



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة و الحياة

قسم الكيمياء الحيوية و البيولوجية الخلوية الجزئية
Département de Biochimie et Biologie Moléculaire et Cellulaire
Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master 2
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biochimie/Nutrition Moléculaire et Santé

Intitulé :

**Analyse qualitative et quantitative du contenu poly-phénolique et
de l'activité Antioxydante et antimicrobienne *in vitro* de
*Zingebre officinale***

Présenté et soutenu par : *BOUCHERKA Amine*
MESSAOUD Abdenour

Le : 27/06/2018

Jury d'évaluation :

Président du jury : *BAHI Ahlem* (MCB- UFM Constantine1).

Rapporteur : *MOUAS T.Nardjes* (MCA - UFM Constantine1).

Examineur : *DJEDOUANI Amelle* (Pr- Ecole Normale Supérieure)

*Année universitaire
2017- 2018*

Remerciement

Cet humble travail de recherche n'aurait pu être accompli, sans l'aide d'ALLAH qui nous a donné la force de l'accomplir.

Au le docteur MOUAS TOMA NARDJES Maitre de Conférences « A », à l'université Frère Mentouri Constantine Id'avoir, accepté d'être le directeur de ce mémoire, merci pour votre accompagnement, vos précieux conseils et votre disponibilité tout au long de l'élaboration de ce travail. Veuillez recevoir le témoignage de mon plus profond respect.

Nous remercions également vivement les membres de ce jury :

*Madame **BAHI. A**, Maitre de conférences à l'université Frères Mentouri Constantine1.*

Nous sommes très honorées que vous acceptiez la présidence de notre jury, trouvez ici l'expression de nos sincères remerciements, et soyez assurée de notre profonde gratitude.

Madame DJEDOUANI. A, Professeur à l'Ecole normal supérieure, merci pour avoir accepté d'examiner notre mémoire, pour l'intérêt que vous portez à notre travail, et pour le temps consacré à son évaluation.

Toutes nos salutations à tous nos collègues de la promotion Master II option Biochimie de la Nutrition pour les sympathiques moments qu'on a passé ensemble, et que toute personne ayant participé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail trouve ici l'expression de nos vifs remerciements.

Table des matières

Titre	
Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction générale	01
Première partie	Etude bibliographique
Chapitre 1 La famille des zingibéracée et le <i>Zingebre officinale</i>.	
1. Le Zingebre à travers l’Histoire.....	03
2. La famille des Zingibéracées.....	04
3. Zingebre Officinale.....	05
3.1. Description botanique.....	05
3.2. Classification systématique.....	06
3.3. Habitat.....	07
3.4. Conditions culturelles.....	07
3.5. Pays producteurs.....	08
3.6. Noms vernaculaires.....	08
4. Utilisations culinaire du gingembre.....	08
5. Utilisation en médecine traditionnelle.....	09
6. Études Biochimiques.....	09
6.1. Métabolisme primaire.....	10
6.2. Métabolisme secondaire.....	11
7. Pharmacologie et indications thérapeutiques récente du <i>Z.officinale</i>	11
7.1. Pharmacodynamie et pathologies traitées.....	11
7.1.1. Nausées et mal des transports.....	11

7.1.2. Nausées dues à la grossesse	12
7.1.3. Nausées post-opératoires	12
7.1.4. Nausées provoquées par les chimiothérapies.....	13
7.1.5. Troubles biliaires	13
7.1.6. Troubles hépatiques	13
7.1.7. Ulcère gastrique	14
7.1.8. Inflammation et fièvre.....	14
7.1.9. Maladies bactériennes	14
7.1.10. Maladies virales	15
7.1.11. Cancer : Anticancéreux.....	16
7.1.12. Maladies cardiovasculaires et troubles de la coagulation.....	17
7.2. Pharmacocinétique	17
8. Législation et statut légal	18
8.1. Allégation nutritionnelle et de santé	18

Chapitre 2 Polyphénols, flavonoïdes et activités antioxydante et antimicrobienne de Zingebre Officinale

1. Les polyphénols	19
2. Les Flavonoïdes	20
2.1. Classification des flavonoïdes :	20
2.2. Activités biologiques des flavonoïdes	21
2.2.1. Activités antioxydants.....	21
2.2.2. Propriétés antibactériennes	25

Deuxième partie PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 1 Matériel et méthodes

1. Matériel d'étude.....	27
1.1. Matériel végétal.....	27
1.2. Matériel et produits de laboratoire	27
2. Méthodes d'études.....	28
2.1. Extraction.....	28
2.2. Etude qualitative.....	31
2.2.1. Chromatographie liquide sur couche mince.....	31
2.3. Etude quantitative.....	35
2.3.1. Dosage des poly-phénols.....	35
2.3.2. Dosage des flavonoïdes.....	36
2.4. Etude de l'activité antioxydante.....	38
2.4.1. Test du pouvoir réducteur FRAP (ferric reducing antioxidant power).....	38
2.4.1.1. Principe.....	38
2.5. Evaluation de l'activité antimicrobienne.....	38
2.5.1. Principe.....	39
2.5.2. Protocole.....	39

Chapitre 2 Résultats et discussions

Résultats

1. Rendement.....	42
2. Analyse qualitative.....	42
2.1. Chromatographie liquide sur couche mince.....	42
3. Analyse quantitative.....	43
3.1. Dosage des poly phénols.....	43
3.2. Dosage des flavonoïdes.....	43
4. Evaluation des activités biologiques.....	44
4.1 Etude de l'activité antioxydante.....	44
4.2. Etude de l'activité antimicrobienne.....	45

4.2.1 Teste antibiogramme.....	46
--------------------------------	----

Discutions

1. Rendement.....	47
2. Analyse qualitative.....	48
2.1. Chromatographie liquide sur couche mince.....	48
3. Analyse quantitative.....	48
3.1. Dosage des poly phénols.....	48
3.2. Dosage des flavonoïdes.....	49
4. Evaluation des activités biologiques.....	50
4.1 Etude de l'activité antioxydante.....	50
4.2. Etude de l'activité antimicrobienne.....	50
4.2.1 Teste antibiogramme.....	52

