

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun –Tiaret–
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie
Département Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Infectiologie

Présenté par :

Ait Amer Meziane Sekoura

Benelhadj Romaiassa Maya

Thème

**Etude comparative de l'activité antimicrobienne du
Zingiber officinale (Gingembre) frais et sec**

Soutenu publiquement le 13/07/2021

Jury:

Président: Mr RAHMOUNE. B

Encadrant: M^{me}BAROUAGUI. S

Co-encadrant: M^{me}DAHLIA. F

Examinatrice: M^{me} MOKHTARI. S

Grade

Faculté SNV

Faculté SNV

Faculté SNV

Faculté SNV

Année universitaire 2020-2021

Remerciements

En premier lieu et avant tout, nous remercions Dieu, le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage et la patience pour réaliser ce travail, ainsi que nos parents, qui ont sacrifié leur vie pour notre réussite.

Nous tenons à exprimer nos profondes gratitude à notre promotrice Mme BAROUAGUI. S et notre Co-promotrice Mme DAHLIA. F, d'avoir accepté de nous encadrer, nous guider dans la réalisation de ce travail et pour leurs conseils.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer notre travail et de nous avoir honorés par leur présence.

*Un grand merci à notre responsable de spécialité Mme.
DOUKANI.K*

Nous remercions également tous les membres du laboratoire qui nous ont beaucoup aidés à réaliser ce travail dans des bonnes conditions.

Nous remercions toute la famille, tous les amis pour leurs encouragements.

Nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la mise en œuvre de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire de fin d'étude :

A mes parents : AMEL ET BENABED

*Les êtres les plus chers du monde, l'exemple du sacrifice
d'affection et de patience*

*A Mes très chers frères : MOHAMED , SOUHAIB et
HAYTHEM*

*Pour leur patience, leur aide et ses encouragements. Que
dieu les garde et les protège.*

*A Mon binôme : SEKOURA pour son entente, sa sympathie
et pour sa indéfectible soutien et sa patience infinie.*

*A Mes chères amies : SOUADE , HOUDA, AZMA , NIHED,
AICHA , AICHA , FATIMA et ASSIA*

A ma famille Maternel : HAMID

MAYA

Dédicaces

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

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents : FARID et NORA

Sans eux je n'ai pas pu être ce que je suis, en reconnaissance de leurs efforts, leurs amours leurs soutiens et leurs encouragements durant toutes mes études.

Ma très chère sœur : HASSINA, Que dieu la garde et la protège.

Mes très chers frères : AHMED et MOULOUD

Mon binôme : MAYA qui a partagé avec moi tous les moments de joie et de bonheur, je vous remercie pour votre amitié et votre soutien, sans elles ce travail n'aurait pas été accompli.

Mes chères amies : OUIZA, AMINA, SOUADE, HOUDA, NIHED, FATIMA, ASIA et SOUMIA

A toute personnes qui m'ont encouragée et aidée tout au long de mes études.

SEKOURA

Liste des abréviations

AlCl₃ :	Chlorure d'aluminium.
Fe₂ (SO₄) :	Sulfate d'ammonium ferrique
Gram+ :	Gram positive.
Gram- :	Gram négative.
Na₂CO₃ :	Carbonate de Sodium.
RFC :	Réactif Folin-Ciocalteu
PDA :	Potato dextrose agar (gélose dextrosée à la pomme de terre).
Ps :	Poids de l'extrait sec.
PI :	Poids initial.
R% :	Rendement d'extraction en pourcent.
T :	Teneur

Listes des figures

Figure 1: <i>Zingiber officinale</i> Roscoe	4
Figure 2: Rhizome frais de <i>Zingiber officinale</i>	4
Figure 3: Champs de gingembre en Indonésie	6
Figure 4: Gingembre cultivé et récolté en Suisse (Genève)	6
Figure 5: Carte géographique avec la distribution géographique du gingembre	7
Figure 6: Transformation du gingérole en shogaol après séchage	9
Figure 7: Structure chimique des principaux monoterpènes de l'huile essentielle de gingembre	11
Figure 8: Structure chimique des principaux sesquiterpènes de l'huile essentielle de gingembre	12
Figure 9: Quelques composants bioactifs de gingembre.....	13
Figure 10: <i>Zingiber officinale</i> frais (A) et sec (B)	19
Figure 11: Schéma du protocole expérimental	22
Figure 12: Les étapes de la préparation de la poudre sèche à partir d'un gingembre frais	23
Figure 13: Quelques étapes de préparation des extrait aqueux	23
Figure 14: Préparation des extraits aqueux	26
Figure 15: Rendements d'extraction du <i>Zingiber officinale</i> frais et sec	30
Figure 16: Variations des teneurs en composés phénoliques au niveau des différents extraits de <i>Zingiber officinale</i> frais et sec	32
Figure 17: Témoins positifs (A) sur <i>S.aureus</i> et (B) sur <i>E.coli</i>	33
Figure 18: Activité antibactérienne des deux extraits frais et sec du <i>Zingiber officinale</i> et des lamelles du <i>Zingiber officinale</i> frais	34
Figure 19: Témoins négatif sur <i>S.aureus</i> (A) et <i>E.coli</i> (B)	35
Figure 20: Extrait frais sur <i>S.aureus</i> (A) et <i>E.coli</i> (B)	35
Figure 21: Extrait sec sur <i>S.aureus</i> (A) et <i>E.coli</i> (B)	36
Figure 22: Frais lamelles sur <i>S.aureus</i> (A) et <i>E.coli</i> (B).....	36
Figure 23: Activité antifongique des deux extraits du <i>Zingiber officinale</i> frais et sec et des lamelles fraîches	37
Figure 24: Témoins négatifs (A), frais lamelle (B), extrait frais (C), extrait sec (D).....	38

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification botanique du gingembre.....	5
Tableau 2: Composition nutritionnelle de gingembre.	13
Tableau 3: Produits et appareillages utilisés.....	20
Tableau 4: Analyse des variations de teneur des composés phénoliques des extraits de Zingiber officinale sec et frais	31
Tableau 5: Diamètres des zones d'inhibition (mm) obtenus par les antibiotiques sur les deux souches bactériennes.....	33
Tableau 6: Analyse des variances d'activité antibactérienne des extraits de Zingiber officinale frais et sec	34

Table des matières :

Remerciement

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Table des matières

Partie Bibliographique

Introduction1

Chapitre I :Généralités du gingembre

1.Historique2

2.Description botanique du gingembre (Zingiber officinale).....3

 2.1.Partie souterraine.....3

 2.2.Partie aérienne.....3

3.Classification.....5

4.Culture et répartition géographique.....5

 4.1.Culture du gingembre.....5

 4.2.Distribution géographique.....7

5.Conservation et stockage.....8

 5.1.Stockage du gingembre frais8

 5.2.Stockage du gingembre sec8

6.Formes commercialisées9

 6.1.Le gingembre séché.....9

 6.2.Le gingembre frais10

Chapitre II : Propriétés et Usages

1.Composition biochimique et molécule bioactif.....11

 1.1Les huiles essentielles (composant volatils11

 1.1.1.Les monoterpènes.....11

 1.1.2.Les sesquiterpènes.....11

1.1.3	Les cétones	12
1.1.4	Les terpènes	12
1.1.5	Les coumarines.....	12
1.2	Oléorésine (composant non volatils	12
2	Usages du gingembre	15
2.1	Usage culinaire.....	15
2.2	Usage industriel.....	15
2.3	Usage thérapeutique	15
2.3.1	Utilisation thérapeutique ancestrales.....	15
2.3.1.1	Utilisation en médecine chinoise	15
2.3.1.2	Utilisation en médecine ayurvédique	16
2.3.2	Utilisation thérapeutique actuelle.....	16
3	L'activité antimicrobienne de l'extrait du Zingiber officinale	16
4	Dosage et contre-indication.....	17
5	Maladies et ennemies du gingembre	17
5.1	Insectes	17
5.2	Champignons.....	17
5.3	Bactéries	18
5.4	Virus	18

Chapitre III : Matériels et Méthodes

1	Objectifs	19
2	Lieu et période de travail.....	19
3	Matériels.....	19
3.1	Matériel végétale	19
3.2	Mtériel biologique	20
3.2.1	Bactéries	20
3.2.2	Champignon	20
3.3	Matériels de laboratoire et produits utilisés	20
4	Méthode	22

4.1.Préparation des extraits aqueux à partir des échantillons frais et sec.....	23
4.2.Evaluation quantitative et qualitative des extraits aqueux	24
4.2.1.Détermination du rendement d'extraction.....	24
4.2.2.Dosage des polyphénols totaux	24
4.2.3.Dosage des flavonoïdes	25
4.2.4.Dosage des tanins	25
4.3.Evaluation de l'activité antimicrobienne	26
4.3.1.Préparation des extraits.....	26
4.3.2.Préparation des milieux de culture	27
4.3.3.Préparation des souches.....	27
4.3.4.Standardisation de l'inoculum bactérien	27
4.3.6.L'antibiogramme	28
4.3.7.Evaluation de l'activité antifongique.....	29

Chapitre IV: Résultats et Discussion

1.Caractérisation des extraits.....	30
1.1.Rendement d'extraction	30
1.2.Teneur en polyphénols totaux	30
1.3.Teneur en flavonoïdes	31
1.4.Teneur en tanins	31
2.Activité antibactérienne.....	32
2.2.Test antibactérien	32
2.3.Activité antifongique.....	37
Discussion	39
Conclusion.....	42
Références bibliographiques	44
Résumé	

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction

Introduction

Depuis des millénaires, les êtres humains ont élaboré des manières pour se traiter en fonction de leur intelligence, leur génie, leur conception culturelle de la santé, la maladie et les rapports qu'ils entretenaient avec leur environnement (**Eddouks et al., 2007**).

Le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques a conduit les chercheurs à puiser dans le monde végétal et particulièrement dans les plantes médicinales et culinaires en quête de molécules naturelles efficaces et dénuées de tout effet adverse. (**Rauter et al., 1989**).

L'utilisation des plantes médicinales pour prévenir ou guérir des maladies était une des premières pratiques thérapeutiques dans l'histoire de l'humanité (**Eddouks et al., 2007**) et qui constituent sans doute une source inépuisable de substance à activité biologique et pharmacologique variées (**kaabour., 2009**) qui sont impliquées dans la médecine traditionnelle et ont évoluées à travers les âges (**Eddouks et al., 2007**).

Parmi ces plantes médicinales, la star des Zingibéracées, dont on utilise le rhizome sous diverses formes (**Claire., 2012**), il s'agit principalement du « *Zingiber officinale* » qui est consommé dans le monde entier comme épice et un agent aromatisant de l'ancien temps (**Gigon, 2012**).

Longtemps inconnu en occident, le gingembre fait partie intégrante de la cuisine et de la médecine traditionnelle orientale : depuis des siècles, son rhizome est utilisé pour guérir de nombreux maux et constitue l'un des piliers de la médecine ayurvédique (**Anne., 2017**).

Importé en Europe lors des grandes découvertes, cette épice a rapidement fait l'objet d'un commerce intense (**Anne., 2017**).

Le gingembre fait l'objet de nombreuses études botaniques, chimiques et toxicologiques, afin de prouver son efficacité scientifique sur le plan médical ainsi que son innocuité. L'utilisation médicale et thérapeutique ainsi que culinaire du gingembre se développe fortement actuellement. (**Foine., 2017**)

Notre travail est une étude comparative de l'effet antimicrobien entre deux extraits du « *Zingiber officinale* » frais et sec ; et ceci à travers :

- La préparation des extraits aqueux à partir des échantillons frais et sec
- La détermination des Concentrations Minimales Inhibitrices (CMI)

- Le test antimicrobien des deux extraits aqueux (frais et sec) vis-à-vis *Escherichia coli*, *staphylococcus aureus* et *fusarium oxysporum* en milieu gélosé.

Chapitre I

Généralités du gingembre

1. Historique

Le mot « gingembre » est né il y a plus de 3000 ans, il serait issu du *sanskrit* *shringavera* qui signifie « en forme de bois de cerf » ; il apparaîtra plus tard le terme grec *ziggiberis*, qui serait lui-même issu de l'arabe *zangabil*, puis viendra la forme latine *zingiber*. Celle-ci à son tour donnera en vieux français « *gingibre* », qui au fil du temps, deviendra le « *gingembre* » que nous connaissons, et qui fera sa première apparition à partir du *XIIIe* siècle. **(Claire, 2012)**

Elle est aussi connue sous le nom d'« épice blanche » ou également sous le nom d'*Amomum zingiber L.* **(Foine, 2017)**

Selon les informations dont nous disposons aujourd'hui, le gingembre serait originaire d'Asie du Sud-Est, plus précisément d'Inde **(Claire, 2012)**. Il était utilisé comme plante médicinale : en effet, le rhizome de gingembre est très employé dans la médecine ayurvédique indienne et dans la médecine traditionnelle chinoise. **(Butin, 2017)**

Le gingembre a bien connu des cultures et des civilisations du monde entier, comme on le voit dans les documents qui remontent à des milliers d'années, mentionnés par le médecin grec et pharmacien *Pedanius*; vu dans les écrits des chinois philosophe *Confucius*; trouvé dans la collection arabe de contes populaires, *Un Mille et une nuits*; et même mentionné dans le Coran. **(Brandon et al., 2015)**

Les premières apparitions du gingembre en Europe se font dans le bassin méditerranéen vers 400 av. J.-C via le biais des commerçants perses et arabes. **(Claire, 2012)**

Petit à petit, le gingembre s'exporte dans le reste du monde. Il gagnera l'Afrique orientale et occidentale par le biais des marchands arabes et navigateurs portugais vers le *XIII^e* siècle. **(Claire, 2012)**

Au début du *XVI^e* siècle, le gingembre foule pour la première fois les terres du Nouveau Monde, par les Antilles et le Mexique particulièrement sur l'île d'Hispaniola (Haïti), apporté par les colons espagnols et portugais. **(Claire, 2012)**

Au *XVII^{ème}* siècle, le gingembre gagne le Brésil où il est largement cultivé. **(Chouleur et al, 2009).**

De nos jours, de plus en plus d'études scientifiques sont réalisées pour prouver les propriétés Thérapeutiques qui lui sont conférées. **(Foine , 2017)**

2. Description botanique du gingembre (*Zingiber officinale*)

Le gingembre « *Zingiber officinale* » est une grande plante annuelle vivace herbacée appartenant à la famille des zingibéracées, originaire des régions tropicales d'Asie du sud-est. (Assih *et al.*, 2018)

Son rhizome possède une saveur aromatique, plus ou moins piquante, légèrement amère avec une note citronnée. (Eberhard *et al.*, 2005)

Le *Zingiber officinale* est divisé en deux parties :

2.1. Partie souterraine :

Elle présente des rhizomes horizontaux et ramifiés, avec une peau beige pâle parfumé et juteuse, il devient de plus en plus fibreux avec l'âge (Faivre *et al.*, 2006) et son odeur est très aromatique avec une saveur chaude et piquante (Gigon, 2012).

