et inférieures (A549) humaines. La capacité du gingembre à stimuler les cytokines antivirales a été évaluée par dosage immuno-enzymatique (ELISA). Les résultats montrent que le gingembre frais a inhibé de manière dose-dépendante la formation de plaques induite par le HRSV dans les deux lignées cellulaires. En revanche, le gingembre séché n'a montré aucune inhibition dose-dépendante. Le gingembre frais était plus efficace lorsqu'il était administré avant l'inoculation virale et pourraient réduire la formation de plaque induite par le HRSV sur l'épithélium des voies respiratoires en stimulant les cellules muqueuses à sécréter IFN- β qui est responsable de la lutte contre les virus et donc bloque l'attachement et l'internalisation virales.

Dans une étude qui évalue l'effet de l'extrait brut et de la fraction méthanolique de *Z. officinale* contre les propriétés de virulence de *Streptococcus mutans*, **Hasan et ses collaborateurs (2015)** ont étudié l'activité *in vitro* et *in vivo* de l'extrait à des niveaux inférieurs à la CMI contre les propriétés cariogènes de *S. mutans* sur les rats. Ils ont constaté que ces extraits inhibaient fortement la formation de biofilm chez *S. mutans*, ainsi la synthèse et l'adhérence des glucanes, qui sont des propriétés de virulence essentielles pour sa pathogénèse. L'ensemble de l'étude conclut à un rôle prospectif de l'extrait brut et de la fraction méthanolique de *Z. officinale* dans le ciblage d'un éventail complet de propriétés cariogènes de

S. mutans, réduisant ainsi sa pathogénèse. Par conséquent, il peut être fortement proposé comme agent anti-cariogène putatif.

L'activité antifongique de l'huile essentielle de gingembre (GEO ; *Zingiber officinale* Roscoe) a été évaluée contre *Fusarium verticillioides*. La concentration minimale inhibitrice (CMI) de GEO a été déterminée par dilution en micro-bouillon. L'étude *in vitro* a découvert que l'huile essentielle de GEO a efficacement réprimé la croissance de *Fusarium verticillioides* en réduisant la biosynthèse de l'ergostérol et en altérant l'intégrité de la membrane (**Yamamoto-Ribeiro et al., 2013**).

Une étude a été réalisée pour analyser une huile essentielle de rhizomes frais de *Z. officinale* et pour évaluer son activité antimicrobienne. Les rhizomes frais ont été hydrodistillés pour obtenir l'huile essentielle qui a été analysée par les techniques GC et GC-MS et évaluée par la méthode de diffusion sur disque. Les résultats montrent que l'huile essentielle contenait principalement un grand nombre de sesquiterpènes et de monoterpènes et présentait une activité antimicrobienne significative contre *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* et *Aspergillus niger* (**Kumar Sharma et al., 2016**).

Dans l'étude de **Bellik (2014)**, l'activité antimicrobienne a été étudiée par la méthode de diffusion sur disque et la concentration minimale inhibitrice a été déterminée en utilisant la méthode d'incorporation d'agar. Les composés du gingembre étaient plus efficaces contre *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* et *Staphylococcus aureus*, et moins efficaces contre *Bacillus cereus*. Ainsi, *Penicillium spp.* était plus sensible aux extraits de gingembre que *Aspergillus niger*. De plus, les extraits étudiés ont montré une activité antifongique importante contre *Candida albicans*. Cette étude confirme la large application de l'oléorésine et de l'huile essentielle de gingembre dans le traitement de nombreuses maladies bactériennes et fongiques.

III.5. Activité anticancéreuse

Le cancer est un terme qui fait référence à un large éventail de maladies qui peuvent affecter n'importe quelle zone du corps. Une de ses caractéristiques est la croissance rapide de cellules aberrantes, qui peuvent émigrer à d'autres organes, en produisant ce qui est connu comme une métastase. Le cancer est l'une des principales causes de mort dans le monde, en représentant environ 10 millions de morts d'ici à 2020 (**Cancer, 2021**).

Une étude réalisée par **Lee et ses collaborateurs (2008)** pour élucider si le 6-gingérol affecte la tumorigenèse colorectale humaine. Ils ont examiné si le 6-gingérol influence l'expression de la cycline D1 et NAG-1 et déterminé les mécanismes par lesquels le 6-gingérol affecte la croissance des cellules cancéreuses colorectales humaines *in vitro*. Les résultats suggèrent que le 6-gingérol stimule l'apoptose par régulation positive de NAG-1 (une cytokine associée à des propriétés pro-apoptotiques et anti-tumorigènes) et la réduction de l'expression de la cycline D1, tous en affectants les voies PKC et b-caténine. Ces résultats impliquent que l'activité anticancéreuse du 6-gingérol est médiée par de multiples mécanismes dans les cellules cancéreuses colorectales.

Pour estimer les effets du gingembre sur l'apoptose, la prolifération et la différenciation dans la muqueuse colique d'apparence normale, **Citronberg et ses collaborateurs (2013)** ont randomisé 20 personnes présentant un risque accru de cancer colorectal à 2,0 g de gingembre par jour pendant 28 jours dans un essai pilote. L'expression globale et les distributions d'un marqueur de différenciation cellulaire (p21waf1/cip1), 2 marqueurs d'apoptose (Bax et Bcl-2, qui, respectivement, favorisent et inhibent l'apoptose) et 2 marqueurs de la prolifération cellulaire (l'épitope MIB-1 et hTERT) dans les cryptes colorectales dans les biopsies de la muqueuse rectale ont été mesurées à l'aide d'une immunohistochimie automatisée et d'une analyse d'image quantitative. Dans le groupe testé de gingembre, il y avait une augmentation de l'expression de Bax, une diminution de l'expression de hTERT et de MIB-1. Alors que l'expression de p21 et Bcl-2 est restée relativement inchangée. Ces résultats d'étude pilote suggèrent que le gingembre peut réduire la prolifération dans l'épithélium colorectal d'apparence normale et augmenter l'apoptose et la différenciation.