Conclusion générale.....	53
---------------------------------	-----------

Références bibliographiques.....	54
---	-----------

Annexes

Résumés

Projet socio-économique tiré à part

LISTE DES TABLEAUX

N° DE TABLEAUX	TITRES	PAGES
01	Place de la famille des Zingibéracées selon la classification APG IV (Angiosperms Phylogeny Group)	06
02	Allégation nutritionnelle du gingembre	18
03	Les trois systèmes solvants utilisés pour la CCM sur gel de silice.	32
04	Rf correspondants au fluorescence des flavonoïdes observés par ccm de l'extrait de Zingebre <i>officinale</i> dans les systèmes 1 , 2 et 3	43
05	Dosage (vit c et le fer) par le test de FRAP	44
06	Diamètres des zones d'inhibition en fonction de la concentration de l'extrait méthanoïque de <i>Z.Officinale</i> vis-à-vis des différentes souches microbiennes.	45
07	Résultats de l'antibiogramme.	46

Liste des Figures

N° DES FIGURES	TITRE	PAGE
01	Photo de <i>Z. officinale</i> entier.	05
02	Rhizome de <i>Zingiber officinale</i> .	06
03	Diagramme représentant la moyenne en macronutriments pour 100g de gingembre.	10
04	Quelques métabolites secondaires issus du <i>Z. officinale</i> .	11
05	Les différents groupes des composés phénoliques	19
06	Structure de base des flavonoïdes.	20
07	Différentes classes de flavonoïdes.	21
08	Piégeage des ROS par le flavonoïdes	22
09	Flavonoïdes et leurs sites proposés pour la chélation des ions métalliques (Me^{n+}).	23
10	Comparaison entre deux pentahydroxyphénols.	24
11	Valeurs de TEAC montrant l'importance du groupement catéchol	25
12	Eléments essentiels pour l'activité anti-oxydante des flavonoïdes.	25
13	Rhizome secs de Gingembre.	27
14	Broyage du rhizome de <i>Gingembre</i> .	28
15	Pesée de la poudre de <i>Gingembre</i> .	29
16	Préparation de l'extraction.	29
17	Extraction par Soxhlet.	29
18	Evaporation de l'extrait brut.	30
19	Pesée et conservation de l'extrait brut sec.	31

20	Préparation de la plaque <i>CCM</i> .	32
21	Migration des constituants du <i>Gingembre</i> .	33
22	Visualisation des constituants à l'aide de la lampe UV.	33
23	Révélation des plaques avec la vanilline sulfurique à 1%.	34
24	Préparation des dilutions pour l'activité antimicrobienne.	39
25	Ensemencement des souches microbiennes et application des discs sur boites de pétries.	41
26	Comportement chromatographique de l'extrait de Zingebre <i>officinale</i> sur CCM avec révélation chimique.	42
27	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux.	43
28	Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes.	44
29	Résultat du teste de FRAP de l'extrait méthanolique du rhizome du <i>Z.Officinale</i> .	45
30	Rendements d'extraction des rhizotomes du <i>Z.Officinale</i> par différentes méthodes et solvants.	47
31	Comparaison des teneurs du Gingembre en poly-phénols.	49
32	Teneurs en flavonoïdes de différents extraits de <i>Z.Officinale</i> .	50
33	Evolution des Diamètres des zones d'inhibition en fonction de la concentration de l'extrait méthanolique des rhizomes de <i>Z. officinale</i> étudié.	51
34	Diamètres des zones d'inhibition de différents extraits des rhizomes de <i>Z. officinale</i>	52
35	Comparaison des diamètres des zones d'inhibition de l'extrait méthanolique des rhizomes de <i>Z. officinale</i> étudié et du teste d'antibiogramme.	52

Introduction générale

L'humanité a placé sa foi au sein de la conviction que « pour tous les maux ; il existait un remède qui sera trouvé dans les plantes et les forêts » (**James D.M et al., 2007**), et comme **Rudyard Kipling** écrit en 1910 « Anything green that grew out of the mould was an excellent herb to our fathers of old ». (**Kipling R et al., 1910**)

Depuis des millénaires, les plantes furent la source des différents remèdes que l'homme a utilisé pour lutter contre la maladie et assurer sa pérennité.

Les premières traces de remèdes par préparations à base de plante, remontent à plus de 6000 ans. Les égyptiens savaient anesthésier par les macérations de plantes dans des vins. Plus tard, Hippocrate mentionne plus de 250 plantes utilisées dans sa thérapeutique. Et ce n'est que par les chinois que la phytothérapie a commencé à avoir son sens d'application et ce jusqu'à nos jours (**Wong K et al., 1985**), grâce à ses fondateurs ou premiers herboristes tel que le légendaire empereur Shennong (2737-2698 av. J-C.) qui écrivit le premier classique sur 100 plantes médicinales s'intitulant: les plantes, longévité, nutrition et soins. Et ainsi, d'une dynastie à une autre, des ouvrages décrivant des milliers de plantes médicinales ont été élaborés.

Peu à peu, le mode d'utilisation des plantes telles qu'on les trouvait dans la nature ne satisfaisait plus les praticiens et ils se mirent à en extraire les principes actifs. La médecine herboriste chinoise estime des milliers de remèdes sous formes de pilules, poudres, onguents, capsules ou sous forme liquide.

A partir du 18ème siècle, le développement de la chimie en occident a permis de synthétiser des substances médicamenteuses dont l'efficacité entraîna peu à peu l'abandon des vieilles recettes végétales. Hors que ce n'est qu'au 19ème siècle que les principes actifs ont commencé à être isolés des plantes. La première victoire faite dans ce domaine est celle de la morphine, marquée par Derosne dès 1803 et l'isolement de l'opium par le chimiste allemand Serturmer en 1806, ensuite celle de la quinine par les deux pharmaciens, Pelletier et Caventous (**Pelletier S et al., 1820**).

Et depuis, l'évolution du domaine phytothérapeutique a pris de considérables avancées par les chercheurs de différentes disciplines (Botanistes, phytochimistes, pharmacologues et médecins, Cliniciens.. etc), les industries pharmaceutiques essentiellement, et les gouvernements à travers le monde, afin de créer une complémentarité de la phytothérapie et de la médecine.