Elle est la partie la plus utilisée de la plante (séché, entier, couper ... etc.) comme drogue dans la formulation d'un grand nombre de remèdes traditionnels. (Naoufal, 2014)

2.2. Partie aérienne :

On trouve deux sortes de tiges ; les hautes tiges qui sont stériles, servent à l'assimilation et portent des feuilles alternes, longues et étroites, alors que les basses tiges servent à la reproduction et ne présentent pas de feuilles (Braga *et al.*, 2006).

Les feuilles sont de couleur vert clair, persistantes, alternes et lancéolées. Elles peuvent mesurer jusqu'à 20 centimètres de longueur et 2 centimètres de largeur, leur base est atténuée et l'apex est graduellement acuminé ce qui leur donne un aspect pointu. Il n'y a pas de pétiole. La ligule, peut faire entre 0,5 et 1 centimètre de longueur. (Foine, 2017)

Les fleurs se trouvent sous les aisselles des feuilles protectrices, et elles peuvent être : longues, ovales, ou pointues (Bunga, 2011) ; Parfumées, blanches et jaunes, avec des traînées rouges sur les lèvres. (Faivre *et al.*, 2006).

La fleur produira des petites graines noires pendant la floraison (Foine, 2017) : Ses fruits sont des capsules trivalves contenant des graines noires (Faivre *et al.*, 2006).

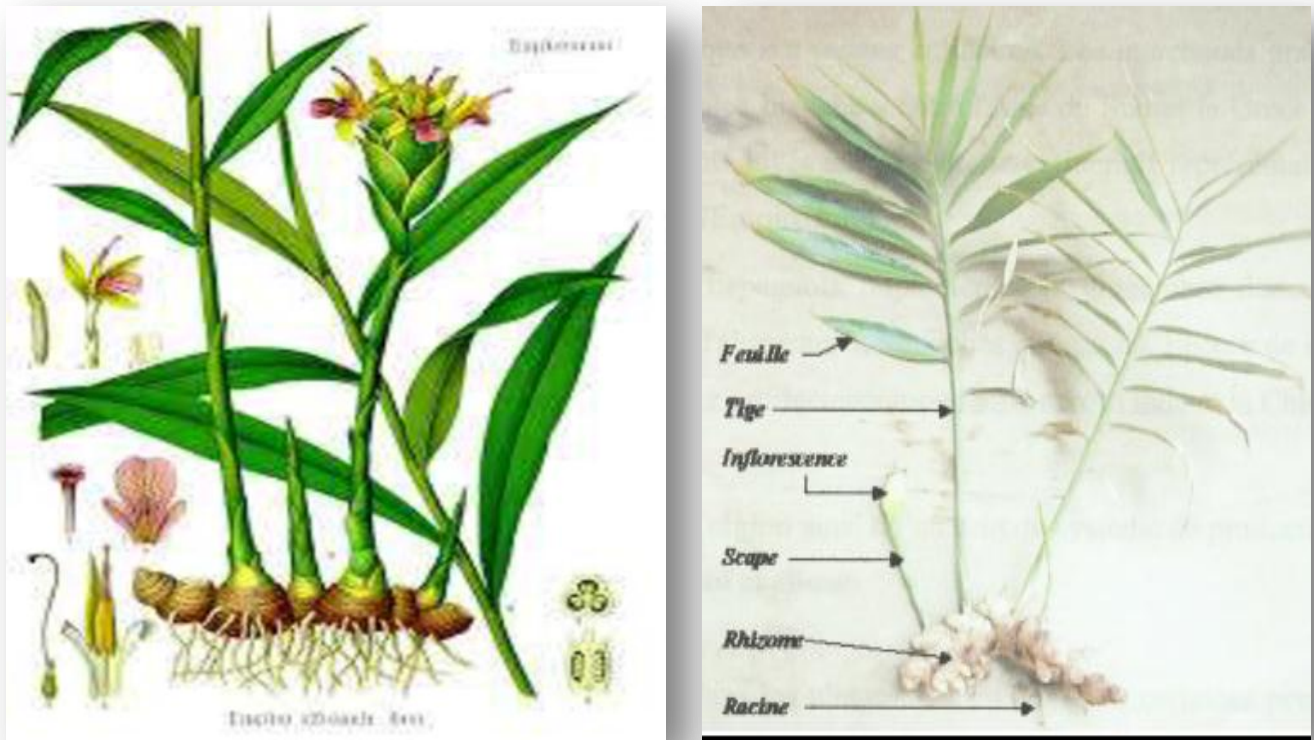


Figure 1: *Zingiber officinale* Roscoe (Randriana, 2005)



Figure 2: Rhizome frais de *Zingiber officinale* (Yagmur et al., 2015)

3. Classification : Tableau 1: Classification botanique du gingembre. (Amari, 2016)

Régne	plantae
Sous-régne	Trachéobionta
Division	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Sous-classe	Zingibériidées
Ordre	Zingibérales
Famille	Zingibéracées
Sous-famille	Zingibéroïdées
Genre	Zingiber
Espèce	<i>Zingiber officinale (roscoe)</i>

4. Culture et répartition géographique

4.1. Culture du gingembre

Le gingembre est une plante inconnue à l'état sauvage (Anne, 2017) ; elle se propage toujours végétativement par éclats de rhizome puisque son fruit est impossible à obtenir. (Bunga, 2011 ; Clémentine, 2013)

C'est une plante qui peut se développer jusqu'à une altitude de 1500m à un climat tropical , et une température supérieure à 21°C, ainsi qu'un bon ensoleillement.(Butin, 2017)

Sa plantation se déroule au début de la saison des pluies, ce qui correspond aux mois d'avril et mai aux Indes. Sur des sols légers, fertiles, argilo-sablonneux, et bien drainés (Anne, 2017)

Des fragments de rhizome d'environ 5 cm sont plantés dans des petits trous de 5 à 10 cm de profondeur recouverts de fumier ou de compost ainsi que d'une couche de feuilles pour favoriser la croissance de la plante. (James *et al.*, 2003 ; Butin, 2017)

Les premières pousses émergent environ 10 jours après la plantation, et des feuilles apparaissent après 1 à 2 mois ; La floraison ne se fera qu'au bout de 5 mois. (Anne, 2017)

Après 3 ans, le gingembre est généralement tourné avec du maïs, des pois ou des lentilles, pour enrichir le sol, de sorte qu'à la fin de 5 ans de rotation, le gingembre peut être planté de nouveau. (James *et al.*, 2003)

Le début de la période de récolte est marqué par le dessèchement des parties vertes, qui coïncide avec l'arrivée à maturité du rhizome. (Butin, 2017)

La récolte de gingembre se fait à l'aide de fourches utilisées pour faire basculer le pied de la touffe en faisant attention à ne pas blesser les rhizomes. (Aghrouss *et al.*, 2013)

Pour obtenir du gingembre sec, le rhizome est récolté 8 à 10 mois après que les parties aériennes soient fanés. (Eberhard *et al.*, 2005)

Les racines du gingembre qui sont autorisés à vieillir à 1 an ou plus avant la récolte ont été démontré pour fournir des huiles bénéfice dans une plus grande concentration que les racines récoltées plus tôt. (Brandon *et al.*, 2015)

En fonction de la méthode de culture, des conditions climatiques et des sols utilisés, on peut dans le meilleur des cas obtenir 30 tonnes de rhizomes frais par hectare. (Foine, 2017)



Figure 3: Champs de gingembre en Indonésie (Foine, 2017)



Figure 4: Gingembre cultivé et récolté en Suisse (Genève) (Foine, 2017)

4.2. Distribution géographique

De nos jours, le gingembre est cultivé dans toutes les régions chaudes de la planète. La composition et la qualité des rhizomes de gingembre varient considérablement d'un pays à l'autre, selon les conditions climatiques, la nature du sol et les méthodes de culture (**Perotto, 2013**).

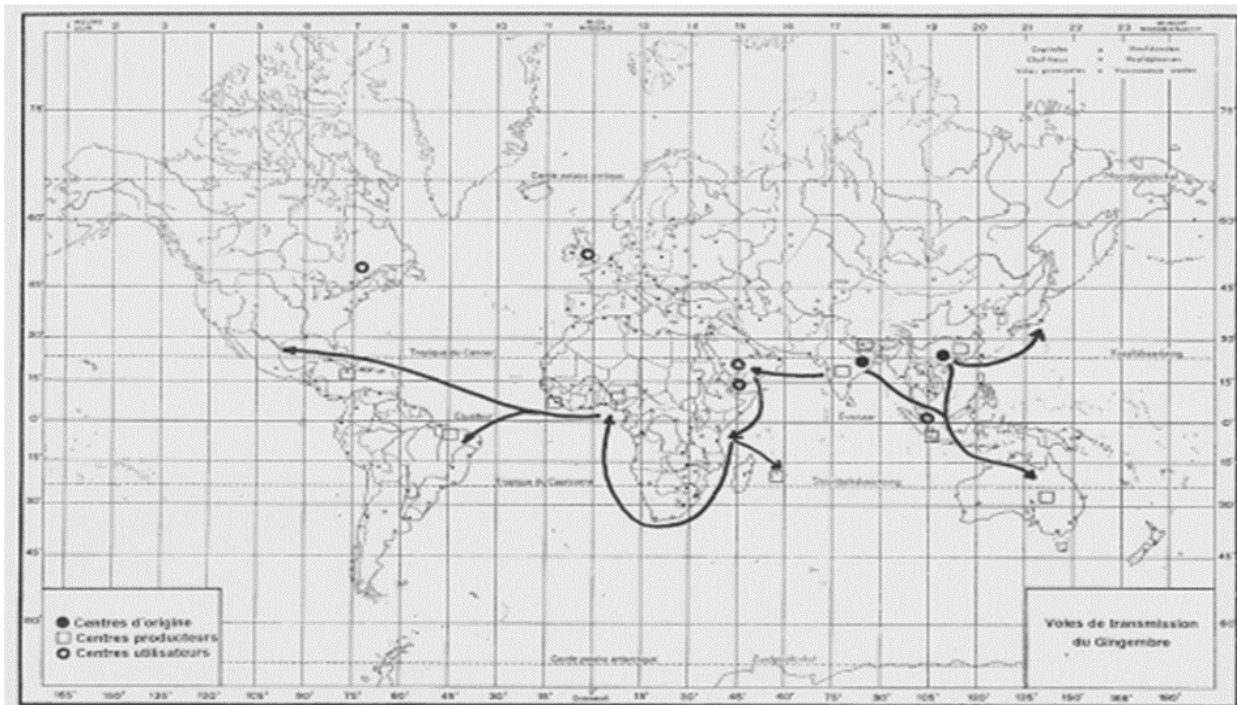


Figure 5: Carte géographique avec la distribution géographique du gingembre (**Foine, 2017**)

- **Pays d'origine :**

Les endroits où le gingembre pousse à l'état sauvage ne sont pas connus, mais il est probable que l'espèce soit originaire de l'Inde (**Eberhard et al., 2005**)

- **Principaux pays producteurs :**

Il est cultivé dans de nombreux pays tropicaux, particulièrement on l'Inde, le Sud de la Chine, la Malaisie, le Nigeria et la Sierra Leone, ainsi que Taiwan, le Japon, la Thaïlande, le Sri Lanka, le Vietnam, la Jamaïque, Hawaii, l'Indonésie, Australie et le Brésil. (**Eberhard et al., 2005**)

5. Conservation et stockage

5.1. Stockage du gingembre frais

Après la récolte, le 'baby Ginger' se conserve au réfrigérateur pas plus de 2 semaines.

Le gingembre mature peut être conservé quelques semaines à 13° Celsius dans un endroit à l'abri de l'humidité pour qu'il ne se détériore pas. (Foine, 2017)

Le rhizome frais se conserve une quinzaine de jours à l'air libre et à température ambiante. Mais au fil du temps, le gingembre se flétrit et de petits bourgeons pourront commencer à apparaître ; Afin d'éviter cela et de prolonger la durée de vie du gingembre, il faut le placer dans un petit bocal en verre ou dans une boîte hermétique.

Pour le préserver de l'humidité. Un peu de riz, placé avec le gingembre dans le contenant hermétique, à la propriété d'absorber l'humidité. Avec cette technique, le gingembre devrait garder sa fraîcheur pendant deux à trois semaines.

Il est à noter que le gingembre en vieillissant perd en saveur, mais gagne en piquant. (Claire, 2012)

Il ne se conserve pas longtemps dans le bac à légumes, il faut donc l'éviter. Il est possible de le conserver dans le congélateur. (Foine, 2017)

Pour obtenir une meilleure conservation du gingembre, on peut le sécher au soleil pendant 2 semaines ou le mettre en conserve salée avec du vinaigre de riz et du sel ou en conserve sucrée bouilli dans un sirop. (Foine, 2017)

5.2. Stockage du gingembre sec

Il se conserve au frais dans des réceptions hermétique la protégeant de la lumière, de l'humidité et de l'invasion par des insectes. Au cours de stockage ; le gingérol se transforme progressivement en shogaols : une forte teneur en shogaols indique que la poudre est périmée et/ou traitée par des procédés thermiques. (Eberhard *et al.*, 2005)

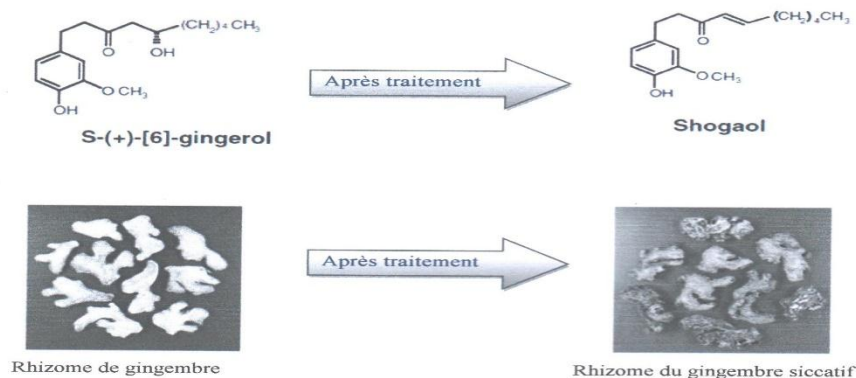


Figure 6: Transformation du gingérol en shogaol après séchage (Babu et al., 2005 ; Eberhard et al., 2005)

6. Formes commercialisées

Le gingembre est commercialisé sous 2 principale formes :

- Gingembre séché/entier ou en lamelle/ pelé ou non pelé
- Gingembre frais (Randrianarivony, 2005)