Le but de l'étude de **Liu et ses collaborateurs (2017)** était d'étudier les propriétés anticancéreuses des composés phytochimiques du gingembre dans les cellules cancéreuses de la prostate humaine résistantes au docétaxel *in vitro*. Ils ont isolé le 6-gingérol, le 10-gingérol, le 4-shogaol, le 6-shogaol, le 10-shogaol et la 6-déshydrogingerdione du gingembre. En outre, l'activité antiprolifération de ces composés a été examinée dans des lignées cellulaires de cancer de la prostate humaine résistantes au docétaxel (PC3R) et sensibles (PC3). L'expression protéique de la protéine associée à la multirésistance aux médicaments 1 (MRP1) et de la glutathion-S-transférase (GST π) est plus élevée dans PC3R que dans PC3. Le 6-gingérol, le 10-gingérol, le 6-shogaol et le 10-shogaol à la concentration de 100 μ m ont significativement inhibé la prolifération dans PC3R mais le 6-gingérol, le 6-shogaol et le 10-shogaol ont montré une activité similaire dans PC3. En résumé, ces résultats ont montré que le 6-gingérol, le 10-

gingérol, le 6-shogaol et le 10-shogaol inhibent la prolifération des cellules PC3R par la régulation négative de l'expression des protéines MRP1 et GST π .

Akimoto et ses collaborateurs (2015) ont démontré que les extraits à l'éthanol du gingembre supprimaient la progression du cycle cellulaire et induisaient par conséquent la mort de lignées cellulaires de cancer du pancréas humain, y compris les cellules Panc-1. Le mécanisme sous-jacent impliquait l'autose, une forme récemment caractérisée de mort cellulaire, mais pas l'apoptose ou la nécroptose. L'extrait a nettement activé l'AMPK, un régulateur positif de l'autophagie, et inhibé mTOR, un régulateur négatif de l'autophagie. Morphologiquement, cependant, une rupture focale de la membrane, un rétrécissement nucléaire, un gonflement focal de l'espace périnucléaire et des mitochondries denses en électrons, qui sont des caractéristiques morphologiques uniques de l'autose, ont été observés. L'extrait a amélioré la génération d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) et l'antioxydant N-acétylcystéine a atténué la mort cellulaire. Cette étude a révélé que l'administration intrapéritonéale quotidienne de l'extrait prolongeait significativement la survie dans un modèle de dissémination péritonéale et supprimait la croissance tumorale dans un modèle orthotopique de cancer du pancréas sans effets indésirables graves. Ensemble, ces résultats montrent que l'extrait de gingembre a une puissante activité anticancéreuse contre les cellules cancéreuses du pancréas en induisant une autose médiée par les ROS.

Dans l'étude de **Saha et ses collaborateurs (2014)**, l'effet du 6-SH sur la croissance des cellules cancéreuses de la prostate a été étudié. Le 6-SH a efficacement réduit la survie et induit l'apoptose des cellules cancéreuses de la prostate cultivées humaines (LNCaP, DU145 et PC3) et de souris (HMVP2). Des études mécanistiques ont révélé que le 6-SH réduisait l'activation de STAT3 induite par l'interleukine (IL)-6 et inhibait l'activité NF- κ B induite par le TNF- α . Le 6-SH était plus efficace que deux autres composés trouvés dans le gingembre, le 6-gingérol et le 6-paradol pour réduire la survie des cellules cancéreuses de la prostate et réduire la signalisation STAT3 et NF- κ B. Le 6-SH a également montré une activité inhibitrice de croissance tumorale significative dans un modèle d'allogreffe utilisant des cellules HMVP2. Dans l'ensemble, les résultats actuels suggèrent que le 6-SH pourrait avoir un potentiel en tant qu'agent chimiopréventif et/ou thérapeutique pour le cancer de la prostate.

L'effet du gingembre (*Zingiber officinale*) et ses principaux composants sur la croissance cellulaire a été déterminé dans un panel de lignées cellulaires épithéliales de cancer de l'ovaire. L'activation de NF- κ B et la production de VEGF et d'IL-8 ont été déterminées en présence ou en l'absence de gingembre. Le traitement au gingembre de cellules de cancer de l'ovaire

cultivées a induit une inhibition de la croissance profonde dans toutes les lignées cellulaires testées, une inhibition de l'activation de NF-kB ainsi qu'une diminution de la sécrétion de VEGF et d'IL-8. Comme conclusion, Le gingembre inhibe la croissance et module la sécrétion de facteurs angiogéniques dans les cellules cancéreuses de l'ovaire et leur utilisation peut avoir un potentiel dans le traitement et la prévention du cancer de l'ovaire (**Rhode et al., 2007**).

III.6. Protection cardiovasculaire

Les maladies cardiovasculaires (MCV) sont la principale cause de mort dans le monde, en représentant environ 17,9 millions de morts par an. Les MCV sont un groupe de problèmes de vaisseaux sanguins et de cœur, qui inclut des maladies coronaires, cardiovasculaires, les problèmes cardiaques rhumatisants et d'autres affections (**Cardiovascular diseases (CVDs), 2021**). Des études expérimentales ont montré que la dyslipidémie et l'hypertension sont les principaux facteurs à risque pour ces troubles (**Akinyemi et al., 2015**).

L'étude de **Akinyemi et ses collaborateurs (2015)** a évalué les effets des rhizomes de gingembre (*Zingiber officinale*) sur l'enzyme de conversion de l'angiotensine 1 (ACE) et les activités de l'arginase chez des rats hypertendus. Après 14 jours de pré-traitement avec un régime supplémenté de gingembre, les animaux ont été induits par une hypertension par administration orale de chlorhydrate d'ester méthylique de N ω -nitro-L-arginine (LNAME). Les résultats ont révélé une augmentation significative des activités de l'ACE et de l'arginase chez les rats hypertendus par rapport au contrôle. Cependant, le prétraitement avec les rhizomes a respectivement provoqué une diminution significative des activités de l'ACE et de l'arginase avec une augmentation concomitante du taux d'oxyde nitrique (NO), une molécule vasodilatatrice bien connue. Ces activités pourraient renforcer davantage leurs avantages antihypertenseurs.