Notre travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des plantes médicinales par l'évaluation de leurs activités biologiques. En effet, nous nous intéresseront à la famille des Zingiberaceae, et en particulier le gingembre ou le *Zingiber officinale*, une plante très répandue en tant qu'épice et condiment mais aussi utilisée dans beaucoup de remèdes traditionnels dans le monde entier, et qui a fait l'objet de nombreuses études botaniques, chimiques et toxicologiques, afin de prouver scientifiquement son efficacité sur le plan médical ainsi que son innocuité. L'utilisation du Gingembre se développe fortement actuellement, ce qui a dirigé nos recherches dans le présent travail vers l'évaluation du potentiel de son extrait méthanolique en : polyphénols, flavonoïdes, antioxydants et antimicrobiens, et pour se faire cette investigation se subdivisera en deux parties :

- La première partie comporte deux chapitres :
 - Le premier portera sur des généralités et état de l'art en ce qui concerne le *Zingiber officinale*.
 - Le deuxième chapitre présentera des rappels sur les différents métabolites secondaires et activités biologiques investies.
- Une seconde partie englobant deux chapitres :
 - Le premier exposera le matériel et les différentes méthodes utilisées dans cette recherche.
 - Le second présentera tous les résultats obtenus et leurs discussions.
- Ainsi qu'une conclusion générale et des perspectives de recherche avenir.
- Enfin, une proposition de projet à visée socio-économique présentée en tiret à part.

PARTIE I

Etude bibliographique

CHAPITRE I

Zingebre Officinale

1. Le Zingebre à travers l'Histoire

Le pays d'origine du gingembre se situe en Asie tropicale, certains supposent que c'est l'Inde car il figure dans des textes anciens écrits en Sanskrit. D'autres supportent l'hypothèse d'une origine chinoise dès le V^{ème} siècle avant J-C car il est présent aussi dans les « Analectes » ou « Entretiens (X.8) » du philosophe Confucius qui en avait toujours sur sa table. En Égypte le gingembre était utilisé dans le procédé de momification, et grâce aux marchands perses le gingembre arrive dans l'Empire romain, son utilisation gastronomique est retrouvée dans les textes Latins d'Apicius Caelius à l'époque d'Auguste et de Tibère (Pelt J-M., 2002) .

Dioscoride, médecin grec du Ier siècle le décrit dans son traité "De Materia Medica" et précise son utilisation médicinale.

Au VIIème siècle, le gingembre traverse la Méditerranée via le commerce d'Arabie, on le retrouve présent dans le Coran sourate « الإنسان »: versets 17

".....وَيُسْقَوْنَ فِيهَا كَأْسًا كَانَ مِزَاجُهَا زَنْجَبِيلًا(17)....."

Du IXème au XIème siècle, le gingembre était l'épice la plus connue et moins chère que le poivre. C'est pendant à ce siècle qu'il fut connu en France et en Allemagne, et au siècle suivant en Angleterre.

Au XIIIème siècle, le commerce maritime Arabe le transporte en Afrique de l'Est et les portugais développent son commerce en Afrique occidentale et sur l'île de Sao Thomé. En 1285, Marco Polo, pendant son voyage en Chine, au Bengale et sur la côte de Malabar, a découvert la culture du gingembre ainsi que l'aspect qu'il avait quand il était en fleur. A cette époque le gingembre était déjà connu en Europe via sa traversée de l'Orient. En 1292, Giovanni Da Montecorvino, franciscain Italien est envoyé en tant que missionnaire en Asie par le Pape Nicolas IV, en passant par la côte occidentale de l'Inde, il y découvrit et décrivit précisément le gingembre (Pelt J-M., 2002).

En 1563, le médecin portugais Garcia da Orta, installé en Inde pratiquait son art tout en commercialisant des plantes dont le gingembre. En l'an 1668, Moyse Charas, apothicaire français publie « Histoire naturelle des animaux, des plantes et des minéraux qui entrent dans la composition de la thériaque d'Andromachus », distribué à Paris.

À partir du XVII^{ème} siècle, le gingembre est cultivé au Brésil. A cette même époque, le médecin et chimiste français Nicolas Lemery suppose que le gingembre possède des propriétés aphrodisiaques dans son « Traité universel des drogues simples » (Pelt J-M., 2002).

En 1880, dans le livre « l'Officine » de Dorveau , on peut retrouver « les pastilles de sérail » à base d'épices dont le gingembre, utilisées dans l'absence de désir.

Dans les années 1940, l'Australie fit des essais de culture de cette plante et deviendra pays producteur. Dés le XX^{ème} siècle, le gingembre disparaît des tables françaises au profit du poivre, mais il reste bien présent sur les tables anglo-saxonnes.

A nos jours, le Zingebre tient une place indiscutable dans la cuisine savoureuse, et d'autre part les études scientifiques ne cessent de se multiplier pour démontrer et approuver les effets thérapeutiques et préventifs de cette plante.

2. La famille des Zingibéracées

La famille des Zingibéracées est une famille de plantes monocotylédones herbacées pérennes, productrices d'huiles essentielles, originaire du Sud-Est asiatique. C'est une large famille constituée de 47 genres et 1 400 espèces (GigonF., 2012). Les plantes de cet ordre possèdent une nervation parallélinopennée, avec une pseudo-nervure centrale. Elles sont adaptées à l'humidité et aux moussons et se trouvent dans des régions peu venteuses. La famille des Zingibéracées est constituée de 1275 espèces qui sont réparties en une cinquantaine de genres.

Elles sont retrouvées dans les régions tropicales asiatiques. Ce sont des plantes monocotylédones car elles ne possèdent qu'un seul cotylédon qui est une feuille primordiale constituant la graine albuminée. Quand le cotylédon pousse, il dévie sur le côté le point végétatif de la tige (Gehu-Franck J et Gehu J-M., 1994 ; Dupont F et al., 2015)

La sous-famille des zingibéroïdées compte de nombreux genres. Les plus connus sont les suivants :

- *Boesenbergia* (exemple d'espèce: *Boesenbergiarotunda*) ;
- *Globba* (exemple d'espèce : *Globbamarantina*) ;
- *Hedychium* (exemplé d'espèce : *Hedychiumcoronarium*) ;
- *Kaempferia* (exemple d'espèce: *Kaempferia galanga*) ;

- Curcuma (exemple d'espèce : Curcuma longa) ;
- Zingiber (exemple d'espèce: Zingiberoffinale).