6.1. Le gingembre séché :

Le rhizome du gingembre simplement séché à l'air constitue le gingembre gris ou noir appelé « **gingembre vêtu** » ou « **dry coated ginger** ». Sur le marché, ce gingembre se présente sous forme de morceaux, longs de 3 à 10 cm épais de 1 à 2cm, légèrement aplatis, ramifiés. Il est obtenu après nettoyage, lavage, écaillage puis séchage du rhizome au soleil pendant une durée de 4 à 10 jours. (Randrianarivony, 2005)

Le « gingembre non vêtu » ou « **gingembre blanc** » ou « **uncoated ginger** » est obtenu par séchage du rhizome frais, épluché et lavé dans l'eau puis trempé pendant une nuit. En général, il est utilisé pour obtenir le gingembre en poudre. La préparation de cette forme de matière première demande un soin et habileté particuliers de la part de l'opérateur afin de ne pas déprécier la qualité du produit étant donné la richesse du parenchyme cortical en glandes à huiles essentielles. (Randrianarivony, 2005)

Le « **gingembre blanchi** » ou « **bleached ginger** » est obtenu des rhizomes frais, épluché et nettoyé, trempé pendant 24 heures dans l'eau pure, puis plongé dans du lait de chaux et on le fait sécher à nouveau pendant une dizaine de jours. L'aspect extérieur du

produit est uniforme et de couleur claire qui lui confère alors une présentation agréable. **(Randrianarivony, 2005)**

Le gingembre sec est emballé en barils, en sacs jute doublés de polyéthylène ou de tissu d'environ 50kg, mais également dans des récipients hermétiques propres et sains. Le gingembre moulu ou en poudre peut être conditionné soit dans des boîtes en fer blanc ou dans des récipients en verre, soit dans des boîtes en carton correctement recouverts de papier imperméable fait de matière non susceptible d'affecter d'odeur au gingembre. **(Randrianarivony, 2005)**

6.2. Le gingembre frais :

Le gingembre frais est apprécié pour son apparence, ses doigts développés, sa couleur très claire, sa texture non fibreuse, son goût moins fort et son arôme moins prononcé, et éventuellement son état sain intact. Les expéditions doivent respecter les règlements sanitaires et hygiéniques. Le gingembre frais étant obtenu par des rhizomes frais récoltés puis lavés. Il peut être considéré comme légume frais ou « épice verte ». **(Randrianarivony, 2005)**

Le gingembre frais peut être emballé en cartons ou container réfrigéré et ventilé. Il peut être conditionné dans des cageots en bois entourés de fil de fer permettant ainsi une bonne circulation d'air. Cette disposition empêche de meurtrir le gingembre. **(Randrianarivony, 2005)**

Chapitre II

Propriétés et Usages

1. Composition biochimique et molécule bioactif

La majorité des composants chimiques sont situés principalement (**Dali, 2018**) dans la partie la plus utilisée de la plante qui est le rhizome (**Lachkham, 2014**), ce dernier contient 2 composants principaux :

Composants volatils (huiles essentielles) et non volatils (oléorésine). (**Bunga, 2011**)

1.1. Les huiles essentielles (Composants volatils) :

Ce sont des mélanges de composés aromatique de plantes (**Indu et al., 2010**), De couleur jaune à brune (**Butin, 2017**), obtenue par distillation du gingembre à la vapeur d'eau, (**Claire, 2012**)

L'huile essentielle de gingembre contient de nombreux composés volatiles odorants sont : les monoterpènes, les sesquiterpènes et les cétones. (**Anne, 2017**)

1.1.1. Les monoterpènes

Sont plus abondants dans l'huile essentielle du rhizome frais que dans l'huile essentielle distillée à partir du gingembre séché. Ils contribueraient le plus pour donner l'arôme au gingembre (**Foine, 2017**). Les principaux monoterpènes de l'huile essentielle de gingembre sont notamment : le camphène, le géraniol et le néral. (**Claire, 2012**)

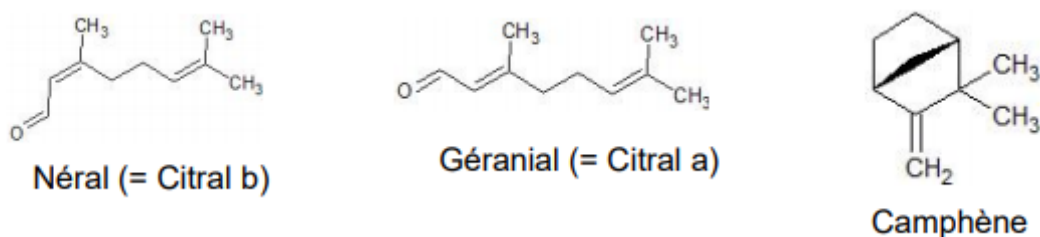


Figure 7: Structure chimique des principaux monoterpènes de l'huile essentielle de gingembre (**Foine, 2017**)

1.1.2. Les sesquiterpènes:

Composés divisés en sous-catégories (**Claire, 2012**) possédant des propriétés aromatiques (**Foine, 2017**). Les principaux sesquiterpènes de l'huile essentielle de gingembre sont l' α -farnésène, et le β -sesquiphellandrène. (**Claire, 2012**)

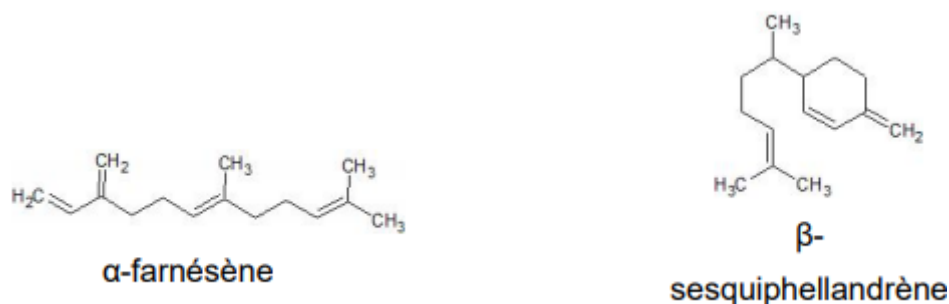


Figure 8: Structure chimique des principaux sesquiterpènes de l'huile essentielle de gingembre (Foine, 2017)

1.1.3. Les cétones

Sont des composés organiques, reconnus par ces nombreuses propriétés thérapeutiques : cicatrisantes antivirales, antifongique stimulante du système nerveux central et mucolytiques. Les cétones sont déconseillées chez la femme enceinte car ils auraient des propriétés abortives. Elles seraient également dans certains cas neurotoxiques. Toutefois, elles favorisent la régénération des cellules et des tissus. (Claire, 2012)

1.1.4. Les terpènes

Les composés terpéniques sont constitués d'une base de 5 carbones de type isoprène. Ce sont des molécules volatiles ou des molécules polymérisées

1.1.5. Les Coumarines

Est un composé naturellement présent dans l'huile essentielle. La coumarine est une molécule aromatique. Des formes glycoconjugués existent.

Les huiles du gingembre frais représentent 8.5%, par rapport au sec 14.4%. (Indu *et al.*, 2010)

1.2. Oléorésine (Composants non volatils) :

L'oléorésine a été mise en évidence dans les premiers travaux de Tresh en 1879, qui lui donna le nom de gingérine. (Foine, 2017)

Sont des résines rendues naturellement fluides et constituées par un produit jaune à saveur très brûlante appelé Gingérol, formé par un mélange de corps cétoniques : shogoal, paradol et zingérone, un certain nombre de résines non identifiées et en fin de l'huile essentielle. (Ravaoarisoa, 1979)

Il est un composant important dans l'action thérapeutique du gingembre, sont extrait est obtenu avec divers solvants organiques (Claire, 2012) .

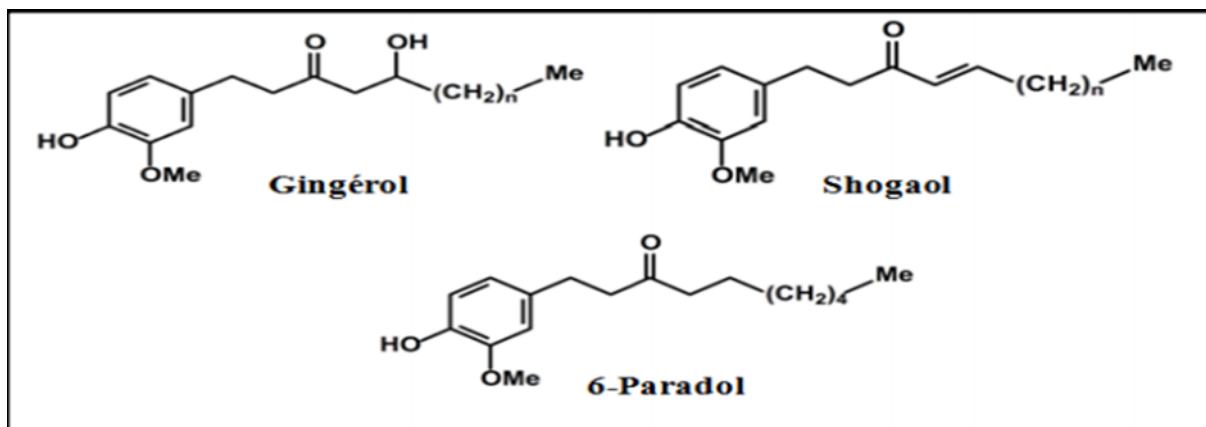


Figure 9: Quelques composants bioactifs de gingembre (Banerjee *et al.*, 2011).

En dehors des composants volatils et non volatil, le rhizome renferme des molécules indispensables à sa vie ce sont : les protéines, les acides nucléiques, les glucides et les lipides. (Foine, 2017)

Des molécules qui participes à la nutrition de la plante , sa croissance et son fonctionnement cellulaire : les terpènes, les flavonoïdes, les tanins et coumarine. (Foine, 2017)

Tableau 2: Composition nutritionnelle de gingembre. (Neveu *et al.*, 2010 ; Kubra et Rao, 2012 ; Mahdi *et al.*, 2013 ; Rashidian *et al.*, 2014 ; Al-Nahain *et al.*, 2014).

Nutriment	Quantité par 100 g
Energie	332(kcal)
Eau	9.94g
Protéines	8.98g
Lipides	4.24g
Oil	
Acides gras saturés	2.6g
Oméga 3	-
Oméga 9	0.223g

Glucide	57.5g
Sucre	334g
Fibres	14.1g
Minéraux et oligo-éléments	
Calcium	114mg
Cuivre	0.48mg
Fer	19.8mg
Magnésium	2.14mg
Manganèse	33.3mg
Phosphore	168mg
Potassium	1320mg
Sélénium	0.70mg
Sodium	27mg
Zinc	3.64mg
Vitamines	
Vitamine A	18µg
Vitamine B1	0.046mg
Vitamine B2	0.17mg
Vitamine B3	9.62mg
Vitamine B5	0.477mg

2. Usages du gingembre

Les utilisations culinaire et thérapeutique du gingembre sont intimement liées : depuis toujours considéré comme une épice vertueuse, le gingembre entre dans la composition de nombreux plats typiques orientaux et fait partie intégrante des médecines traditionnelles chinoise et indienne. De nos jours et dans les pays occidentaux, le gingembre est de plus en plus utilisé en cuisine, et au niveau médical, de nombreux compléments alimentaires en contiennent. (Anne, 2017)

2.1. Usage culinaire

Le gingembre est utilisé dans la cuisine plus ou moins comme une épice, pâte de gingembre, émulsion de gingembre, huile essentielle, oléorésine et d'autres extractives.

Le gingembre frais est un ingrédient essentiel dans la préparation des plats orientaux, sucrés et savoureux. Il trouve l'application dans presque toute viande, volaille, fruits de mer et préparations de légumes (Ravindran et Babu, 2005)

Le gingembre est utilisé comme un condiment dans les produits de boulangerie, parfumer des pains, gâteaux, biscuits, bonbon, boisson, soda bière et pâtisserie. (James *et al.*, 2003)

2.2. Usages industriels

Le gingembre a été largement utilisé comme ingrédient dans l'industrie alimentaire, de la nourriture traitée pour formuler des assaisonnements pour viande, volaille, fruits de mer, et préparations des légumes. (Ravindran et Babu, 2005)

Aussi l'industrie utilise les huiles essentielles ou oléorésine dans les produits cosmétiques (Whright, 2005) comme agent pour l'odeur pour la bouche dans les dentifrices et les produits d'hygiène oraux (Ravindran et Babu, 2005)

Ainsi pour les préparations pharmaceutiques : les sirops de la toux, crèmes pour le soulagement de douleurs communes. (Ravindran et Babu, 2005)

2.3. Usage thérapeutique :

Les propriétés thérapeutiques du gingembre sont connues et reconnues depuis très longtemps dans les médecines traditionnelles asiatiques, qui l'ont utilisé à des fins médicales avant de l'utiliser dans le domaine culinaire. (Anne, 2017)

2.3.1. Utilisation thérapeutique ancestrales

2.3.1.1. Utilisation en médecine chinoise : Les Chinois ont des dizaines d'utilisations pour le gingembre : les feuilles meurtries sont utilisées comme stimulant digestif; les germes pour la diarrhée et les vers ; Les racines également considérées comme antidotales aux intoxications aux aroïdes et aux champignons, utilisées aussi pour les saignements, le cancer, le choléra, rhumes,

congestion, diarrhée, hydropisie, dysménorrhée, nausées, rhumatisme, morsure de serpent, maux d'estomac, et mal de dents ; et le Jus de gingembre utilisés pour les brûlures au premier et au deuxième degré « Boules de coton imbibées ».

Le gingembre frais est « sheng Jiang » pour le refroidissement éolien et le gingembre sec est « gan Jiang » pour réchauffer l'intérieur. (James *et al*, 2003)

2.3.1.2. Utilisation en médecine ayurvédique : Dans la médecine ayurvédique, c'est-à-dire la médecine traditionnelle indienne (Anne, 2017), le gingembre est employé dans le traitement des migraines.

Des expériences ont pu prouver l'effet prophylactique de gingembre cru absorbé avec la nourriture : on constate une diminution de la fréquence des crises migraineuse et un effet symptomatique 30 min après administration de 500 à 600mg de poudre de gingembre dans de l'eau. (Eberhard *et al.*, 2005)

2.3.2. Utilisation thérapeutique actuelle

Aujourd'hui, le rhizome de *Zingiber officinale*, comme de nombreuses plantes et épices, n'est pas considéré comme un médicament, il entre cependant dans la composition d'une multitude de compléments alimentaires, d'indications diverses (Butin, 2017)

3. L'activité antimicrobienne de l'extrait du *Zingiber officinal*

Des activités antimicrobiennes ont également été attribuées au gingembre. Des travaux ont par exemple montré que l'extrait éthanolique du gingembre exerce une activité antifongique (Ficker *et al.*, 2003) et antibactérienne importantes notamment envers les bacilles. De plus, l'extrait hexanique du gingembre réduit la concentration minimale inhibitrice des aminoglycosides chez les *Enterococcus* résistants à la vancomycine. Les huiles essentielles du gingembre ont montré également un effet inhibiteur significatif envers *Candida albicans*, *Aspergillus Niger* (antifongique), *Bacillus subtilis* et *Pseudomonas sp* (antibactérien) (Wannissorna *et al.*, 2005 ; Sabulal *et al.*, 2006). L'huile essentielle du gingembre a montré aussi un effet contre le virus de l'herpès (Koch *et al.*, 2008). Une protéine isolée à partir du rhizome de gingembre a montré un effet inhibiteur envers différents champignons comme *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Mycosphaerella arachidicola*, et *Physalospora piricola* (Wang et T B Ng, 2005).