Les résultats de l'étude de **Khosravani et ses collaborateurs (2016)** sur des rats reçus d'extrait liquide de *Zingiber officinale* par gavage et d'un programme d'exercice de 3 séances par semaine sur 3 jours différents pendant 4 semaines, suggèrent que la combinaison d'exercices aérobies et de consommation d'extrait de *Zingiber officinale* a considérablement réduit le niveau de triglycéride (TG), les concentrations de cholestérol total (TC) et de LDL et a augmenté significativement des niveaux de HDL, ce qui réduira le risque de maladies cardiovasculaires causées par les régimes riches en graisses.

Wang et ses collaborateurs (2016) ont examiné le taux de prévalence des maladies chroniques (hypertension, maladie coronarienne), ainsi que la consommation quotidienne de

gingembre (*Zingiber officinale*) dans une vaste étude transversale sur 4628 participants âgés de 18 à 77 ans pour évaluer la consommation quotidienne de gingembre et explorer sa corrélation avec les maladies chroniques chez les adultes. Dans l'ensemble, la consommation quotidienne de gingembre était associée à une diminution du risque d'hypertension et de maladie coronarienne chez les adultes plus de 18 ans. Les différences ont également été observées chez les adultes de plus de 40 ans. Encore une fois, la probabilité de maladie (hypertension ou maladie coronarienne) diminuait en conséquence lorsque le niveau de consommation quotidienne de gingembre augmentait. Ces données indiquent que le gingembre a une propriété préventive potentielle contre certaines maladies chroniques, en particulier l'hypertension et les maladies coronariennes ainsi que sa capacité à réduire la probabilité de maladie.

Les effets de la poudre de gingembre séchée à l'air ont été étudiés sur l'athérosclérose induite expérimentalement chez des lapins nourris avec du cholestérol. L'alimentation en cholestérol pendant 75 jours a conduit à un développement distinct d'athérome dans l'aorte et les artères coronaires des lapins et cela a été significativement inhibé d'environ 50 % après l'administration de gingembre. Il y avait aussi une nette diminution de la peroxydation lipidique. Cette protection distincte contre le développement de l'athérosclérose par le gingembre est probablement due à ses propriétés de piégeage des radicaux libres (Verma et al., 2004).

D'après Wu et ses collaborateurs (2018), les effets relaxants de l'extrait brut de gingembre (GCE) ont été déterminés sur les artères coronaires porcines. Le test de piégeage des radicaux DPPH et d'autres tests ont été utilisés pour détecter individuellement le test antioxydant de l'extraction du gingembre ou de l'anion superoxyde produit par les cellules endothéliales et la signalisation moléculaire. Les résultats ont indiqué que la GCE induit la relaxation des artères coronaires porcines d'une manière dépendante de l'endothélium. Le GCE a augmenté la vasoprotection via la suppression de l'oxyde nitrique synthase et de la cyclooxygénase. De plus, le GCE possédait une capacité antioxydante. Dans l'ensemble, la présente étude a démontré que le GCE exerce des effets vasoprotecteurs marqués et des activités de piégeage des radicaux libres dans les artères coronaires porcines.

En plus, l'étude chimique des fractions bioactives des rhizomes de *Zingiber officinale* a permis l'évaluation de leur anti-agrégation plaquettaire et de leurs bioactivités vasorelaxantes. Parmi les composés testés, le [6]-gingérol et le [6]-shogaol ont présenté une puissante bioactivité anti-agrégation plaquettaire. De plus, le [10]-gingérol a inhibé les contractions dépendantes du Ca² en milieu riche en K⁺ (Liao et al., 2012).



Conclusion



Conclusion

Conclusion

Les herbes et les épices, qui font partie intégrante de l'alimentation humaine, sont utilisées depuis des milliers d'années pour rehausser la saveur, la couleur et l'arôme des aliments, ainsi pour ses valeurs médicinales.

Zingiber officinale, appartenant à la famille des Zingiberaceae est l'une des plantes les plus importantes avec plusieurs valeurs médicinales, nutritionnelles et ethnométriques par conséquent, largement utilisé dans le monde entier comme épice, agent aromatisant et remède à base de plantes. *Z. officinale* est considéré comme une plante sûre avec des effets indésirables non significatifs.

Les rhizomes de *Zingiber officinale* contiennent divers composés bioactifs, tels que le gingérol, le shogaol et le paradol, ainsi que la quercétine, le zingerone, et le zingiberene, et possèdent de multiples activités, telles que antioxydantes, anti-inflammatoires, et propriétés antimicrobiennes. De plus, le gingembre pourrait être disponible pour la gestion et la prévention de plusieurs maladies tels que le cancer, les maladies cardiovasculaires, le diabète, nausées, vomissements et troubles respiratoires.

Cette plante a le potentiel d'être développée pour la future phytomédecine, mais elle nécessite des explorations supplémentaires, en particulier l'efficacité et la sécurité du risque d'effets secondaires, notamment sa consommation dans une longue période.