3. Zingibre Officinale

3.1. Description botanique

Z. Officinale appartient à la famille des Zingiberaceae. Son nom en langue Mooré est « Gnamaku ». C'est une herbacée annuelle vivace grâce à son rhizome charnu, allongé et formé de plusieurs ramifications tubéreuses et noueuses. Selon **Preeti et al., (2008)**, elle porte deux sortes de tiges aériennes dressées: l'une d'elle est stérile avec des feuilles linéaires lancéolées, engainantes, et les autres fertiles portant des sortes de bractées engainantes terminées par un épi ovoïde avec des fleurs jaunes verdâtres et une inflorescence en épi serré de fleurs irrégulières (Figure 1). Les rhizomes sont fortement aromatiques. La multiplication se fait par voie végétative à partir des fragments de rhizomes (**Bruneton J., 2009**).



Figure 01 : Photo de Z. officinale entier

Le rhizome est une tige souterraine présentant des nodosités, des racines adventives. Il est épais, ramifié et aromatique car le parenchyme contient des huiles essentielles. Chaque année, de ce rhizome, partent les tiges aériennes feuillues ou fleuries. Il y a également d'autres racines cylindriques dont la structure interne est différente de celle du rhizome. C'est un réservoir d'énergie pour la plante (Fournet J., 1978 ; Devendeville C., 2009).



Figure 02 : Rhizome de Zingiber officinale

3.2. Classification systématique

Tableau 1 - Place de la famille des Zingibéracées selon la classification APG IV (Angiosperms Phylogeny Group) (Gigon F et al., 2012)

Règne	Plante
Sous-règne	Trachéobionta
Division	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Sous-classe	Commelinidées
Ordre	Zingibérales
Famille	Zingibéracées
Sous famille	Zingibéroïdées
Tribu	Zingiberées
Genre	Zingiber Mill.
Espèce	Zingiber officinale

- **Fiche technique**

- Procédé d'obtention : Moulinage.
- Organe utilisé : Rhizome (racine).
- Nom botanique : Zingiber officinale.
- Qualité : Pure, naturelle, sans additifs.
- Pays d'origine : Pays tropicaux.
- Culture : Plantation (jardinage).

- **Caractéristiques organoleptiques**

- Aspect : Poudreux, farineux.
- Couleur : Brun clair.
- Odeur: forte odeur aromatique.
- Goût : Très fort, piquant.

3.3. Habitat

Les Zingibéracées sont d'origine d'Asie tropicale, elles sont pantropicales et se retrouvent principalement en Indonésie et Malaisie. On peut en retrouver aussi dans les régions chaudes et tempérées (**Devendeville C., 2009**). Répartition et Aire géographique

- Asie du Sud-est : principalement en Indonésie et Philippines
- Chine
- Inde
- Afrique tropicale : surtout au Nigéria

3.4. Conditions culturelles

On ne connaît pas d'endroit où le gingembre pousse à l'état sauvage. Il est cultivé dans des zones tropicales ensoleillées. Le rhizome est récolté 8 à 10 mois après que les parties aériennes de la plante soient fanées. Il peut être récolté plus tôt, pour un usage frais ou confit (5 à 6 mois).

Le climat tropical ou subtropical sont l'idéale pour la repousse du gingembre ces derniers offrent l'ensoleillement nécessaire, la température qui doit être élevée (au minimum

21° Celsius), une pluviométrie moyenne annuelle supérieure à 2000 mm au moins pendant la période de végétation de l'année pour permettre une croissance optimale, avec une altitude optimale qui se situe entre 500 et 1500 m au-dessus du niveau de la mer et une qualité de sol d'un jardin riche en humus, léger et acide (**The Angiosperm Phylogeny Group., 2016**).

3.5. Pays producteurs

Les principaux pays producteurs sont aujourd'hui l'Inde (une vingtaine de variétés, dont la plus fine est celle du Bengale), la Chine, la Jamaïque (très bonne qualité aromatique), le Brésil et l'Australie (depuis 1940). On cultive également le gingembre en Malaisie, au Nigeria, en Sierra Leone, à Taiwan, au Japon, en Thaïlande, au Sri Lanka, au Vietnam, à Hawaii et en Indonésie. Il existe de multiples sortes de gingembre (**Devendeville C., 1992**), selon leur origine mais également selon leur formes commerciales telle que :

- Le gingembre vert : rhizome frais et non pelé ou uniquement pelé sur les côtés,
- Le gingembre gris et noir (simplement séché) ou blanc (séché et pelé),
- Le gingembre en conserve : confit ou conservé dans des solutions de sucre,
- Le gingembre broyé (introduit plus tardivement)

3.6. Noms vernaculaires

Ses noms Chinois sont «Shen Jiang» pour le rhizome frais, «Gan Jiang» pour le rhizome séché. Cette plante est appelée « jenjanb » en République dominicaine, « Der Ingwer » en Allemand, « gingerroot » en Anglais, « jengibre » ou « gengibre » Dans les Caraïbes hispanophones, « jenjibre », « pia-nuni »...en Equateur, et « zandjabil » à peu-près dans le tout le monde Arabe (**Pinson C., 2012**).

4. Utilisations culinaire du gingembre

Grace à son odeur citronnée et camphrée (surtout quand il est frais) et un goût poivré, piquant et légèrement amer, il est très utilisé en tant qu'épice, surtout en Asie, sous forme râpée ou hachée pour donner de la saveur aux plats comme les viandes, poissons et fruits de mer. On peut aussi le plonger dans de l'eau pendant plusieurs heures et se servir de cette eau en l'ajoutant dans le plat juste avant de le déguster. Il entre dans la composition des curry. Les thaïlandais le rajoutent sous forme râpée dans leur lait de noix de coco au curry.