L'effet antimicrobien est principalement attribué aux composés phytochimiques tels que le camphène, le phellandrène, le zingiberène et la zingéronne (Teles *et al.*, 2019).

4. Dosage et contre-indication

Aucune toxicité aiguë ou chronique n'est signalée lorsque le gingembre est utilisé comme condiment, à des doses raisonnables. Par contre, à fortes doses (supérieur à 4 à 6 g), le gingembre peut conduire à des irritations stomacales, des allergies de contact chez les personnes sensibles (Eberhard, 2005) et il ne doit pas être pris pendant la grossesse ou l'allaitement (Joanne, 2007) car il représente un effet tératogène (effet nocif sur le bébé). (Mahboubi, 2014)

L'OMS déconseille fortement aux enfants de moins de 6 ans de prendre du gingembre.

Il est conseillé également de ne pas prendre de gingembre en cas de :

- Calculs biliaires ou de voies biliaires obstruées (lithiase biliaire)
- Troubles de la coagulation : en théorie, des doses excessives de gingembre peuvent augmenter le risque de saignements ;
- Diabète : des doses excessives de gingembre peuvent provoquer des hypoglycémies pouvant nécessiter des modifications dans les doses de médicaments antidiabétiques ;
- Pathologies cardiaques : possible action inotrope positive et chronotrope négative pouvant dégrader la fonction cardiaque chez les individus sensibles. (Foine, 2017)

5. Maladies et ennemis du gingembre

5.1. Insectes

- *Dichocrosis punctiferalis* : Détruit de la moitié des pseudo-tiges qui alors jaunissent et se dessèchent ;
- *Aspidiella hartii* : minoritairement trouvé en Afrique, Elles affaiblissent les rhizomes en fin de culture
- *Nématodes à galle* : est présent dans le sol, entre dans les tissus intracellulaires, forme des galeries et détruit les racines des rhizomes, ce qui provoque des tâches visibles dans la plantation, pouvant entraîner la mort par pourrissement. (Foine, 2017)

5.2. Champignons

Les racines et les rhizomes sont plus susceptibles d'être attaqués :

- *Pythium spp* : se trouve dans les sols humides. Il provoque une décomposition des racines, du rhizome et du collet des tiges car il y a formation d'un mycélium à

l'intérieur de ces derniers. Sur les pousses et les tiges se développent des zones brun clair avec des bords violets sur des zones allongées proche du sol, les bords autour de la tige noircissent et les feuilles tombent. On trouve aussi la présence de tâches rondes grisâtres, des points noirs appelés « pycnides » au centre des tâches. (Foine, 2017)

- *Fusarium oxysporum f.sp. zingiberi* : il se trouve principalement dans les sols détrempés. Il rentre par les racines, se propage dans le rhizome et les tiges. Les rhizomes ne grandissent plus et l'intérieur se colore en brun, ne pouvant plus être récoltés. Les feuilles ont leurs bords qui deviennent jaunes, puis fanent. (Foine, 2017)

5.3.Bactérie

- *Pseudomonas solanacearum* : se trouve dans le rhizome et ses racines, dans certaines zones de culture où le sol est détrempé et mal drainé. Il peut y avoir une destruction totale des plants. Les feuilles deviennent de plus en plus jaunes et flétrissent. La pseudo-tige est 'vitreuse'. Le tissu vasculaire devient noir et par la suite la plante meurt. (Foine, 2017)

5.4.Virus

- *Mosaïque du gingembre* : Ce virus peut être retrouvé à n'importe quelle période de l'année. Toute la plante est infectée mais le mode de transmission n'est pas encore connu. Le virus perturbe la photosynthèse et la diminue, aboutissant au flétrissement des rhizomes et interférant avec la croissance des pousses. (Foine, 2017)
- La présence d'un de ces ravageurs ou d'une maladie ne veut pas forcément dire qu'il y aura des dommages dans la culture. (Foine, 2017)

Chapitre III

Matériels et Méthodes

1. Objectifs

Notre travail est une étude comparative de l'activité antimicrobienne de *Zingiber officinale* (gingembre) frais et sec. Il s'est axé sur certains points :

- ✓ Evaluer l'effet antimicrobien des différents extraits du gingembre.
- ✓ Déterminer quel état parmi les deux états de conservation (frais ou sec) garde la meilleure efficacité sur les microbes.

2. Lieu et période de travail

Notre travail a été réalisé dans les laboratoires de physiologie végétale et de Microbiologie de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie – Université Ibn Khaldoun – Tiaret. Il a été effectué sur une période d'un mois et demi (15 avril au 31 mai 2021).

Notre travail se divise en quatre parties :

- Préparation des extraits aqueux à partir des échantillons frais et secs
- Evaluation qualitative et quantitative des extraits aqueux
- Préparation des milieux de cultures et l'isolement de différentes bactéries et champignon
- L'étude de l'activité antimicrobienne des extraits obtenus

3. Matériels

3.1. Matériel végétale

Le gingembre (*Zingiber officinale*) sous sa forme sèche (50g), et frais (400g), ont été Acheté du marché local.

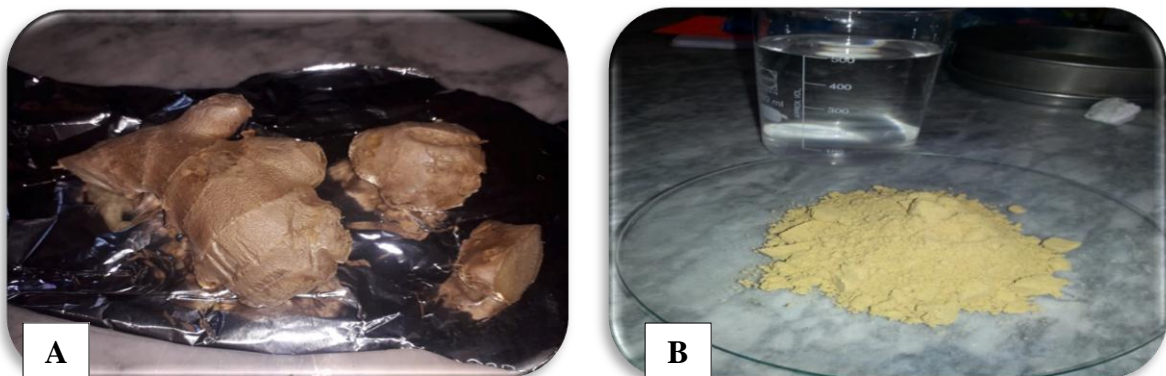


Figure 10: *Zingiber officinale* frais (A) et sec (B)

3.2. Matériel biologique

3.2.1. Bactéries

L'activité antimicrobienne des extraits aqueux de la plante étudiée a été testée sur des souches bactériennes dont certaines (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*).

- *Escherichia coli* (*E.coli* ATCC 25923) est une bactérie intestinale, Gram- des mammifères, en forme de bâtonnet, très commune chez l'être humain, entraînant des gastro-entérites, infections urinaires, méningites.
- *Staphylococcus aureus* (*S.aureus* ATCC 25922) présente comme une coque en amas, Gram+, responsable d'intoxications alimentaires.

3.2.2. Champignon

Une souche fongique a été choisie pour mener cette étude. Il s'agit de :

- *Fusarium oxysporum* (MG973096) est une espèce de champignons, parasite des plantes, provoquant des pertes économiques importantes chez de nombreuses plantes cultivées comme le bananier, le melon, la tomate .

3.3. Matériels de laboratoire et produits utilisés

Les verreries, les appareils et les produits chimiques utilisés pour l'accomplissement de notre travail sont illustrés dans le Tableau suivant :

Tableau 3: Produits et appareillages utilisés

Appareillages	Verreries et autres	Produits et milieux de culture
<ul style="list-style-type: none"> • Broyeur manuelle • Balance de précision (KERN) • Autoclave (MEMMERT) • Agitateur magnétique (Rct Basic) 	<ul style="list-style-type: none"> • Béchers • Erlenmeyer • Fioles jaugées • Eprouvettes • Tubes à essai • Barreaux magnétiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Carbonate de sodium (NaCO₃) • Eau distillée (H₂O) • Eau physiologique • Acide chlorhydrique (Hcl) • Méthanol

<ul style="list-style-type: none"> • Bec Bunsen • Etuve (NUVE ENORR) • Spectrophotomètre (JENWAY) • Vortex (JANKE et KUNKEL) • Bain marie (Memmert) • Pied à coulisse (STAINLESS HARDENED) • Etuve (HERAEUS) 	<ul style="list-style-type: none"> • Spatules • Entonnoirs • Portoirs • Boites de Pétri • Boites de pétri en verre • Pipettes Pasteur • Pipettes graduées • Papiers filtre • Pincés • Lame • Ecouillons 	<ul style="list-style-type: none"> • Folin-Ciocalteu • Chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) • Sulfate ammonium ferrique ($Fe_2(SO_4)_3$) • Butanol • Carbonate de sodium (Na_2CO_3) • Bouillon nutritif • Gélose Chapman • Gélose Mac Conkey • Gélose Muller Hinton • Gélose PDA • Antibiotiques : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Chloramphénicol ✓ Colistin ✓ Oxacilline ✓ Ceftazidime
---	--	---

4. Méthode

Les différentes étapes réalisées lors de ce travail sont résumées dans l'organigramme suivant (figure 11) :

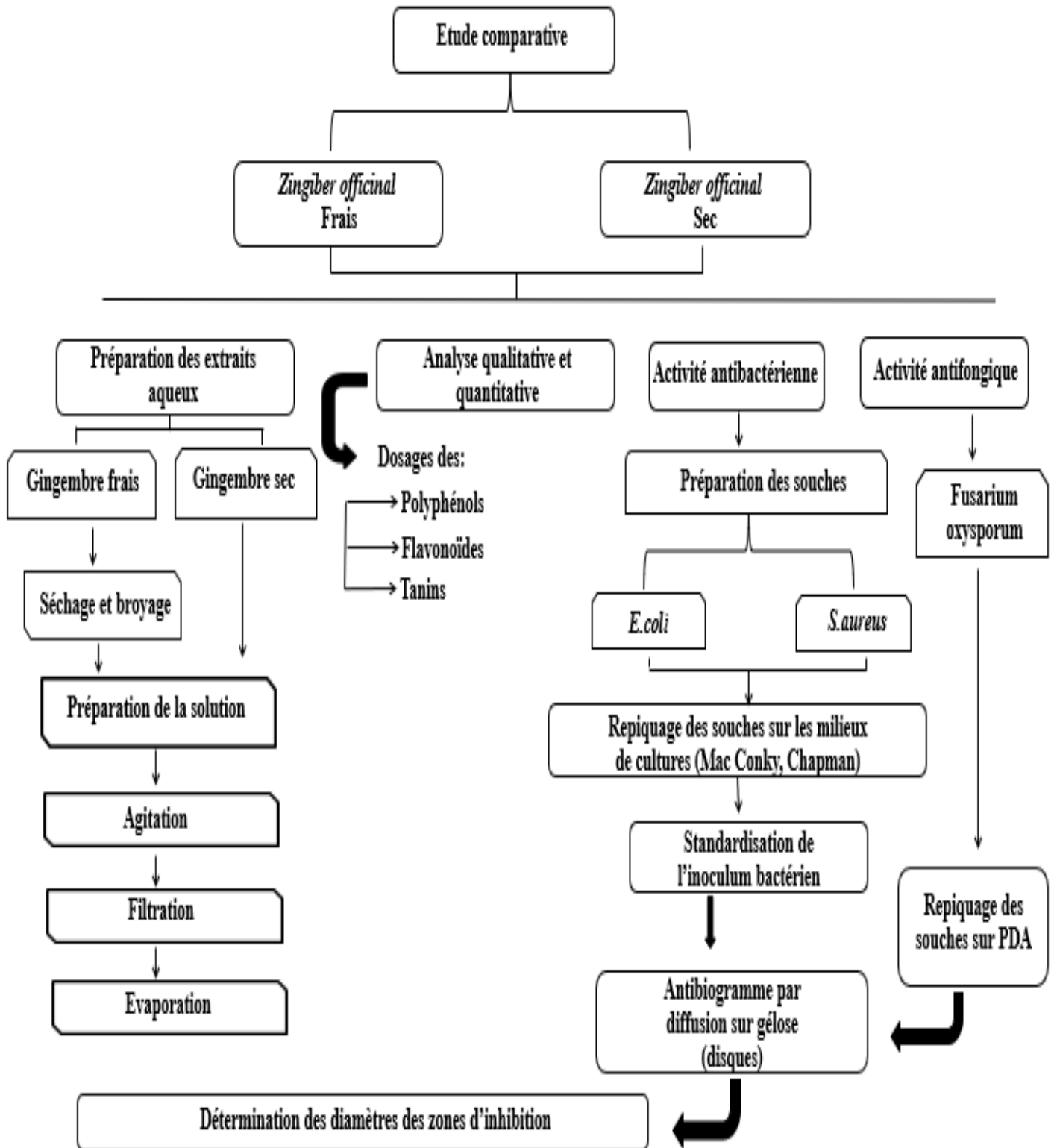


Figure 11: Schéma du protocole expérimental



Figure 12: Les étapes de la préparation de la poudre sèche à partir d'un gingembre frais

Le gingembre frais a été rappé, séché à l'air libre puis broyé à l'aide d'un broyeur manuel, puis tamisé à travers un tamis de 1 mm de granulométrie afin de récupérer une poudre fine.

4.1. Préparation des extraits aqueux à partir des échantillons frais et sec

50 g de la poudre sec a été macéré avec 500 ml d'eau distillée ; en parallèle 50 g du broyat du gingembre frais avec 500 ml d'eau distillée; ont été placées sous agitation pendant 72 h à température ambiante dans un endroit sombre. L'extrait macéré a été filtré à travers d'un papier filtre. Le filtrat obtenu a été débarrassé de son solvant par évaporation à 40°C dans une étuve et ce afin d'obtenir un extrait sec.