Références bibliographiques



Références bibliographiques

-A-

- Abolaji, A. O., Ojo, M., Afolabi, T. T., Arowoogun, M. D., Nwawolor, D., & Farombi, E. O. (2017).** Protective properties of 6-gingerol-rich fraction from *Zingiber officinale* (Ginger) on chlorpyrifos-induced oxidative damage and inflammation in the brain, ovary and uterus of rats. *Chemico-Biological Interactions*, *270*, 15-23. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2017.03.017>
- Aghazadeh, M., ZahediBialvaei, A., Aghazadeh, M., Kabiri, F., Saliyani, N., Yousefi, M., Eslami, H., & SamadiKafil, H. (2016).** Survey of the Antibiofilm and Antimicrobial Effects of *Zingiber officinale* (in Vitro Study). *Jundishapur Journal of Microbiology*, *9*(2). <https://doi.org/10.5812/jjm.30167>
- Ahui, M. L. B., Champy, P., Ramadan, A., Pham Van, L., Araujo, L., Brou André, K., Diem, S., Damotte, D., Kati-Coulibaly, S., Offoumou, M. A., Dy, M., Thieblemont, N., & Herbelin, A. (2008).** Ginger prevents Th2-mediated immune responses in a mouse model of airway inflammation. *International Immunopharmacology*, *8*(12), 1626-1632. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2008.07.009>
- Akhani, S. P., Vishwakarma, S. L., & Goyal, R. K. (2004).** Anti-diabetic activity of *Zingiber officinale* in streptozotocin-induced type I diabetic rats†. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, *56*(1), 101-105. <https://doi.org/10.1211/0022357022403>
- Akimoto, M., Iizuka, M., Kanematsu, R., Yoshida, M., & Takenaga, K. (2015).** Anticancer Effect of Ginger Extract against Pancreatic Cancer Cells Mainly through Reactive Oxygen Species-Mediated Autotic Cell Death. *PLOS ONE*, *10*(5), e0126605. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126605>
- Akinyemi, A. J., Thome, G. R., Morsch, V. M., Stefanello, N., Goularte, J. F., Belló-Klein, A., Oboh, G., & Schetinger, M. R. C. (2015).** Effect of dietary supplementation of ginger and turmeric rhizomes on angiotensin-1 converting enzyme (ACE) and arginase activities in L-NAME induced hypertensive rats. *Journal of Functional Foods*, *17*, 792-801. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.011>
- Akroum, S. (2021).** Activité antimicrobienne des extraits de *Rosmarinus officinalis* et *Zingiber officinale* sur les espèces du genre *Candida* et sur *Streptococcus pneumoniae*. *Annales Pharmaceutiques Françaises*, *79*(1), 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.pharma.2020.06.003>
- Aleem, M., Khan, M. I., Shakshaz, F. A., Akbari, N., & Anwar, D. (2020).** Botany, phytochemistry and antimicrobial activity of ginger (*Zingiber officinale*) : A review. *International Journal of Herbal Medicine*, *8*(6), 36-49. <https://doi.org/10.22271/flora.2020.v8.i6a.705>
- 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 and Chemical Toxicology*, *46*(2), 409-420. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.085>
- Allais, D. (2009).** Le gingembre. *Actualités Pharmaceutiques*, *48*(483), 53-54. [https://doi.org/10.1016/s0515-3700\(09\)70339-8](https://doi.org/10.1016/s0515-3700(09)70339-8)

Références bibliographiques

- Amir, M., Khan, A., Mujeeb, M., Ahmad, A., Usmani, S., & Akhtar, M. (2011).** Phytochemical Analysis and in vitro Antioxidant Activity of Zingiber officinale. *Free Radicals and Antioxidants*, *1*(4), 75-81. <https://doi.org/10.5530/ax.2011.4.12>
- Anasori, P., & Asghari, G. (2008).** Effects of light and differentiation on gingerol and zingiberene production in cultured cells of Zingiber officinale. *Planta Medica*, *75*(09). <https://doi.org/10.1055/s-0029-1234839>
- Awan, U. A., Ali, S., Shahnawaz, A. M., Shafique, I., Zafar, A., Khan, M. A. R., Ghous, T., Saleem, A., & Andleeb, S. (2017).** Biological activities of Allium sativum and Zingiber officinale extracts on clinically important bacterial pathogens, their phytochemical and FT-IR spectroscopic analysis. *Pak. J. Pharm. Sci.*, *18*.
- Azizidoost, S., Nazeri, Z., Mohammadi, A., Mohammadzadeh, G., Cheraghzadeh, M., Jafari, A., & Kheirollah, A. (2019).** Effect of hydroalcoholic ginger extract on brain HMG-CoA reductase and CYP46A1 levels in streptozotocin-induced diabetic rats. *Avicenna journal of medical biotechnology*, *11*(3), 234.

-B-

- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008).** Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, *46*(2), 446-475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
- Bellik, Y. (2014).** Total antioxidant activity and antimicrobial potency of the essential oil and oleoresin of Zingiber officinale Roscoe. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, *4*(1), 40-44. [https://doi.org/10.1016/s2222-1808\(14\)60311-x](https://doi.org/10.1016/s2222-1808(14)60311-x)
- Bhattarai, S., Tran, V. H., & Duke, C. C. (2001).** The Stability of Gingerol and Shogaol in Aqueous Solutions. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, *90*(10), 1658-1664. <https://doi.org/10.1002/jps.1116>
- Bouhid H. (2012).** Les plantes médicinales et diabète de type 2 (à propos de 199 cas). Thèse de doctorat. Faculté de médecine et de pharmacie. Université sidi Mohammed ben Abdellah de Fès (Maroc) : 24.

-C-

- Cancer. (2021, 3 mars).** cancer. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/cancer>
- Cardiovascular diseases (CVDs). (2021, 11 juin).** Maladies cardiovasculaires. [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- Chaiyakunapruk, N., Kitikannakorn, N., Nathisuwan, S., Leeprakobboon, K., & Leelasattagool, C. (2006).** The efficacy of ginger for the prevention of postoperative nausea and vomiting : A meta-analysis. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, *194*(1), 95-99. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2005.06.046>

Références bibliographiques

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*(1), 146-151. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.10.043>

Cheikh Ali Z. (2012). Études chimiques et biologiques d'*Aframomum sceptrum* (Zingiberaceae) et de la curcumine. Thèse de doctorat. Faculté de Pharmacie de Châtenay- Malabry. Université Paris-Sud (France) : 11.