Il est aussi utilisé dans les entremets, pudding, soupes et sauces. En Indonésie on l'utilise en pâte pour l'étaler sur les viandes à griller. Dans la cuisine créole, le gingembre est associé avec l'ail. Au Maghreb, il est surtout utilisé sous forme de poudre dans les plats. On peut aussi le retrouver sous forme de confiture ou de bonbons. Il est surtout utilisé sec pour donner de l'arôme au pain d'épices. Certains biscuits anglais et des gâteaux comme le gâteau Hongrois sont au gingembre frais. Au Moyen-âge, en Europe, on fabriquait l'hypocras, une boisson qui était faite à partir de vin et de plusieurs épices dont le gingembre. L'industrie l'utilise aujourd'hui aussi pour aromatiser ses boissons : cela donne un goût rafraîchissant aux boissons. En Afrique de l'Ouest, il est bu sous forme de jus pressé sucré (Navarette S et Saussays C., 2011).

5. Utilisation en médecine traditionnelle

Z. officinale est une plante médicinale qui a été largement utilisée dans les médicaments à base de plantes chinoises partout dans le monde depuis l'antiquité, pour un large éventail de maladies non liées qui incluent l'arthrite, les rhumatismes, les entorses, des douleurs musculaires, des douleurs, des maux de gorge, des crampes, la constipation, l'indigestion, les vomissements, l'hypertension, la fièvre, les maladies infectieuses et les helminthiases (Ali B.H et al., 2008). Par ailleurs, *Z. officinale* a été traditionnellement utilisé dans les troubles du tractus gastro-intestinal, comme stomachique, laxatif, sialagogue, activateur de la vidange gastrique, apéritif, antiémétique, et en même temps, comme un anti-diarrhéique et anti-colique (Ghayur M.N et Gilani A.H., 2005).

6. Études Biochimiques

Le rhizome de gingembre contient un peu d'huile volatile, huile (grasse) fixe, composés piquants, résine, protéines, cellulose, pentosanes, amidon et éléments minéraux. Parmi ceux-ci, l'amidon est le plus abondant et comprend 40-60% du rhizome sur un poids sec base.

Répartition des macronutriments contenus dans 100g de gingembre.

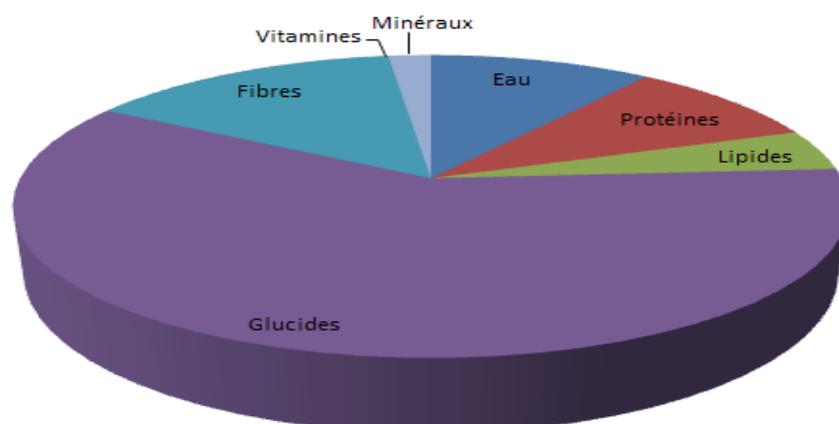


Figure 03 :Diagramme représentant la moyenne en macronutriments pour 100g de gingembre.

6.1. Métabolites primaires

Ces molécules se retrouvent dans toutes les cellules de la plante, et sont indispensables à sa vie. Ce sont les protéines, les acides nucléiques, les glucides et les lipides.

- Les glucides: la masse sèche du rhizome est composée de 60% d'amidon, dans le rhizome frais sa teneur est de 10%. Les celluloses et pentoses sont également présents.
- Protéines : on retrouve des acides aminés comme l'alanine, l'arginine, l'asparagine, la cystine, la glutamine, la glycine, l'histidine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la phénylalanine, la proline, la serine, la thréonine, la tyrosine, la valine. On note également la présence d'une autre forme protéique : des enzymes protéolytiques appelées zingibaines responsables des effets digestifs (**Andriatsihoarana S.M., 2010**).
- Lipides : ils représentent 10% de la plante et sont sous forme de lipides polaires comme l'acide phosphatidique, le phosphatidylinositol, le phosphatidylcholine, le lysophosphatidylcholine et les digalactosyldiglycérides. Des lipides non polaires comme des stérols libres, des acides gras libres, des mono glycérides, diglycérides et triglycérides sont également présents. Dans les acides gras, on retrouve des acides gras saturés (jusque 46%) comme l'acide caprylique (C8), l'acide caprique (C10), l'acide laurique (C12), l'acide myristique (C14), l'acide pentadécanoïque (C15), l'acide palmitique (C16), l'acide stéarique (C18) et l'acide arachidonique (C20). À

côté, les acides gras insaturés (jusque 53%) comme l'acide heptadécanoïque, l'acide oléique, l'acide linoléique et l'acide linoléique sont présents. Les lipides majoritaires sont l'acide palmitique, l'acide oléique et linoléique (**Parthasarathy VA et al., 2008**).

6.2. Métabolites secondaires

L'analyse chimique de l'huile essentielle de *Z. officinale* effectuée par Nogueira de (**Melo et al., 2011**), a permis d'identifier l'*ar*-curcumène (59%), le β -myrcène (14%), le 1,8-cinéole (8%), le citral (7,5%) et le zingibérène (7,5%) comme étant les principaux composés. D'autres études ont détecté dans cette huile essentielle l'*alpha*-zingibérène (31%), l'*ar*-curcumène (15,4%) et le sesquiphellandrene (14,02%) comme étant les principaux composés (**Jeena et al., 2013**). L'*alpha*-zingibérène (23,9%) et le citral (21,7%) ont également été identifiés comme étant les composés majoritaires de l'huile essentielle de cette plante (**Yamamoto-Ribeiro M.M.G et al., 2013**) avec la présence de quelques alcools sesquiterpéniques comme gingérols, les gingerdiols et les gingerdions (**Colleen NAS et al., 2012**). Ces composés possèdent une activité antioxydante élevée. (**Singh G et al., 2008**) (Figure 4)