Figure 13: Quelques étapes de préparation des extrait aqueux

4.2. Evaluation quantitative et qualitative des extraits aqueux

4.2.1. Détermination du rendement d'extraction

Le poids de l'extrait sec (PS), a été calculé par la différence entre le poids de la boîte pétri en verre contenant l'extrait et le poids la boîte de pétri vide. Le rendement de l'extraction (R %) est le rapport entre le poids de l'extrait sec (PS) et le poids initial (PI), est calculé par la formule suivante :

$$R\% = (PS/PI) \times 100$$

4.2.2. Dosage des polyphénols totaux

Principe

Le dosage des polyphénols totaux a été estimé selon la méthode colorimétrique basée sur l'utilisation le réactif de Folin-Ciocalteu, ce dernier est formé par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène (Marouf *et al* ; 2019). La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux. (Boizot et Charpentier, 2006)

Technique

Le protocole utilisé est basé sur celui décrit par Singleton et Ross (1965) avec quelques modifications. Dans des tubes à essai, un volume de 0,5 ml de chaque extrait a été ajouté, et mélangé avec 2,5 ml de réactif Folin-Ciocalteu (RFC), et 1 ml d'une solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à (20%). Les tubes ont été incubés pendant 15 minutes à température ambiante. L'absorbance a été lue à 760 nm contre un blanc sans extrait.

La concentration en composés phénoliques totaux a été déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard d'étalonnage

Expression des résultats

La teneur en composés phénoliques est exprimée en milligramme d'Acide Gallique Equivalent (GAE)/100g MS d'extrait, selon la formule suivante :

$$T = [(C \times V \times D) / P] \times 100$$

Dont:

T: Teneur en polyphénols totaux (mg GAE /100g d'extrait).

C: Concentration des polyphénols en équivalent d'acide gallique déduit de la courbe.

D: Facteur de dilution.

P: Poids de l'échantillon (g).

V: volume de la solution analysée (ml).

4.2.3. Dosage des flavonoïdes

Principe

Le dosage des flavonoïdes s'effectue par la méthode du trichlorure d'aluminium. Cette méthode est basée sur l'oxydation des flavonoïdes par ce réactif ($AlCl_3$), le complexe résultant à une coloration jaunâtre mesurable à 420 nm. Ceci est dû au fait que le métal (Al) perd deux électrons pour s'unir à deux oxygènes de la molécule phénolique agissant comme donneurs d'électrons. (Dif *et al.*, 2015)

Technique

Dans des tubes à essai, 1,5 ml de la solution de chaque extrait ont été ajoutés à 1 ml de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) à 2% (dissout dans 20 ml de méthanol pur). Le mélange a été agité puis incubé à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant 10 minutes. L'absorbance a été lue à une longueur d'onde de 430 nm.

La teneur en flavonoïdes est exprimée en milligrammes équivalent de Quercitine par gramme de la matière végétale sèche (mg Eq Q/100 g MS) selon la formule précédente.

4.2.4. Dosage des tanins

Principe

Cette méthode de détermination du taux des tanins condensés est basée sur la condensation des composés poly-phénoliques avec la vanilline en milieu acide qui donnera un composé brun. L'absorbance est lue à une longueur d'onde de 500 nm. (Dif *et al.*, 2015)

Technique

Pour le dosage des tanins condensés, 0,25 ml de chaque extrait ont été ajoutés à 2,5 ml de la solution de sulfate ferreux (0,0046 g de sulfate d'ammonium ferrique $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ dissous dans 30 ml de (3 :2 n_butanol : HCl). Le mélange est placé dans un bain marie à 95 °C pendant 50 min, l'absorbance a été mesurée à 530 nm. La teneur en tanin condensée est exprimée en milligrammes équivalent d'acide gallique par gramme de la matière végétale sèche (mg Eq AG/100 g MS) selon la formule suivante :

$$T = [(C \times V \times D) / P] \times 100$$

4.3. Evaluation de l'activité antimicrobienne

4.3.1. Préparation des extraits

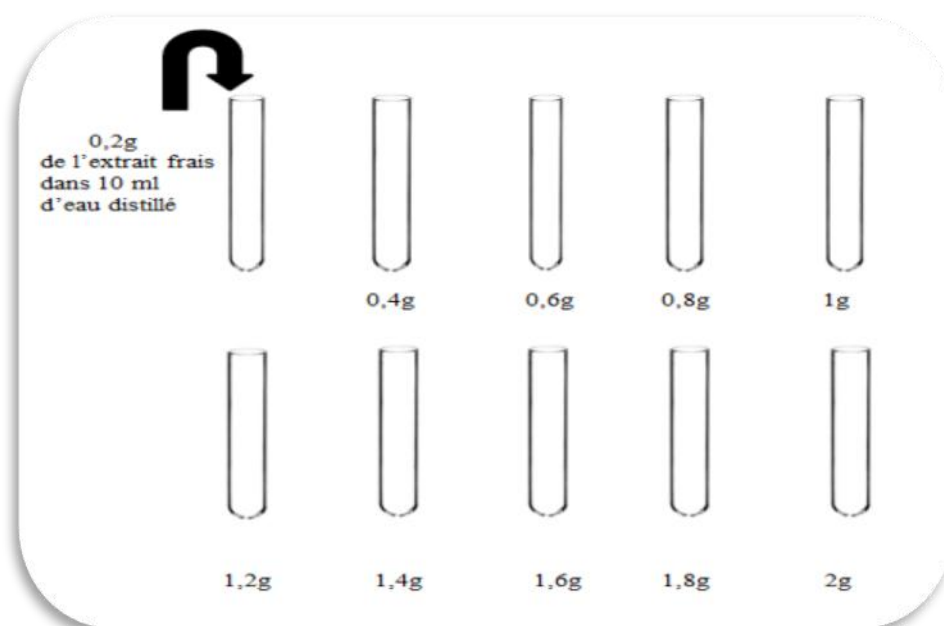


Figure 14: Préparation des extraits aqueux

Dans 10 tubes contenant 10 ml d'eau distillée, des concentrations croissantes de l'extrait sec (de 0,2g jusqu'à 2 g) ont été ajoutées .

Dans 10 tubes contenant 10 ml d'eau distillée, des concentrations croissantes de l'extrait frais (de 0,2g jusqu'à 2 g) ont été ajoutées

4.3.2. Préparation des milieux de culture

- Gélose Mac Conkey est un milieu favorable pour la croissance de *E. coli* ; pour préparer ce milieu 51.5 g de la poudre du milieu est ajouté dans 1 L d'eau distillée , homogénéiser puis chauffer en agitant.
- Gélose Mueller Hinton est une gélose riche pour la réalisation de l'antibiogramme standard. Pour préparer ce milieu 38 g de la poudre du milieu est ajouté dans 1 L d'eau distillée, homogénéisé puis chauffer en agitant.
- Gélose Chapman est un milieu favorable pour l'isolement et la numération des staphylocoques. Mettre 111 grammes de la poudre du milieu dans 1 litre d'eau distillée puis chauffer lentement en agitant fréquemment.
- Le milieu de culture PDA est favorable pour la croissance des champignons phyto - pathogènes. Pour préparer ce milieu 58 g de milieu est ajouté dans 1 L d'eau distillée, homogénéisé puis chauffer en agitant.
- Tous les milieux ont été portés à ébullition pendant environ une minute puis versé dans des flacons et passé à l'autoclave à une température de 121 °C pendant 15 minutes pour la stérilisation.

4.3.3. Préparation des souches

Les deux souches bactériennes (*E. coli* et *S. aureus*) ont été repiquées par la méthode des stries sur les milieux sélectifs de chaque souche (milieu Chapman pour *S. aureus* et milieu Mac Conkey pour *E. coli*). Par la suite, les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 24 heures afin d'obtenir des cultures jeunes.

La souche fongique a été repiquée en milieu PDA et incubée à 28°C pendant 7 jours pour obtenir des cultures jeunes.

4.3.4. Standardisation de l'inoculum bactérien

A partir des cultures jeunes de 24h d'incubation, pour chaque souche, deux à trois colonies bien isolées ont été prélevées et ont été placées dans un tube à essai stérile contenant 10 ml d'eau physiologique stérile. L'ensemble a été agité à l'aide de vortex pendant quelques secondes.

Selon Mac Farland, la standardisation de la suspension de 10^6 UFC/ml a été réalisée par un spectrophotomètre réglé sur une longueur d'onde de 625 nm. La densité optique doit être comprise entre 0,08 et 0,13, l'inoculum peut être ajusté en ajoutant, soit de bactérie s'il est trop faible, ou bien l'eau physiologique stérile s'il est trop fort.

4.3.5. L'antibiogramme

➤ Technique

La gélose de Mueller Hinton a été coulé dans cinq boîtes de Pétri pour chaque souche, après la solidification du milieu, l'inoculum standardisé a été ensemencé en stries à l'aide d'un écouvillon sur toute la surface des boîtes de Pétri. À l'aide d'une micropipette, les disques de papier filtre stérilisés ont été imbibés de 60 µl de l'extrait sec (180g/L) pour la souche *S.aureus* et de 60 µl de l'extrait sec (20g/L) pour *E.coli* et extrait frais (20g/L) pour les deux souches puis ont été déposés à la surface de la gélose ensemencée, Chaque boîte a comporté une seule concentration qui a été répétée trois fois. L'incubation des boîtes a été effectuée à 37°C pendant 24h.

Des témoins négatifs ont été préparés en imbibant les disques par 60 µl d'eau distillée à la place des extraits, et des témoins positifs ont été utilisés il s'agit des disques antibiotiques (Chloramphénicol ; Ceftazidime; Colistin ; Oxacilline), en plus des boîtes comportent à sa surface de très fines lamelles de gingembre frais.

➤ Expression des résultats

L'activité antibactérienne a été déterminée par la mesure, à l'aide d'un pied à coulisse des diamètres des zones d'inhibition (mm) qui ont été formées autour de chaque disque. La sensibilité des bactéries cibles envers les différents composés est classée selon les diamètres des halos d'inhibition déterminés par Ponce, et *al.* (2003) :

- 0 à 8 mm : bactérie non sensible ou résistante.
- 9 à 14 mm : bactérie sensible ou intermédiaire.
- 15 à 19 mm : bactérie très sensible.
- 20 mm ou + : bactérie extrêmement sensible.

4.3.6. Evaluation de l'activité antifongique

L'activité antifongique de nos extraits frais et sec a été testée sur une souche fongique (*Fusarium oxysporum*).

À l'aide d'une pipette pasteur, un disque à partir des cultures jeunes de champignons a été prélevé et déposé sur le milieu de culture PDA. A la surface de la gélose des disques contenant 60µl d'extrait sec et frais ont été déposés. L'incubation des boites a été effectuée à 28°C pendant 7 jours.

Des témoins négatifs ont été préparés en imbibant les disques par 60 µl d'eau distillée à la place des extraits.

Chapitre IV

Résultats et Discussion

1. Caractérisation des extraits

1.1. Rendement d'extraction

Les valeurs obtenues pour les rendements d'extraction des deux extraits aqueux du *Zingiber officinale* frais et sec sont représentées dans et la figure suivante.

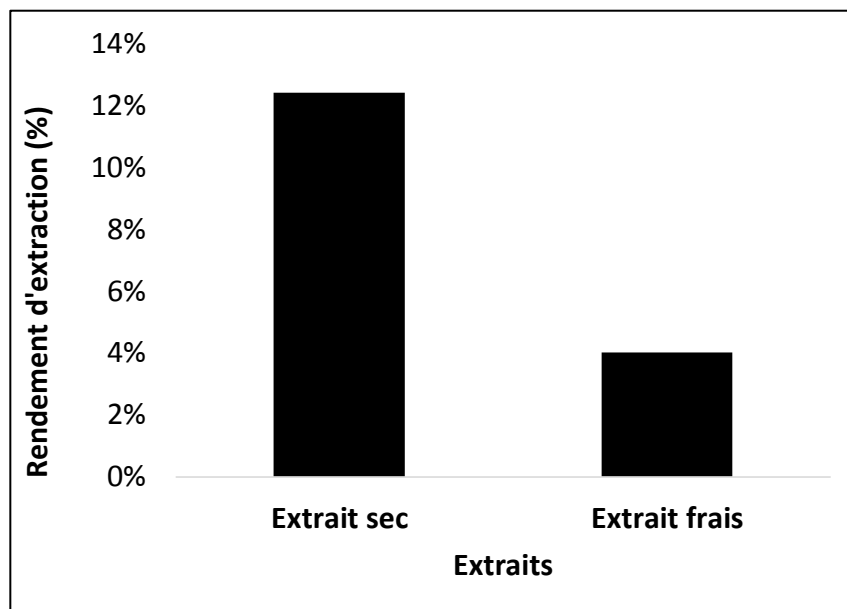


Figure 15: Rendements d'extraction du *Zingiber officinale* frais et sec

D'après les résultats obtenus, le meilleur rendement d'extraction a été enregistré dans l'extrait aqueux du *Zingiber officinale* sec avec 12.40 %. En revanche, l'extrait aqueux du *Zingiber officinale* frais à un faible rendement d'extraction de 4.02 %.

1.2. Teneur en polyphénols totaux

L'analyse de variance (Tableau 4) montre qu'il y a une différence très hautement significative ($P \leq 0,001$) entre les deux extraits aqueux frais et sec.

D'après l'histogramme illustrée dans la figure 16, nous avons constaté que l'extrait aqueux du *Zingiber officinale* sec qui est groupé dans le groupe homogène (b) a une teneur en polyphénols plus élevées que l'extrait aqueux *Zingiber officinale* frais du groupe homogène (a).

La teneur en polyphénols de l'extrait aqueux du *Zingiber officinale* sec est élevé (620.608 mg EAG/g MS) par rapport à celle de l'extrait aqueux du *Zingiber officinale* frais

(433.799 mg EAG/g MS). Donc entre ces deux extraits, le *Zingiber officinale* sec est plus riche en polyphénols que le *Zingiber officinale* frais.

1.3. Teneur en flavonoïdes

Selon les valeurs obtenues, il n'y a pas de différence significative ($P \geq 0,05$) entre les deux extraits frais et sec concernant la teneur en flavonoïde.

D'après nos résultats (figure 16), nous avons constaté que les teneurs en flavonoïdes sont presque similaires pour les deux extraits frais et sec avec 105.302 mgEAG/g MS pour l'extrait aqueux du *Zingiber officinale* sec et de 105.183 mg EAG/g MS pour l'extrait aqueux du *Zingiber officinale* frais .

1.4. Teneur en tanins

D'après l'étude statistique, nous avons enregistré une différence hautement significative ($P \leq 0,01$) entre les deux extraits frais et sec.

L'histogramme ci-dessous, montre que l'extrait aqueux du *Zingiber officinale* sec groupé dans le groupe homogène (b) possède une quantité de Tanins importante que l'extrait aqueux du *Zingiber officinale* frais du groupe homogène (a) .

Les teneurs en Tanins sont de 51.050 mg EQ/g MS pour l'extrait aqueux du *Zingiber officinale* sec et de 21.181 mg EQ/g MS pour l'extrait aqueux du *Zingiber officinale* frais .