Citronberg, J., Bostick, R., Ahearn, T., Turgeon, D. K., Ruffin, M. T., Djuric, Z., Sen, A., Brenner, D. E., & Zick, S. M. (2013). Effects of Ginger Supplementation on Cell-Cycle Biomarkers in the Normal-Appearing Colonic Mucosa of Patients at Increased Risk for Colorectal Cancer : Results from a Pilot, Randomized, and Controlled Trial. *Cancer Prevention Research*, *6*(4), 271-281. <https://doi.org/10.1158/1940-6207.capr-12-0327>

-D-

Dhanik, J., Arya, N., & Nand, V. (2017). A Review on *Zingiber officinale*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *6*, 174-184.

Dugasani, S., Pichika, M. R., Nadarajah, V. D., Balijepalli, M. K., Tandra, S., & Korlakunta, J. N. (2010). Comparative antioxidant and anti-inflammatory effects of [6]-gingerol, [8]-gingerol, [10]-gingerol and [6]-shogaol. *Journal of Ethnopharmacology*, *127*(2), 515-520. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.10.004>

-E-

Ekoume, D. (2018). Effets d'une supplémentation en extraits de gingembre (*Zingiber officinale*) sur le profil métabolique des patients diabétiques de type 2. *Annales d'Endocrinologie*, *79*(4), 489. <https://doi.org/10.1016/j.ando.2018.06.974>

-F-

Faivre C.I., Lejeune R., Staub H. et Goetz P. (2006). Monographie médicalisée, *Zingiber officinale* Roscoe. *Phytothérapie*. *2* : 99-102.

-G-

Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z., & Rahmat, A. (2010). Elevated Carbon Dioxide Increases Contents of Flavonoids and Phenolic Compounds, and Antioxidant Activities in Malaysian Young Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe.) Varieties. *Molecules*, *15*(11), 7907-7922. <https://doi.org/10.3390/molecules15117907>

Gião, M., Pestana, D., Faria, A., Guimarães, J., Pintado, M., Calhau, C., Azevedo, I., & Malcata, F. (2010). Effects of Extracts of Selected Medicinal Plants upon Hepatic Oxidative Stress. *Journal of Medicinal Food*, *13*(1), 131-136. <https://doi.org/10.1089/jmf.2008.0323>

Grzanna, R., Lindmark, L., & Frondoza, C. G. (2005). Ginger—An Herbal Medicinal Product with Broad Anti-Inflammatory Actions. *Journal of Medicinal Food*, *8*(2), 125-132. <https://doi.org/10.1089/jmf.2005.8.125>

Références bibliographiques

-H-

- Habtemariam, S. (2019).** The chemical and pharmacological basis of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) as potential therapy for diabetes and metabolic syndrome. In *Medicinal Foods as Potential Therapies for Type-2 Diabetes and Associated Diseases* (p. 639-687). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102922-0.00018-3>
- Haji Seid Javadi, E., Salehi, F., & Mashrabi, O. (2013).** Comparing the Effectiveness of Vitamin B6 and Ginger in Treatment of Pregnancy-Induced Nausea and Vomiting. *Obstetrics and Gynecology International*, 2013, 1-4. <https://doi.org/10.1155/2013/927834>
- Haniadka, R., Saldanha, E., Sunita, V., Palatty, P. L., Fayad, R., & Baliga, M. S. (2013).** A review of the gastroprotective effects of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Food & Function*, 4(6), 845. <https://doi.org/10.1039/c3fo30337c>
- Hasan, S., Danishuddin, M., & Khan, A. U. (2015).** Inhibitory effect of zingiber officinale towards *Streptococcus mutans* virulence and caries development : in vitro and in vivo studies. *BMC Microbiology*, 15(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12866-014-0320-5>
- Höferl, M., Stoilova, I., Wanner, J., Schmidt, E., Jirovetz, L., Trifonova, D., Stanchev, V., & Krastanov, A. (2015).** Composition and Comprehensive Antioxidant Activity of Ginger (*Zingiber officinale*) Essential Oil from Ecuador. *Natural Product Communications*, 10(6), 1934578X1501000. <https://doi.org/10.1177/1934578x1501000672>
- Hosseinzadeh, A., Bahrapour Juybari, K., Fatemi, M. J., Kamarul, T., Bagheri, A., Tekiyehmaroof, N., & Sharifi, A. M. (2017).** Protective Effect of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Extract against Oxidative Stress and Mitochondrial Apoptosis Induced by Interleukin-1 β in Cultured Chondrocytes. *Cells Tissues Organs*, 204(5-6), 241-250. <https://doi.org/10.1159/000479789>
- HUANG, H. C., CHIU, S. H., & CHANG, T. M. (2011).** Inhibitory Effect of [6]-Gingerol on Melanogenesis in B16F10 Melanoma Cells and a Possible Mechanism of Action. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 75(6), 1067-1072. <https://doi.org/10.1271/bbb.100851>

-J-

- Ji, K., Fang, L., Zhao, H., Li, Q., Shi, Y., Xu, C., Wang, Y., Du, L., Wang, J., & Liu, Q. (2017).** Ginger Oleoresin Alleviated γ -Ray Irradiation-Induced Reactive Oxygen Species via the Nrf2 Protective Response in Human Mesenchymal Stem Cells. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2017/1480294>
- Jolad, S. D., Lantz, R., 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 PGE2 production. *Phytochemistry*, 65(13), 1937-1954. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.06.008>

Références bibliographiques

Jolad, S. D., Lantz, R. C., Chen, G. J., Bates, R. B., & Timmermann, B. N. (2005). Commercially processed dry ginger (*Zingiber officinale*) : Composition and effects on LPS-stimulated PGE2 production. *Phytochemistry*, *66*(13), 1614-1635. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2005.05.007>