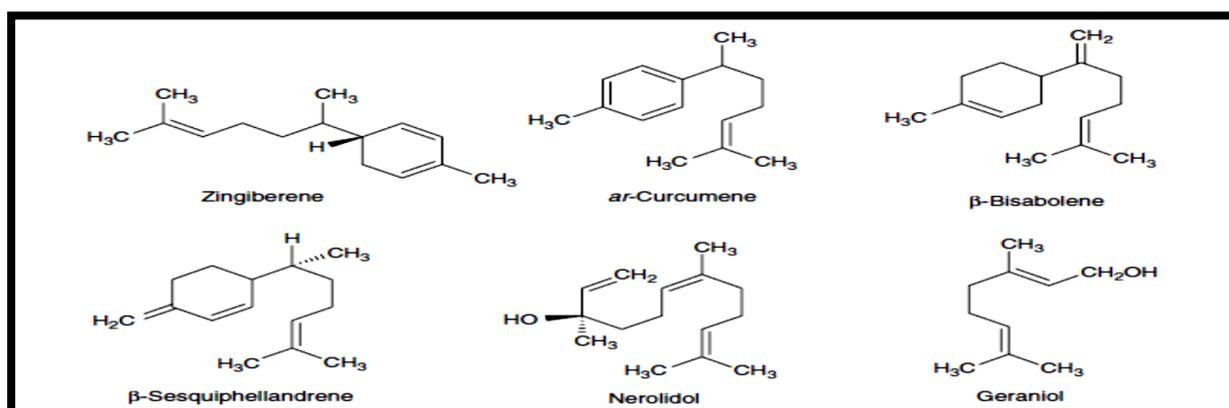


Figure 4 : Quelques métabolites secondaires issus du *Z. officinale*

7. Pharmacologie et indications thérapeutiques récentes du *Z. officinale*

7.1. Pharmacodynamie et pathologies traitées.

7.1.1. Nausées et mal des transports

L'action antiémétique est reconnue grâce aux études réalisées dès les années 1980. Quatre études ont été menées entre 1983 et 1994 pour démontrer que le gingembre est meilleur que le placebo et aussi efficace que d'autres médicaments antiémétiques utilisés dans le mal des transports (**Evrard N., 2013**).

En 2012, l'Agence européenne des médicaments a examiné huit essais cliniques randomisés, qui ont démontrés que l'efficacité du gingembre était vraiment supérieure à celle du placebo dans la prévention du mal des transports et aussi efficace que d'autres agents couramment utilisés. Dans une étude clinique, il est observé qu'une dose de 940 mg de poudre de gingembre est plus efficace que 100 mg de dimenhydrinate (**Iwu MM., 2016 ; Mowrey et al., 1982**).

7.1.2. Nausées dues à la grossesse

Dans la revue *Obstetrics and Gynecology* de 2005, a été faite une analyse de 33 études cliniques pour évaluer l'efficacité du gingembre dans le traitement des nausées et vomissements induits par la grossesse. Dans ces études la dose journalière était de 1 g de poudre de gingembre, ce qui équivaut à 100 mg d'extrait à 10% de gingerols.

En 2012, l'Agence Européenne des médicaments a examiné des essais contrôlés randomisés sur des femmes enceintes. Dans certaines de ces études, le gingembre a été comparé au placebo, et dans d'autres il a été comparé à la vitamine B6. Les posologies et les périodes de traitement étaient raisonnables et cohérentes : entre 1 g et 1,5 g pendant 3 à 4 jours. La conclusion était qu'il existe une documentation scientifique suffisante pour clamer l'efficacité du rhizome de gingembre dans la prévention des nausées et vomissements induits par la grossesse (**Chittumma P et al., 2007**).

L'association américaine des Généralistes Médecins de famille confirme aussi ces constatations (**Jewell D et al., 2000 ; Portnoi G et al., 2003 ; Vutyavanich T et al., 2001**).

7.1.3. Nausées post-opératoires

Une étude en double aveugle a été effectuée en 2013 sur 239 femmes qui ont subi une césarienne à terme. Un des groupes a reçu une capsule 1 g de poudre de gingembre une demi-heure avant l'anesthésie et une capsule de 1 g deux après la chirurgie. Le 2ème groupe a reçu deux capsules de placebo de la même façon.

Le nombre d'épisodes de nausées per opératoire était diminué dans le groupe ayant pris le gingembre par rapport au placebo, mais il n'a eu aucun effet sur l'incidence des nausées, des vomissements, ou la douleur pendant et après une césarienne sous anesthésie rachidienne et péridurale combinée. (**Kalava A et al., 2013**)

7.1.4. Nausées provoquées par les chimiothérapies

En 2012, les chercheurs travaillant au pôle cancer de l'université de Rochester qui est associée au programme « National Cancer Institute's Community Clinical Oncology Program (CCOP) », ont établi une étude d'essai clinique de phase II et III randomisée, contrôlée en double aveugle contre placebo, chez 576 patients atteints de cancer qui ont reçu au minimum trois cycles de chimiothérapie selon différents essais. L'hypothèse émise est que le gingembre pourrait se lier sur les récepteurs 5HT₃ (récepteurs de la sérotonine qui modulent la libération de neurotransmetteurs) et conduire à l'augmentation de l'effet des inhibiteurs 5-HT₃ comme le séton par exemple. Il pourrait également avoir un effet sur d'autres récepteurs périphériques impliqués dans la contraction du muscle lisse dans le tractus gastro-intestinal (Chaiyakunapruk N et al., 2006).

7.1.5. Troubles biliaires

Des études faites sur les sécrétions biliaires de rats ont permis de clarifier l'action du gingembre sur la sécrétion biliaire et aussi d'enquêter sur les constituants actifs qui favorisent cette action. Les résultats ont montré que ce sont les principes piquants qui se trouvent dans l'huile essentielle qui ont provoqué une augmentation de la sécrétion de la bile. Des analyses plus poussées avec l'utilisation de chromatographie sur colonne ont indiqué que ce sont le [6]-gingerol et le [10]-gingerol qui sont principalement responsables de l'effet cholagogue du gingembre.

D'autres études réalisées chez l'animal montrent que le gingembre aurait une action stimulatrice de la sécrétion de bile et sur l'activité des enzymes digestives (Yamahara J et al., 1985).