Tableau 4: Analyse des variations de teneur des composés phénoliques des extraits de *Zingiber officinale* sec et frais

Composés phénoliques	Source	SCE	ddl	CM	F	Sig.
Polyphénols	Extraits	87244	1	87244	57,407	0***
Flavonoïdes	Extraits	0,036	1	0,036	1,716	0.227 ns
Tanins	Extraits	2230,51	1	2230,51	14,203	0.005**

n.s ; non significatif ($P \geq 0,05$), * ; significatif ($P \leq 0,05$), ** ; hautement significatif ($P \leq 0,01$), *** ; très hautement significatif ($P \leq 0,001$).

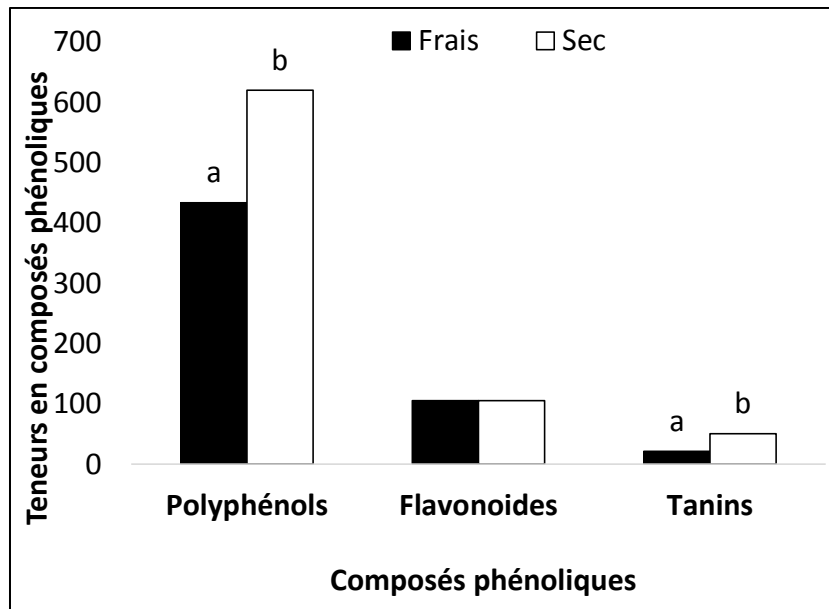


Figure 16: Variations des teneurs en composés phénoliques au niveau des différents extraits de *Zingiber officinale* frais et sec

2. Activité antibactérienne

2.1. Test antibactérien

Pour évaluer l'activité antibactérienne de *Zingiber officinal* frais et sec, nous avons utilisé un extrait aqueux du gingembre frais et du gingembre sec. Cette activité a été évaluée par la méthode de diffusion en milieu gélosé (disques), après 24h d'incubation, en mesurant les diamètres des zones d'inhibition de la croissance bactérienne vis-à-vis deux souches (*S. aureus* et *E. coli*).

Afin de mieux évaluer l'activité antibactérienne des deux extraits, nous avons effectué des tests pour le témoin négatif qui est l'eau distillée, et les antibiotiques (Chloramphénicol, Cefotaxime, Colistin, Oxacilline) comme témoin positif (figure 17). Les résultats des témoins positifs sont mentionnés dans le tableau 05.

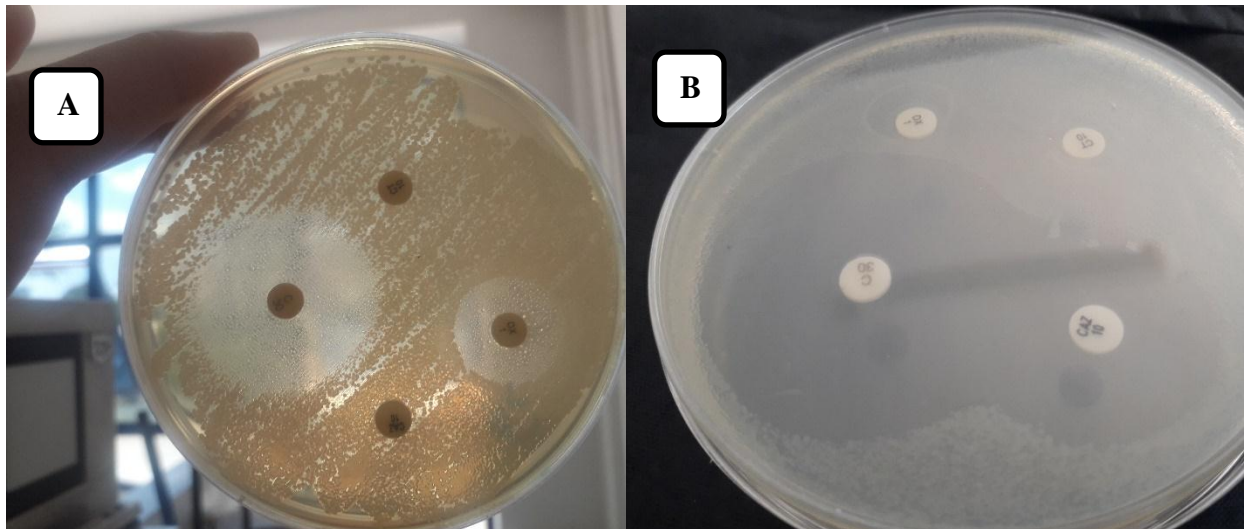


Figure 17: Témoins positifs (A) sur *S.aureus* et (B) sur *E.coli*

Tableau 5: Diamètres des zones d'inhibition (mm) obtenus par les antibiotiques sur les deux souches bactériennes

Antibiotique	Chloramphénicol	Ceftazidim	Colistin	Oxacilline
Souches				
<i>S .aureus</i>	34mm	-	-	18mm
<i>E. coli</i>	45mm	30mm	10mm	7mm

L'activité antibactérienne des deux extraits du *Zingiber officinale* frais et sec ainsi que les lamelles du *Zingiber officinale* frais est présentée dans la figure 18.

Selon le tableau d'analyse des variances, nous avons remarqué un effet significatif ($P \leq 0,05$) entre les deux bactéries, et un effet non significatif ($P \geq 0,05$) entre les extraits aqueux frais et sec.

Chez *S. aureus*, la zone d'inhibition la plus importante est enregistrée pour l'extrait aqueux de *Zingiber officinale* sec (13,333mm), tandis que, la zone d'inhibition la moins importante est enregistrée pour l'extrait aqueux de *Zingiber officinale* frais (9,667mm), par contre les lamelles de *Zingiber officinale* frais n'ont aucun effet.

En revanche, chez *E. coli*, l'extraits aqueux de *Zingiber officinale* frais montre un effet important avec une zone d'inhibition de (22,167mm), suivie par les lamelles de *Zingiber*

officinale frais (18.333mm), tandis que la zone d'inhibition la moins importante est enregistré pour l'extrait de *Zingiber officinale* sec.

D'après les résultats obtenus, on note que l'extrait aqueux et les lamelles du *Zingiber officinal* frais réagis mieux sur *E.coli* que sur *S.aureus*, alors que l'extrait aqueux du *Zingiber officinal* sec a plus d'efficacité sur *S.aureus*.

Tableau 6: Analyse des variances d'activité antibactérienne des extraits de *Zingiber officinale* frais et sec

ANOVA	Source	Somme des carrés des écarts	ddl	Carrés moyens	F	Sig.
Global	Bactéries	406,125	1	406,125	6,852	0.02*
	Extraits	137,25	2	68,625	1,158	0.342 ns
<i>S.aureus</i>	Extraits	284,667	2	142,333	160,125	0***
<i>E. coli</i>	Extraits	193,167	2	96,583	1,198	0.365 ns

n.s ; non significatif ($P \geq 0,05$), * ; significatif ($P \leq 0,05$), ** ; hautement significatif ($P \leq 0,01$), *** ; très hautement significatif ($P \leq 0,001$).

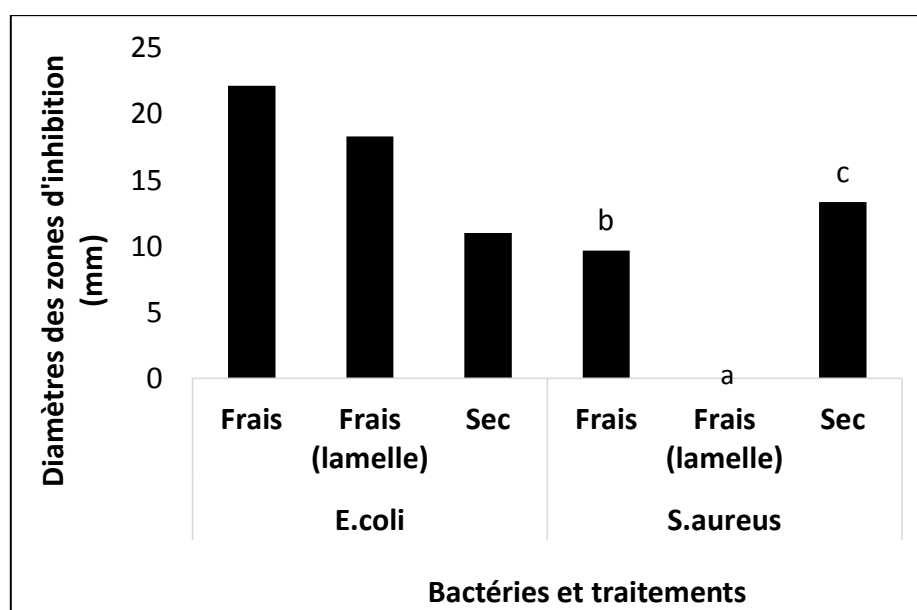


Figure 18: Activité antibactérienne des deux extraits frais et sec du *Zingiber officinale* et des lamelles du *Zingiber officinale* frais .

A partir des normes données par Ponce, et *al.* (2003), on conclue que *E. coli* est une bactérie extrêmement sensible par rapport à l'extrait frais car les diamètres des halos d'inhibition de la croissance bactérienne ont dépassé les 20 mm ; moyennement sensible par rapport à l'extrait sec car les diamètres des halos d'inhibition de la croissance bactérienne sont entre 9 et 14mm et très sensibles par rapport aux lamelle frais car les diamètres des halos d'inhibition de la croissance bactérienne sont entre 15 et 19mm.

En revanche, *S. Aureus* est une bactérie moyennement sensible car elle présente des diamètres de zones d'inhibition comprises entre 9 et 14 mm par rapport aux extrait frais et sec, et non sensible ou résistante pour les lamelles fraîches.

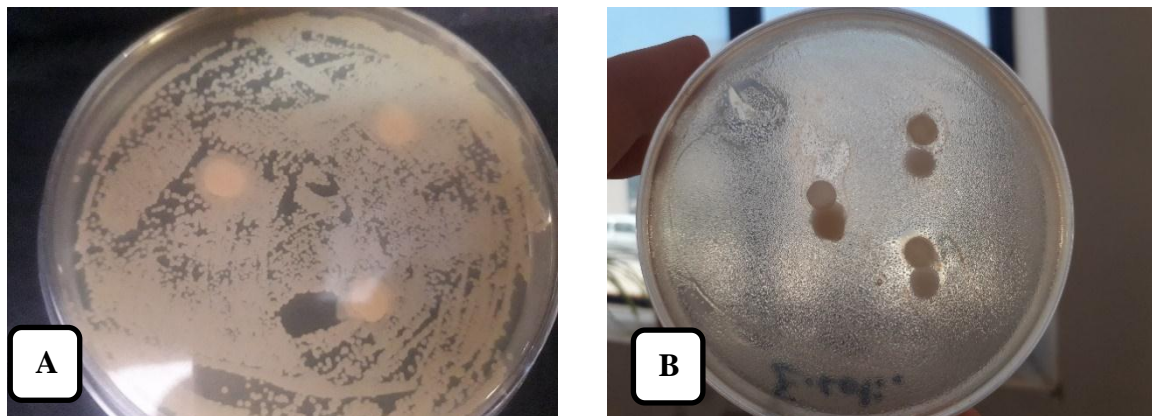


Figure 19: Témoins négatif sur *S.aureus* (A) et *E.coli* (B)

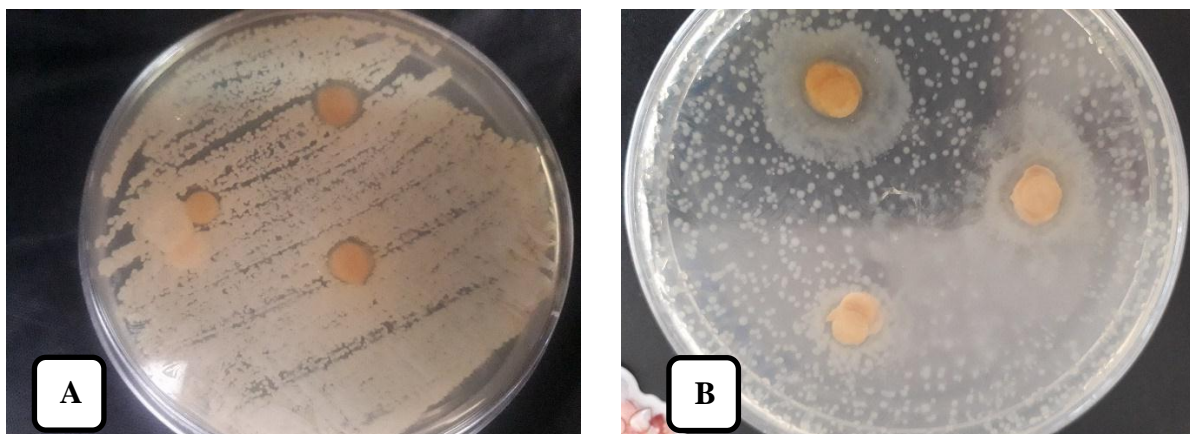


Figure 20: Extrait frais sur *S.aureus* (A) et *E.coli* (B)

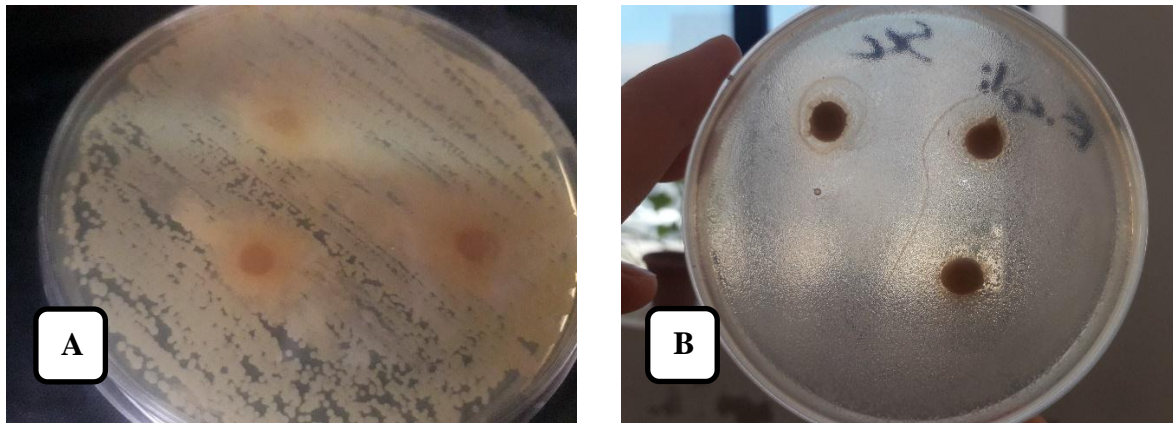


Figure 21: Extrait sec sur *S.aureus* (A) et *E.coli* (B)



Figure 22: Frais lamelles sur *S.aureus* (A) et *E.coli* (B)

2.2. Activité antifongique

L'activité antifongique des extraits du gingembre frais et sec , a été évaluée sur un champignon phytopathogène par la méthode de diffusion en milieu gélosé (disques), après 7 jours d'incubation, en mesurant le diamètre de la croissance de champignon et en la comparant avec une boîte de témoin négatif . Les résultats sont présentés dans la figure 23.