-K-

Karunakaran, R., & Sadanandan, S. P. (2019). *Zingiber officinale* : Antiinflammatory Actions and Potential Usage for Arthritic Conditions. In *Bioactive Food as Dietary Interventions for Arthritis and Related Inflammatory Diseases* (p. 233-244). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813820-5.00013-1>

Kashefi, F., Khajehei, M., Alavinia, M., Golmakani, E., & Asili, J. (2014). Effect of Ginger (*Zingiber officinale*) on Heavy Menstrual Bleeding : A Placebo-Controlled, Randomized Clinical Trial. *Phytotherapy Research*, *29*(1), 114-119. <https://doi.org/10.1002/ptr.5235>

Kawamoto, Y., Ueno, Y., Nakahashi, E., Obayashi, M., Sugihara, K., Qiao, S., Iida, M., Kumasaka, M. Y., Yajima, I., Goto, Y., Ohgami, N., Kato, M., & Takeda, K. (2015). Prevention of allergic rhinitis by ginger and the molecular basis of immunosuppression by 6-gingerol through T cell inactivation. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, *27*, 112-122. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2015.08.025>

Khosravani, M., Azarbayjani, M. A., Abolmaesoomi, M., Yusof, A., Abidin, N. Z., Rahimi, E., ... & Dehghan, F. (2016). Ginger extract and aerobic training reduces lipid profile in high-fat fed diet rats. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, *20*(8), 1617-1622.

Kumar, G., Karthik, L., & Rao, K. B. (2011). A review on pharmacological and phytochemical properties of *Zingiber officinale* Roscoe (*Zingiberaceae*). *Journal of Pharmacy Research*, *4*(9), 2963-2966.

Kumar Sharma, P., Singh, V., & Ali, M. (2016). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Fresh Rhizome Essential Oil of *Zingiber Officinale* Roscoe. *Pharmacognosy Journal*, *8*(3), 185-190. <https://doi.org/10.5530/pj.2016.3.3>

-L-

Lai, Y. S., Lee, W. C., Lin, Y. E., Ho, C. T., Lu, K. H., Lin, S. H., Panyod, S., Chu, Y. L., & Sheen, L. Y. (2016). Ginger Essential Oil Ameliorates Hepatic Injury and Lipid Accumulation in High Fat Diet-Induced Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *64*(10), 2062-2071. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b06159>

Lee, S. H., Cekanova, M., & Baek, S. J. (2008). Multiple mechanisms are involved in 6-gingerol-induced cell growth arrest and apoptosis in human colorectal cancer cells. *Molecular Carcinogenesis*, *47*(3), 197-208. <https://doi.org/10.1002/mc.20374>

Li, Y., Hong, Y., Han, Y., Wang, Y., & Xia, L. (2016). Chemical characterization and antioxidant activities comparison in fresh, dried, stir-frying and carbonized ginger. *Journal of Chromatography B*, *1011*, 223-232. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2016.01.009>

Références bibliographiques

- Li, Y., Tran, V. H., Kota, B. P., Nammi, S., Duke, C. C., & Roufogalis, B. D. (2014). Preventative Effect of Zingiber officinale on Insulin Resistance in a High-Fat High-Carbohydrate Diet-Fed Rat Model and its Mechanism of Action. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, *115*(2), 209-215. <https://doi.org/10.1111/bcpt.12196>
- Lianah, Krisantini, & Wegener, M. (2020). Evaluation and identification of the native Zingiberaceae specie in Mijen, Central Java, Indonesia. *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*, *457*, 012-025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/457/1/012025>
- Liao, Y. R., Leu, Y. L., Chan, Y. Y., Kuo, P. C., & Wu, T. S. (2012). Anti-Platelet Aggregation and Vasorelaxing Effects of the Constituents of the Rhizomes of Zingiber officinale. *Molecules*, *17*(8), 8928-8937. <https://doi.org/10.3390/molecules17088928>
- Liu, C. M., Kao, C. L., Tseng, Y. T., Lo, Y. C., & Chen, C. Y. (2017). Ginger Phytochemicals Inhibit Cell Growth and Modulate Drug Resistance Factors in Docetaxel Resistant Prostate Cancer Cell. *Molecules*, *22*(9), 1477. <https://doi.org/10.3390/molecules22091477>
- Luettig, J., Rosenthal, R., Lee, I. F. M., Krug, S. M., & Schulzke, J. D. (2016). The ginger component 6-shogaol prevents TNF- α -induced barrier loss via inhibition of PI3K/Akt and NF- κ B signaling. *Molecular Nutrition & Food Research*, *60*(12), 2576-2586. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600274>
- M-
- Maiti, R., Jana, D., Das, U., & Ghosh, D. (2004). Antidiabetic effect of aqueous extract of seed of Tamarindus indica in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, *92*(1), 85-91. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.02.002>
- Marwat, S. K., Shoaib, M., Khan, E. A., Rehman, F., & Ullah, H. (2015). Phytochemistry and bioactivities of Quranic plant, zanjabil-ginger (Zingiber officinale Roscoe): a review. *Am Eurasian J Agric Environ Sci*, *15*(5), 707-713.
- P-
- Pillai, A. K., Sharma, K. K., Gupta, Y. K., & Bakhshi, S. (2011). Anti-emetic effect of ginger powder versus placebo as an add-on therapy in children and young adults receiving high emetogenic chemotherapy. *Pediatric Blood & Cancer*, *56*(2), 234-238. <https://doi.org/10.1002/pbc.22778>
- Poprac, P., Jomova, K., Simunkova, M., Kollar, V., Rhodes, C. J., & Valko, M. (2017). Targeting Free Radicals in Oxidative Stress-Related Human Diseases. *Trends in Pharmacological Sciences*, *38*(7), 592-607. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2017.04.005>
- Prestinaci, F., Pezzotti, P., & Pantosti, A. (2015). Antimicrobial resistance : a global multifaceted phenomenon. *Pathogens and Global Health*, *109*(7), 309-318. <https://doi.org/10.1179/2047773215y.0000000030>