7.1.6. Troubles hépatiques

Une étude de 2014 a révélé la propriété anti-inflammatoire de la zingéronine contre le lipopolysaccharide qui induit une inflammation hépatique chez les souris. Ainsi, la zingéronine agit en tant qu'agent hépatoprotecteur en raison de sa capacité à provoquer la suppression de médiateurs inflammatoires comme le TNF- α chez la souris (Kumar L et al., 2014).

Pour expliquer que le gingembre lutte contre l'hépatotoxicité, une étude a été réalisée chez des rats pour étudier l'efficacité de différentes doses d'extraits éthanoliques de gingembre sur l'hépatotoxicité. Elle démontre que ces extraits exercent des effets protecteurs

significatifs contre le stress oxydatif induit par le bromobenzène en augmentant les mécanismes de défense antioxydants chez l'hôte. (El-Sharaky AS et al., 2009).

7.1.7. Ulcère gastrique

L'équipe de chercheurs du professeur Mahady a été la première à prouver que les constituants actifs du gingembre, les gingérols, sont efficaces *in vitro* contre *Helicobacter pylori*, le principal facteur étiologique associé à la dyspepsie, à l'ulcère gastroduodénal et au développement du cancer de l'estomac et du côlon. Ceci a été confirmé une nouvelle fois par le professeur Mahady et par une équipe italienne de chercheurs en pharmacologie médicale (Mahady G.B et al., 2005 ; Mahady G.B et al., 2003). L'activité antispasmodique pourrait prévenir les lésions gastriques et les ulcères en réduisant le temps de vidange gastrique, diminuant ainsi le temps de contact du contenu gastrique acide avec la muqueuse (Mahady G.B et al., 2005 ; Mahady G.B et al., 2003 ; Nostro A et al., 2006).

7.1.8. Inflammation et fièvre

Depuis les années 80, des recherches ont été conduites pour démontrer les propriétés anti-inflammatoires par inhibition de la COX-2 par les gingérols et diminution de la quantité de prostaglandines par les gingérols et les gingérénones.

L'état inflammatoire est responsable de beaucoup de maladies chroniques telles que l'arthrose, les maladies inflammatoires de l'intestin, les troubles respiratoires, voire certains cancers et maladies cardiovasculaires. Actuellement le gingembre est l'un des traitements alternatifs à base de plantes les plus populaires pour traiter les maladies inflammatoires chroniques et douloureuses (Zaman S.U et al., 2014).

7.1.9. Maladies bactériennes

7.1.9.1. *Helicobacter pylori*

L'équipe du chercheur Mahady a démontré les effets d'une chimio-prévention avec du gingembre contre la bactérie *Helicobacter pylori*. Le gingembre entrave directement la croissance de ce micro-organisme et a plus particulièrement une action sur le CagA+ qui représente un facteur de virulence. Ainsi, la fraction phénolique comprenant les gingérols et le [6]-shogaol était très efficace pour inhiber la croissance de la souche *H. pylori*CagA+ *in vitro*, ainsi que 19 autres souches cliniques (Shmueli H et al., 2016). Cette documentation suggère que les extraits de gingembre spécifiques contenant les gingérols peuvent aider dans

le traitement ou la prévention de l'infection à *H. pylori* et de ces souches *in vivo* (Mahady G.B et al., 2003 ; El Younis CM et al., 1998 ; Ishiguro K et al., 2007).

L'huile essentielle de gingembre inhibe la croissance bactérienne du *H. pylori* à des concentrations basses de 0,0075% (v/v) (Goetz P et al., 2012).

7.1.9.2. *Pseudomonas aeruginosa*

Un essai de quantification fait sur le bio film fabriqué par la bactérie *Pseudomonas aeruginosa* montre que l'extrait de gingembre a un effet sur la formation de ce bio film. Les microplaques de culture de la bactérie où a été ajouté de l'extrait de gingembre ont montré que la formation de bio film était moindre de 39 à 56% par rapport à la microplaque de contrôle sans extrait de gingembre. Les résultats suggèrent que la formation d'un bio film par *P. aeruginosa* est inhibée par l'addition d'extrait de gingembre (Kim HS et al., 2013).

7.1.9.3. Bactéries bucco-dentaires

Les gingérols ont été signalés comme possédant des propriétés antibactériennes sur la croissance des Gram + et Gram -. Une étude rejoint ces résultats en montrant que les extraits à l'éthanol et au n-hexane du gingembre ont présenté une activité antibactérienne contre trois bactéries à Gram négatif anaérobies, *Porphyromonas gingivalis*, *Porphyromonas endodontalis* et *Prevotella intermedia*, causant des maladies parodontales. En conclusion, le [10]-gingérol et le [12]-gingérol qui sont très alkylés inhibent efficacement la croissance de ces agents pathogènes par voie orale à une concentration minimale inhibitrice (CMI) comprise entre 6 et 30 pg/ml. Ces composés ont également tué ces agents pathogènes à une concentration minimale bactéricide (CMB) comprise entre 4 et 20 pg/ml, par contre les autres composés comme le 5-acétoxy-[6]-gingérol, le 3,5-diacétoxy-[6]-gingerdiole et le galanolactone n'ont pas montré ces effets (Park M et al., 2008).

7.1.10. Maladies virales

7.1.10.1. Herpès

L'huile essentielle de gingembre a montré son efficacité sur le virus de l'herpès. Les concentrations en huile essentielle maximales non cytotoxiques de l'essai ont été déterminées à 0,003% et les effets inhibiteurs contre le Virus Herpès Simplex (ou HSV) ont été testés par l'addition de l'huile à différents moments du cycle d'infection par le HSV. Les études suggèrent que l'huile essentielle interfère avec les structures de l'enveloppe du HSV qui sont

nécessaires à l'adsorption pour entrer dans les cellules de l'hôte. L'action se déroule avant l'étape d'adsorption.

L'action pourrait aussi être une dissolution de l'enveloppe. En conclusion les huiles essentielles inactivent probablement les virus avant qu'ils ne pénètrent dans la cellule (**Goetz P et Ghedira K., 2012**). Les composants actifs principaux des huiles essentielles sont des hydrates de carbones lipophiles qui interagissent avec la membrane lipidique (**Schnitzler P et al., 2007**).