La Figure 23 montre que l'effet des lamelles de *Zingiber officinale* frais est plus important car on a enregistré un diamètre de disque fongique qui ne dépasse pas les 50 mm, par contre l'effet enregistré des extraits sec et frais est faible, en enregistre 80mm et 70mm respectivement ; révélant ainsi la résistance de ce champignon à l'égard de ces extraits.

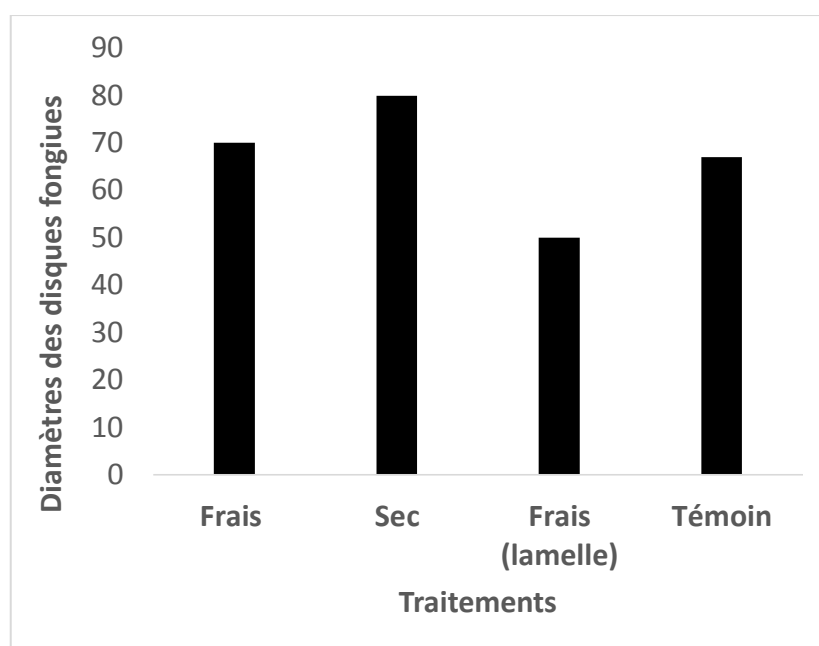


Figure 23: Activité antifongique des deux extraits du *Zingiber officinale* frais et sec et des lamelles fraîches

F. oxysporum est sensible aux lamelles du *Zingiber officinale* frais qui ont un effet d'inhibiteur important par rapport aux extraits aqueux du *Zingiber officinale* frais et sec.

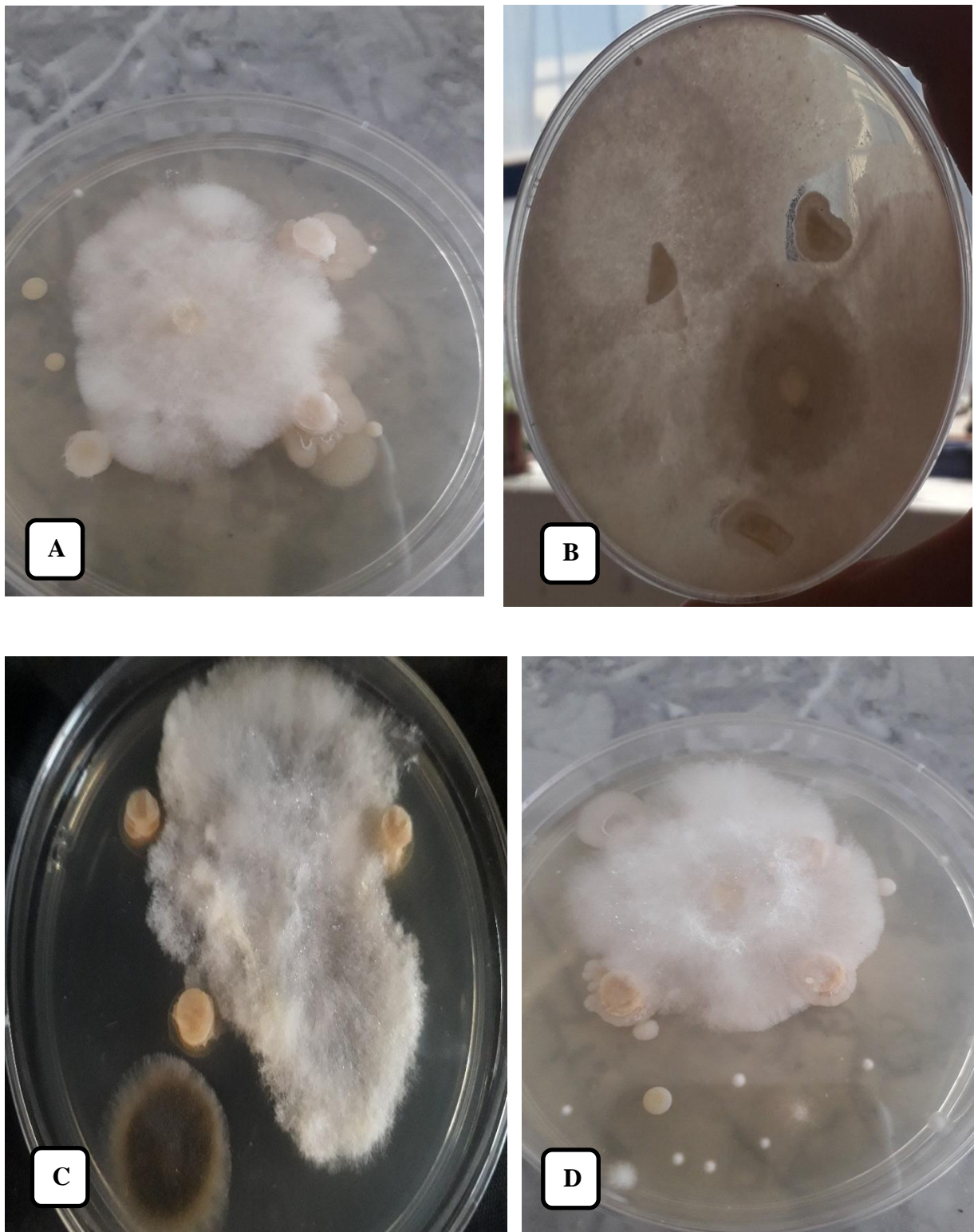


Figure 24: Témoins négatifs (A), frais lamelle (B), extrait frais (C), extrait sec (D)

Discussion

Les plantes du genre *Zingiber* sont connues par leurs importances et leur richesse en éléments bioactifs. L'espèce *Zingiber officinale* est une espèce qui est consommé dans le monde entier comme épice et un agent aromatisant de l'ancien temps. Il représente une partie intégrante de la cuisine et de la médecine traditionnelle orientale, et constitue l'un des piliers de la médecine ayurvédique.

Notre travail nous a permis de mettre en évidence, les différences qui existent entre le *Zingiber officinale* frais et le sec.

Le rendement d'extraction de l'extrait aqueux du *Zingiber officinale* sec est meilleur que celui de l'extrait aqueux du *Zingiber officinale* frais ; les extraits aqueux du gingembre sec et frais avaient des rendements d'extractions de 12.40% et de 4.02% respectivement. En effet il est difficile de comparer les valeurs de nos rendements avec d'autre études, car le rendement n'est que relative et semble être lié aux propriétés génétiques de la plante, l'origine géographique, conditions et à la durée de stockage de la récolte et aussi des conditions dans lesquelles l'extraction a été effectuée (nature de solvant et la méthode d'extraction...) (Lee et al., 2003).

Concernant les composés phénoliques, l'extrait aqueux sec a une teneur en polyphénol élevé par rapport à l'extrait aqueux frais. Pour la teneur en flavonoïdes, les deux extraits aqueux sec et frais sont presque similaires. Nos résultats sont proches à ceux trouvés par Baiba et al. (2019) qui ont rapporté une teneur en flavonoïdes de $46,73 \pm 2,05$ et $45,59 \pm 1,75$ mg QE 100 g⁻¹ respectivement des extraits aqueux de racine du gingembre frais et séché.

Les différences de teneurs en composés phénoliques peuvent être provoqué par la faible spécificité du réactif de Folin-Ciocalteu, c'est l'inconvénient principal du dosage colorimétrique. Le réactif est extrêmement sensible à la réduction de tous les groupes d'hydroxyles non seulement celles des composés phénoliques, mais également de certains sucres et de protéines (Vuorela, 2005 ; Gomez-Caravaca et al., 2006).

En effet, la teneur phénolique d'une plante dépend d'un certain nombre de facteurs intrinsèques (génétique) et extrinsèques comme les conditions climatiques température élevée exposition solaire, les pratiques culturelles, la maturité à la récolte et les conditions de stockage sécheresse, salinité, (Podsdek, 2007).

Pour la teneur en tanins, l'extrait aqueux du *Zingiber officinale* sec possède une quantité de Tanins importante que l'extrait aqueux du *Zingiber officinale* frais. Nos résultats sont différents de ceux trouvés par Biba *et al* (2019) qui ont montré que la teneur la plus élevée en composés phénoliques ($104,7 \pm 4,5$ mg de GAE 100 g⁻¹ DW) des extraits aqueux a été obtenus en utilisant de la racine de gingembre fraîche avec une différence de 30% de plus que de l'échantillon de racine séchée. Cette différence peut être due à la qualité, l'origine et les conditions du stockage de cette plante.

Zingiber officinale frais et sec ont un effet inhibiteur sur la croissance bactérienne qui varie selon la bactérie testée. *E. coli* est plus sensible à l'extrait frais et les lamelles fraîches du *Zingiber officinale* par rapport à l'extrait sec. Par contre, *S. aureus* est plus sensible à l'extrait aqueux sec et les lamelles fraîches de *Zingiber officinale*. Nos résultats sont similaires à d'autres travaux de recherche qui ont révélé que ce genre possède une forte activité antibactérienne. Nada *et al* (2014) ont rapporté que les extraits de gingembre ont un effet antimicrobien contre les bactéries à Gram négatif (*E. coli*) et à Gram positif (*S. aureus*). Cela est peut être due à la présence de gingérol et de shogaol en tant qu'ingrédient actif dans le gingembre. Sani *et al* (2018) ont montré dans leur étude que la zone d'inhibition la plus large a été obtenue avec *Z. officinale* séché sur *S. aureus*.

La variabilité entre l'effet antibactérien des deux extraits peut être expliquée par la différence biologique des bactéries utilisées (Gram+ et Gram-). Les travaux de Gayathri *et al* (2020) ont montré que les extraits de huiles essentielles du gingembre frais et sec ont des effets inhibiteurs différents sur les bactéries Gram+ et Gram-. Cet effet inhibiteur est meilleur pour les bactéries à Gram- , car ces dernières contiennent une paroi mince et plus sensible aux composés bioactifs par rapport aux bactéries à Gram+ qui possèdent des parois plus épaisses et rigides lui permettant de mieux résister à l'effet inhibiteur des différents composants bioactifs .

Les deux extraits aqueux de l'espèce de *Zingiber* étudiés ont montré une activité antifongique minime contre le champignon testé. Le pouvoir antifongique le plus puissant est enregistré pour les lamelles fraîches de *Zingiber officinale*. Par contre, les extraits aqueux de *Zingiber officinale* frais et sec ont une activité antifongique plus faible. Cette différence d'activité antifongique entre les extraits préparés et les lamelles fraîches peut être due à la différence de la concentration des composés bioactifs de la plante .

Hexiang *et al.* (2005) ont démontré que le rhizome de gingembre est capable d'exercer un effet inhibiteur sur la croissance mycélienne chez plusieurs espèces de champignons (*B.*

cinerea, *F. oxysporum*, *M. arachidicola*, and *P. piricola*). De même, Gayathri *et al* (2020) a montré que l'effet de l'activité antifongique de l'échantillon frais de *Zingiber officinale* a une zone d'inhibition maximale par rapport à d'autres champignons. Selon le même auteur (Gayathri *et al*, 2020) le gingembre frais contient plus de composés oxygénés comme le gingérol par rapport au gingembre sec qui lui rend plus puissant que le *Zingiber officinale* sec

Conclusion

Conclusion

Dans ce travail, nous avons comparé entre le *Zingiber officinale* frais et sec afin d'évaluer l'effet de la conservation sur la variabilité de l'activité biologique de cette plante à usage caulinaire et médicinale.

Pour les caractérisations des extraits préparés, le *Zingiber officinale* sec a un rendement d'extraction plus élevé par rapport au *Zingiber officinale* frais. Les deux extraits des deux formes du gingembre frais et sec ont présenté une différence très hautement significative en ce qui concerne leur teneur en polyphénols et en tanins. L'extrait de *Z. officinale* sec enregistre les concentrations les plus élevées des composés phénoliques.

L'activité antibactérienne des extraits de *Zingiber officinale* frais et sec a été évaluée sur deux souches bactériennes impliquées dans les pathologies humaines et sur un champignon phytopathogène. On note que toutes les souches testées sont sensibles aux extraits de *Z. officinale* frais et sec mais de manière différente. L'extrait aqueux frais et le rhizome frais en lamelles ont une activité inhibitrice forte sur *E.coli* par rapport à l'extrait sec. En revanche, l'extrait aqueux du gingembre sec a une forte activité par rapport au frais vis à vis *S.aureus*.

Par contre, chez les champignons, les lamelles de *Zingiber officinale* frais ont montré un effet inhibiteur plus puissant.

L'étude comparative entre le *Zingiber officinale* frais et sec montre que ces deux extraits sont différents du point de vue biochimique et biologique, chaque extrait à un caractère spécifique à lui-même.

On conclue qu'il existe une variabilité dans l'activité antimicrobienne entre les deux extraits et cela est due aux conditions de conservation, à la forme de commercialisation ou due à la qualité de la plante.