-R-

Références bibliographiques

- Rhode, J., Fogoros, S., Zick, S., Wahl, H., Griffith, K. A., Huang, J., & Liu, J. R. (2007). Ginger inhibits cell growth and modulates angiogenic factors in ovarian cancer cells. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/1472-6882-7-44>
- S-
- Saha, A., Blando, J., Silver, E., Beltran, L., Sessler, J., & DiGiovanni, J. (2014). 6-Shogaol from Dried Ginger Inhibits Growth of Prostate Cancer Cells Both In Vitro and In Vivo through Inhibition of STAT3 and NF- κ B Signaling. *Cancer Prevention Research*, 7(6), 627-638. <https://doi.org/10.1158/1940-6207.capr-13-0420>
- Samad, M. B., Mohsin, M. N. A. B., Razu, B. A., Hossain, M. T., Mahzabeen, S., Unnoor, N., Muna, I. A., Akhter, F., Kabir, A. U., & Hannan, J. M. A. (2017). [6]-Gingerol, from *Zingiber officinale*, potentiates GLP-1 mediated glucose-stimulated insulin secretion pathway in pancreatic β -cells and increases RAB8/RAB10-regulated membrane presentation of GLUT4 transporters in skeletal muscle to improve hyperglycemia in Leprdb/db type 2 diabetic mice. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12906-017-1903-0>
- Sasidharan, I., & Menon, A. N. (2010). Comparative chemical composition and antimicrobial activity fresh & dry ginger oils (*Zingiber officinale* Roscoe). *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 2(4), 40-43.
- Shahrajabian, M. H., Sun, W., & Cheng, Q. (2019). Clinical aspects and health benefits of ginger (*Zingiber officinale*) in both traditional Chinese medicine and modern industry. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 69(6), 546-556. <https://doi.org/10.1080/09064710.2019.1606930>
- Sharifi-Rad, M., Varoni, E., Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Matthews, K., Ayatollahi, S., Kobarfard, F., Ibrahim, S., Mnayer, D., Zakaria, Z., Sharifi-Rad, M., Yousaf, Z., Iriti, M., Basile, A., & Rigano, D. (2017). Plants of the Genus *Zingiber* as a Source of Bioactive Phytochemicals : From Tradition to Pharmacy. *Molecules*, 22(12), 2145. <https://doi.org/10.3390/molecules22122145>
- Shariful, S., Mia, M., Apu, A. I., Halder, J., Rahman, F., & Islam, M. (2015). *A comprehensive review on region based traditional Ayurvedic practitioner's plants secondary metabolites and their phytochemical activities in Bangladesh*. 16.
- Shidfar, F., Rajab, A., Rahideh, T., Khandouzi, N., Hosseini, S., & Shidfar, S. (2015). The effect of ginger (*Zingiber officinale*) on glycemic markers in patients with type 2 diabetes. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 12(2). <https://doi.org/10.1515/jcim-2014-0021>
- Singh, G., Kapoor, I., Singh, P., de Heluani, C. S., de Lampasona, M. P., & Catalan, C. A. (2008). Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of *Zingiber officinale*. *Food and Chemical Toxicology*, 46(10), 3295-3302. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.07.017>
- Singh, A. B., Singh, N., Maurya, R., & Srivastava, A. K. (2009). Anti-hyperglycaemic, lipid lowering and antioxidant properties of [6]-gingerol in db/db mice. *International Journal of Medicine and Medical Sciences*, 1(12), 536-544.

Références bibliographiques

Syafitri, D. M., Levita, J., Mutakin, M., & Diantini, A. (2018). A Review : Is Ginger (*Zingiber officinale* var. Roscoe) Potential for Future Phytomedicine ? *Indonesian Journal of Applied Sciences*, 8(1). <https://doi.org/10.24198/ijas.v8i1.16466>

-T-

Tauheed, A., Ali, A., & Zaigham, M. (2017). ZANJABEEL (*ZINGIBER OFFICINALE ROSC.*): A HOUSEHOLD RHIZOME WITH IMMENSE THERAPEUTIC POTENTIAL AND ITS UTILIZATION IN UNANI MEDICINE. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 8, 13.

Thomson, M., Al-Qattan, K., Al-Sawan, S., Alnaqeeb, M., Khan, I., & Ali, M. (2002). The use of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) as a potential anti-inflammatory and antithrombotic agent. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 67(6), 475-478. <https://doi.org/10.1054/plcf.2002.0441>

TOZETTO, L. M., NASCIMENTO, R. F. D., OLIVEIRA, M. H. D., VAN BEIK, J., & CANTERI, M. H. G. (2019). Production and physicochemical characterization of craft beer with ginger (*Zingiber officinale*). *Food Science and Technology*, 39(4), 962-970. <https://doi.org/10.1590/fst.16518>

-V-

Verma, S. K., Singh, M., Jain, P., & Bordia, A. (2004). *Protective effect of ginger, Zingiber officinale Rosc on experimental atherosclerosis in rabbits*. 3.

-W-

Wang, Y., Yu, H., Zhang, X., Feng, Q., Guo, X., Li, S., Li, R., Chu, D., & Ma, Y. (2016). Evaluation of daily ginger consumption for the prevention of chronic diseases in adults : A cross-sectional study. *Nutrition*, 36, 79-84. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2016.05.009>

Wang, Z., Wang, L., Li, T., Zhou, X., Ding, L., Yu, Y., Yu, A., & Zhang, H. (2006). Rapid analysis of the essential oils from dried *Illicium verum* Hook. f. and *Zingiber officinale* Rosc. by improved solvent-free microwave extraction with three types of microwave-absorption medium. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 386(6), 1863-1868. <https://doi.org/10.1007/s00216-006-0778-6>

Watson, R. R., & Preedy, V. R. (2019). *Bioactive Food as Dietary Interventions for Arthritis and Related Inflammatory Diseases : Bioactive Food in Chronic Disease States (Bioactive Foods in Chronic Disease States)* (2^{éd.}). Academic Press.