Références bibliographiques

A

Aghrous Saadia., Touhami Cherifa. (2013). Effet antimicrobien combiné du miel et du gingembre. Mémoire de fin d'étude. (106) : pp 15

Al-Nahain A., Jahan R., Rahmatullah M. (2014). *Zingiber officinale*: A Potential Plant against Rheumatoid Arthritis. Arthritis, 89-159 p.

Amari Sihem. (2016). Étude phytochimique et évaluation de l'activité antibactérienne et antioxydante de deux extraits de la plante *Zingiber officinale*. Mémoire de fin d'étude. UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID-TLEMCEN. (46) : pp 11.

Anne Butin. (2017). Le gingembre : de son utilisation ancestrale à un avenir prometteur. Thèse de doctorat. Université de lorraine (116) : pp 06-30.

Assih Alèdi., Nenonene Yawo Amen., Tchabi Atti., Fiaboe Kokou Rodrigue., Akantetou Komla Pikassalé (2018), Effets De La Fertilisation Sur Les Nématodes Parasites Et Le Rendement En Rhizomes Frais Du Gingembre, *Zingiber officinale* Rosc. European Scientific Journal. Ed : Vol.14, No.24 (228) : pp 217.

B

Baiba Ozola , Ingrida Augspole, Mara Duma , Viesturs Kreicbergs (2019), bioactive compounds in fresh and dried ginger root (*Zingiber officinale*), Department of Chemistry, Faculty of Food Technology, Latvia University of Life Sciences and Technologies Ingrida Augspole , Mara Duma , Viesturs Kreicbergs Baiba Ozola .

Banerjee S., Mullick H I., Banerjee J. (2011). *Zingiber officinale*: a natural gold. International Journal of Pharma and Bio Sciences; (2): pp 975.

Boizot N., Charpentier J.P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Méthodes et outils pour l'observation et évaluation des milieux forestiers, N° spécial : pp 79-83.

Braga M.E.M., Moreschi S.R.M., Meireles M.A.A. (2006). Effects of Supercritical Fluid Extraction on *Curcuma longa* L. and *Zingiber officinale* R. Starches, Carbohydrate Polymers, (63): pp 346.

Britt Brandon., CFNS., CPT. (2015), Ginger for Health 100 Amazing and Unexpected Uses for Ginger. Ed :Adams Media (206) : pp 9-10.

Bruneton J. (2009). Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales 4^{ème} édition .Technique et Documentation .Paris : pp 1269 .

Bunga Rampai. (2011). JAHE (*Zingiber officinale Rosc.*) Status Teknologi Hasil Penelitian JAHE. Ed : Miftahudin and Efiana. (158) : pp 04-05-06.

C

Chouleur Frédérique., Gilson Céline., Salell Marion. (2009). Le gingembre : Des bienfaits prouvés. Rapport de fin d'étude. (41) : pp 06.

Claire Pinson. (2012) Gingembre et curcuma : Un concentré de bienfaits pour votre santé et votre beauté. Ed : EYROLLES (178) : pp 10-53.

Clémentine Perotto. (2013), L'utilisation des plantes et de leurs principes actifs dans le traitement de la douleur à travers le monde. Thèse de doctorat (159) : 84- 86.

D

Dalle-Donne I., Rossi R., colombo R., Giustarini D., Milzani A. (2006). Biomarkers of oxidative damage in human disease. *Clin Chem*, (52) : pp 623.

Dif . M. M., H. Benchiha., Z. Mehdadi., F. Benali-Toumi., M. Benyahia., K. Bouterfas. (2015). Étude quantitative des polyphénols dans les différents organes de l'espèce *Papaver rhoeas L.* *Phytothérapie* 13 (5): pp 314- 19.

E

Eberhard Teuscher., Robert Anton., Annelise Lobstein. (2005). Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Ed : Tec et Doc (522): pp 259-260-263.

Eddouks M., Ouahidi M.L., Farid O., Moufid A., Khalidi A., Lemhadri A. (2007). L'utilisation des plantes médicinales dans le traitement du diabète au Maroc. *Phytotherapie*. 5(4) : pp 194.

F

Faivre Cl., Lejeune L., Staub H., Goetz P. (2006). *Zingiber officinale* Roscoe, *Phytothérapie*, 2 : pp 99- 102.

Ficker CEA., Smith ML., Susiarti SB., Leaman DJ., Arnason JCIT. (2003). Inhibition of human pathogenic fungi by members of Zingiberaceae used by the Kenyah (Indonesian Borneo). *J Ethnopharmacol.* (85) : pp 289–293.

Foine Angèle. (2017). Les Zingiberaceae en phytothérapie : l'exemple du gingembre. Thèse de doctorat. Université de Lille 2 Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de Lille
(147) : pp 12-121.

G

Gigon F. (2012). Le gingembre, une épice contre la nausée. *Phéto*, (10) : pp 87.

G.Gayathri., S.Gomathi., V.Ambikapathyi., A.Panneerselvam. (2020) , Comparative Study of antimicrobial activity on fresh and dried *Zingiber officinale Rosc*, *Asian Journal of Advances in Medical Science* 2(4): 16-23, 2020 , Received: 20 October 2020 Accepted: 24 December 2020 Published: 11 January 2021

Gómez-Caravaca, A. M., Gómez-Romero, M., Arráez-Román, D., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2006). Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41, 1220-1234. PMID:16621403.

H

Hexiang Wang a , Tzi Bun Ng b, (2005) An antifungal protein from ginger rhizomes , Received 2 August 2005 Available online 18 August 2005 , *Biochemical and Biophysical Research Communications* 336 (2005) 100–104

I

Indu, I., Sasidhara, A., Nirmala, M. (2010). Composition chimique et comparatif d'activité antimicrobienne d'huiles de gingembre (*Zingiber officinale roscoe*). *Journal internationale de la recherche pharmaceutique.* 2 (4) : pp 40-43.

J

James A Duke., Mary Jo Bogenschutz-Godwin., Judi duCellier., Peggy-Ann K. Duke (2003). *CRC handbook of medicinal spices.* Ed : CRC Press LLC (320) : pp 306-307-314.

Joanne Barnes., Linda A Anderson., J David Phillipson. (2007). Herbal Medicines. Third édition. Ed : Pharmaceutical Press (720) : pp 297.

Κ

Kaabour Faiza. (2009), Activités antioxydantes et antibactériennes des extraits aqueux du thé, de l'origan et du gingembre -Etude in vitro-. Mémoire de fin d'étude. Université Farhat Abbas Sétif . (88) : pp 01.

Koch C., Reichling BJ., Schneeleb J., Schnitzler P. (2008). Inhibitory effect of essential oils against herpès simplex virus type 2. Phyto Med : pp 15, 71–78.

Kubra IR., Rao LJ. (2012). An impression on current developments in the technology, chemistry, and biological activities of ginger (*Zingiber officinale Roscoe*). Crit Rev Food SciNutr. 52(8): pp 651-88.

Λ

Lee K. W., Kim Y. J., Lee H. J. et Lee C. Y. (2003). Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine. J. Agric. Food chem. 51 : pp 7292-7295.

Μ

Mahboubi Moussaoui. (2014). Plantes médicinales de méditerranée et d'Orient. Ed : SABIL. (142) : pp 69.

Mahdi HJ., Andayani R., Aziz I. (2013). Determination of Phylogenetic and Molecular Characteristics of Three Malaysian Ginger Cultivars (*Zingiber officinale Roscoe*) Using Microsatellite DNA. Trop Life Sci Res. Dec, 24(2): pp 65-76 .

Marouf Nadjet., Meliani Bakhta., Siyoucef Ichraq. (2019). Etude comparative entre quelques activités biologiques de *Nigella Sativa* et *Nigella Damascena*. Mémoire de fin d'étude, (37) : pp 12.

Meghezzi Saoussen., Dali Meroua. (2018). Etude in vitro de l'activité antioxydante de gingembre « *Zingiber officinale* ». Mémoire de fin d'étude. (48) : pp 06-11.

N

Nada khazal Kadim Hindi, Zainab Khuduhur Ahmad AL-mahdi, Zainab Adil Ghani Chabuck. (2014). Antimicrobial activity of the aquatic extract of fresh, dry powder ginger, apple vinegar extract of fresh ginger and crud oil of ginger (*Zingiber officinale*) against different types of bacteria in HILLA CITY, IRAQ. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences ISSN- 0975-1491 Vol 6, Issue 5,

Naoufal lachkham. (2014). Utilisation de la médecine au cours de la spondylarthrite. Thèse de doctorat. (85) : pp 20.

Neveu V., Perez-Jiménez J., Vos F., Crespy V., du Chaffaut L., Mennen L., Knox C., Eisner R., Cruz J., Wishart D., Scalbert A. (2010). Phenol-Explorer : an online comprehensive database on polyphenol contents in foods. Database, doi: 10.1093/ database/ Full text (free access), : pp 24.

P

Podsedek, A. 2007- Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. LWT. 40:1-11.

R

Randrianarivony Lanto Lancia. (2005). Valorisation du gingembre de beforona en huile essentielle et oléoresine cas de la société biosave : optimisation du rendement et contrôle qualité. Mémoire de fin d'étude . (62) : pp 10-13-14-15.

Rashidian A., Mehrzadi S., Ghannadi AR., Mahzooni P., Sadr S., Minaiyan M. (2014). Protective effect of ginger volatile oil against acetic acid-induced colitis in rats: a light microscopic evaluation. Cité dans le site internet ([https:// www.vitaality.fr](https://www.vitaality.fr)) .

Rauter A.P., Branco I., Tostao Z., Pais M.S., Gonzalez A.G., Bermejo J.B. (1989). Flavonoids from *Artemisia campestris* Subsp *Maritima*. Phytochemistry. 28 (8): pp 2173.

Ravaoarisoa Marie Félicie. (1979). Le gingembre et ses différentes utilisations. Mémoire de fin d'étude. (90) : pp 16-17.

Ravindran., P. N., K. Nirmal., Babu. (2005). Ginger. Ed : CRC press : pp 552.

S

Sabulal AB, Dan MB, Anil John AJa, Kurup RA, Pradeep NSC, Valsamma RKC, George V (2006). Caryophyllene-rich rhizome oil of *Zingiber nimmonii* from South India: Chemical characterization and antimicrobial activity. *Phytochem*, (67) : pp 2469.

Sani Njobdi, Maryam Gambo and Gali Adamu Ishaku (2018) , Antibacterial Activity of *Zingiber officinale* on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* , *Journal of Advances in Biology & Biotechnology* 19(1): 1-8, 2018; Article no.JABB.43534 ISSN: 2394-1081, Received 20 June 2018 Accepted 06 September 2018 Published 04 October 2018

Singleton V.L., Rossi J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphor molybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Technology Viticulture*, (10) : pp 44.

T

Teles Amanda Mara., Dos Santos Bianca Araújo., Ferreira Cleidiane Gomes., Mouchreckadenilde Nascimento., Calabrese Katia Da Silva., Abreusilva Ana Lucia., Almeida-Souza Fernando. *Ginger (Zingiber officinale) Antimicrobial Potential: A Review.* En: *Ginger*.

V

Vuorela, S 2005. Analysis, isolation, and bioactivities of rapeseed phenolics (dissertation). EKT series 1343. University of Helsinki. Department of Applied Chemistry and Microbiology.

W

Wang H., Bun TNg. (2005). An antifungal protein from ginger rhizomes. *Biochem Biophys Res Commun*, (336) : pp 100–104.

Wannissorna B., Jarikasemb S., Siriwangchaib T., Thubthimthed S. (2005). Antibacterial properties of essential oils from Thai medicinal plants. *Fitoterapia*, (76) : pp 233– 236.

Whright G. (2005). *Flavor création.* Allured publishing : pp 633.

Y

Yagmur Zeynep., Caru Silvana. (2015) zoom sur le gingembre. Ed : Réseau sante diabète. Disponible sur : www.reseausantediabete.be .

Résumé

« *Zingiber officinale* » est une grande plante annuelle vivace herbacée appartenant à la famille des zingibéracées. Le gingembre est largement utilisé comme plante médicinale, son rhizome est très employé dans la médecine ayurvédique et dans la médecine traditionnelle pour le traitement et la prévention de nombreuses maladies.

Notre étude vise à comparer entre le gingembre frais et sec du point de vue phytochimique et biologique. L'analyse qualitative des extraits aqueux a montré que *Zingiber officinale* sec est beaucoup plus riche en composés phénoliques que *Zingiber officinale* frais. L'évaluation de l'activité biologique antimicrobienne a révélé une activité puissante de l'extrait aqueux du gingembre frais et en lamelles sur *E. Coli* et de l'extrait aqueux du gingembre sec sur *S. aureus*. Par contre le *Zingiber officinale* en lamelles est le plus puissant sur l'espèce de champignon testé de type *fusarium oxysporum*.

Mots clés : *Zingiber officinale*, frais, sec, activité antimicrobienne, composés phénoliques.

Abstract

"*Zingiber officinale*" is a large herbaceous perennial annual plant belonging to the Zingiberaceae family. Ginger is widely used as a medicinal plant, its rhizome is widely used in Ayurvedic medicine and in traditional medicine for the treatment and prevention of many diseases.

Our study aims to compare between fresh and dry ginger from a phytochemical and biological view point. The qualitative analysis of the aqueous extracts showed that dry *Zingiber officinale* is much richer in phenolic compounds than fresh *Zingiber officinale*. Evaluation of biological antimicrobial activity of aqueous extract of fresh and sliced ginger on *E.coli* and aqueous extract of dry ginger on *S.aureus*. On the other hand, fresh *Zingiber officinale* on slice is more powerful on the species of fungus tested of the *fusarium oxysporum* type.

Keywords: *Zingiber officinale*, Fresh, Dry, antimicrobial activity, phenolic compounds.

ملخص

الزنجبيل هو نبات عشبي سنوي معمر ينتمي إلى عائلة Zingiberaceae. يستخدم الزنجبيل على نطاق واسع كنبات طبي: في الواقع، يستخدم جذمور الزنجبيل على نطاق واسع في الطب الهندي القديم وفي الطب التقليدي لعلاج العديد من الأمراض والوقاية منها. تهدف دراستنا إلى المقارنة بين الزنجبيل الطازج والجاف من وجهة نظر كيميائية نباتية وبيولوجية. فيما يتعلق بالمركبات الفينولية، فإن الزنجبيل الجاف أغنى بكثير من الزنجبيل الطازج. أظهر تقييم النشاط البيولوجي المضاد للميكروبات وجود نشاط قوي للمستخلص المائي وشرائح الزنجبيل الطازج على البكتيريا. من ناحية أخرى، فإن شرائح الزنجبيل الطازج أكثر فاعلية على أنواع الفطريات التي تم اختبارها من نوع الفيوزاريوم.

الكلمات المفتاحية : الزنجبيل الجاف والطازج، المركبات الفينولية، النشاط الميكروبي