Wilson, R., Haniadka, R., Sandhya, P., Palatty, P. L., & Baliga, M. S. (2013). Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) the Dietary Agent in Skin Care : A Review. In R. R. Watson & S. Zibadi (Éds.), *Bioactive Dietary Factors and Plant Extracts in Dermatology* (p. 103-111). Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-167-7_11

Wohlmuth, H., Leach, D. N., Smith, M. K., & Myers, S. P. (2005). Gingerol Content of Diploid and Tetraploid Clones of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(14), 5772-5778. <https://doi.org/10.1021/jf050435b>

Références bibliographiques

Wu, H., Horng, C., Tsai, S., Lee, Y., Hsu, S., Tsai, Y., Tsai, F., Chiang, J., Kuo, D., & Yang, J. (2018). Relaxant and vasoprotective effects of ginger extracts on porcine coronary arteries. *International Journal of Molecular Medicine*. Published. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2018.3380>

-Y-

Yamamoto-Ribeiro, M. M. G., Grespan, R., Kohiyama, C. Y., Ferreira, F. D., Mossini, S. A. G., Silva, E. L., Abreu Filho, B. A. D., Mikcha, J. M. G., & Machinski Junior, M. (2013). Effect of *Zingiber officinale* essential oil on *Fusarium verticillioides* and fumonisin production. *Food Chemistry*, *141*(3), 3147-3152. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.144>

Yeh, H. Y., Chuang, C. H., Chen, H. C., Wan, C. J., Chen, T. L., & Lin, L. Y. (2014). Bioactive components analysis of two various gingers (*Zingiber officinale* Roscoe) and antioxidant effect of ginger extracts. *LWT - Food Science and Technology*, *55*(1), 329-334. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.08.003>

-Z-

Zehsaz, F., Farhangi, N., & Mirheidari, L. (2014). Clinical immunology The effect of *Zingiber officinale* R. rhizomes (ginger) on plasma pro-inflammatory cytokine levels in well-trained male endurance runners. *Central European Journal of Immunology*, *2*, 174-180. <https://doi.org/10.5114/ceji.2014.43719>

✓ ملخص

تلعب التوابل و النباتات الطبية دورًا مهمًا في صناعة الأدوية و في الاستخدامات المتنوعة للحياة اليومية. *Zingiber officinale* هو نبات عشبي معمر ينتمي إلى عائلة Zingiberaceae، يستخدم لأكثر من 200 عام لقيمه الطبية والغذائية. يعتبر عشبًا آمنًا مع آثار جانبية طفيفة.

وقد أظهرت الدراسات الكيميائية النباتية لجذور *Zingiber officinale* ثرائها في المستقلبات الثانوية، وأبغلت بشكل أساسي عن وجود مادة البوليفينول (جينجيرول ، بارادول ، شوجوال ، زينجرون) ، تربين (زينجبيريني ، جيرانيال ، كوركومين ، نيرال) ، بالإضافة إلى مركبات الفلافونويد والأحماض الفينولية.

أكدت العديد من الدراسات (في المختبر وفي الجسم الحي) التأثيرات المفيدة لـ *Zingiber officinale* كعامل مضاد للغثيان، مضاد للالتهابات، مضاد للأكسدة، مضاد للميكروبات، مضاد للسرطان، مضاد لمرض السكر، وعامل للقلب والأوعية الدموية و الجهاز التنفسي.

الكلمات المفتاحية: *Zingiber officinale*؛ زنجبيل؛ الجانب النباتي؛ الكيمياء النباتية؛ الأنشطة البيولوجية.

✓ Résumé

Les épices et les plantes médicinales jouent un rôle crucial dans l'industrie pharmaceutique et dans l'utilisation diverse de la vie quotidienne. Le *Zingiber officinale* est une plante herbacée vivace appartient à la famille Zingiberaceae, utilisé depuis plus de 200 ans pour ses valeurs médicinales et nutritionnelles. Il est considéré comme une plante sûre avec des effets indésirables non significatifs.

Les études phytochimiques du rhizome de *Zingiber officinale* ont montré leur richesse en métabolites secondaires. Elles ont signalé principalement la présence de polyphénols (gingérol, paradol, shogol, zingéron), de terpènes (zingibère, géranial, curcumène, néral), ainsi que flavonoïdes et acides phénoliques.

De nombreuses études (*in vitro* et *in vivo*) ont confirmé les effets bénéfiques de *Zingiber officinale* en tant qu'agent antinauséux, anti-inflammatoire, antioxydant, antimicrobien, anticancéreux, antidiabétique, cardiovasculaire et respiratoire.

Mots clés : *Zingiber officinale* ; gingembre ; aspect botanique ; phytochimie ; activités biologiques.

✓ Abstract

Spices and medicinal plants play a crucial role in the pharmaceutical industry and in the diverse use of everyday life. *Zingiber officinale* is a perennial herbaceous plant belonging to the Zingiberaceae family, used for over 200 years for its medicinal and nutritional values. It is considered to be a safe herb within significant side effects.

Phytochemical studies of the *Zingiber officinale* rhizome have shown their richness in secondary metabolites. They mainly reported the presence of polyphenols (gingerol, paradol, shogol, zingerone), terpenes (zingiberene, geranial, curcumene, neral), as well as flavonoids and phenolicacids.

Numerous studies (*in vitro* and *in vivo*) have confirmed the beneficial effects of *Zingiber officinale* as an antinausea, anti-inflammatory, antioxidant, antimicrobial, anticancer, antidiabetic, cardiovascular and respiratory agent.

Keywords: *Zingiber officinale*; ginger; botanical aspect; phytochemistry; biological activities.