7.1.10.2. Virus respiratoires

Le gingembre contient près d'une douzaine de composés antiviraux. Les scientifiques ont isolé du gingembre plusieurs produits chimiques comme les sesquiterpènes qui ont des effets spécifiques contre la famille la plus commune des virus du rhume, les rhinovirus. Certains de ces produits chimiques sont remarquablement puissants comme anti-rhinovirus. D'autres constituants dans le gingembre, gingérols et shogaols, aident à soulager les symptômes du rhume, car ils réduisent la douleur et la fièvre, les frissons et possèdent un effet sédatif doux qui favorise le repos. Il supprime aussi la toux, ce que les études prouvent en étudiant les effets du [6]-shogaol qui sont plus intenses que ceux du [6]-gingérol. Le [6]-shogaol a montré un effet antitussif intense en comparaison avec le phosphate de dihydrocodéine (**Zaman S.U et al., 2014**). Le gingembre aide à lutter contre le rhume lorsqu'il est pris dès les premiers signes d'infection (**Kalra M et al., 2011**).

7.1.11. Cancer : Anticancéreux

7.1.11.1. Cancer colorectal

Des études *in vitro* ont montré des effets anti-cancéreux. Récemment il y a eu plusieurs essais cliniques portant sur les avantages du gingembre pour traiter le cancer colorectal (**Citronberg J et al., 2013**). Une équipe a effectué un essai randomisé sur 20 personnes présentant un risque augmenté de cancer colorectal pour évaluer les effets du gingembre sur l'apoptose, la prolifération et la différenciation des cellules de la muqueuse colique. Dans cet essai pilote, les volontaires ont reçu soit 2 g de gingembre soit 2 g de placebo par jour pendant 28 jours. Les résultats suggèrent que le gingembre peut réduire la prolifération des cellules cancéreuses dans l'épithélium colorectal en augmentant l'apoptose par rapport à la prolifération des 102 cellules cancéreuses, en particulier dans la zone de différenciation des cryptes du colon. Il faudra faire d'autres études pour être plus concluant

sur les avantages du gingembre dans le traitement ou la prévention du cancer et approfondir ces découvertes.

7.1.12. Maladies cardiovasculaires et troubles de la coagulation

Chez les animaux diabétiques, déficients en gène de l'apolipoprotéine E ou qui ont été nourris avec un régime alimentaire riche en lipides, le gingembre réduit considérablement le cholestérol sérique total, LDL, VLDL, les triglycérides et les phospholipides, réduit les lésions athéromateuses et agit aussi efficacement que les médicaments hypolipémiants classiques. On a constaté que le gingembre agissait sur le foie pour diminuer la biosynthèse du cholestérol et peut aussi stimuler la conversion de cholestérol en acides biliaires et augmenter son excrétion fécale.

A contrario, des essais sur des humains ont démontré que 4 g de gingembre administré quotidiennement pendant 4 mois à des patients ayant une maladie de l'artère coronaire n'a pas affecté de façon significative, ni les lipides sanguins ni le glucose.

Au niveau de la coagulation, le gingembre a entraîné une importante inhibition dose-dépendante de l'agrégation plaquettaire induite par l'acide arachidonique, des thromboxanes eux même dérivés de la COX, des prostaglandines et de la synthèse des prostacyclines, avec une augmentation de l'activité fibrinolytique, dans des études *in vitro* et animales. Une diminution significative de l'agrégation plaquettaire chez les humains sains qui consommaient des aliments riches en graisses a été obtenue par l'ingestion 5 g de gingembre par jour, bien que chez les patients atteints d'une maladie coronarienne une dose quotidienne de 4 g pendant 3 mois était inefficace et qu'une dose unique de 10 g était très efficace dans les 4 heures.

7.2. Pharmacocinétique

Les paramètres pharmacocinétiques ont été déterminés pour le [6]-shogaol en utilisant du C14-[6]-shogaol (composé marqué au C14) et du [6]-shogaol non marqué. La concentration de radioactivité plasmatique a augmenté de manière dose-dépendante pour le composé marqué. Lorsqu'une dose de 10 mg/kg de composé marqué est administrée par voie orale, environ 20,0 % de la radioactivité administrée est excrétée dans l'urine, environ 64,0 % dans les fèces et 0,2 % dans l'air expiré. D'autre part, lorsque le [6]-shogaol non marqué a été administré par voie orale, la concentration plasmatique et l'excrétion biliaire de la forme

inchangée étaient extrêmement faibles. Cela suggère que le [6]-shogaol est principalement métabolisé dans le corps et excrété sous forme de métabolites (Asami A et al., 2010).

8. Législation et statut légal

Pour l'Organisation Mondiale de la Santé, l'utilisation du gingembre est « cliniquement justifiée » dans « la prévention des nausées et des vomissement dus au mal des transports et au mal de mer, ainsi que ceux liés à une intervention chirurgicale ou à la grossesse ». Son usage est considéré comme « traditionnel » pour les indications « des troubles digestifs, du rhume et de la grippe, de la perte d'appétit et comme anti-inflammatoire dans les migraines et les douleurs musculaires ou articulaires ».

8.1. Allégation nutritionnelle et de santé

Selon les définitions des allégations nutritionnelles telles que présentées dans le règlement (CE) n°1924/2006 relatif aux allégations nutritionnelles et de santé, et aux vues de la composition du gingembre, il est possible d'utiliser les allégations regroupées dans le tableau suivant:

Tableau 2: Allégations nutritionnelles du gingembre

Eléments nutritifs	Apport dans100 g de <i>Z.Officinale</i>	Eléments nutritifs	Apport dans100 g de <i>Z.Officinale</i>
Fibres	6 g	Magnésium	30 %
Manganèse	30 %	Cuivre	30 %
Fer	30 %	vitamine B6	30 %
Potassium	30 %	Zinc	30 %
vitamine B3	30 %	Phosphore	15 %

CHAPITRE II

Polyphénols, flavonoïdes,
Activité antioxydante et
antimicrobienne de

Zingebre Officinale

1. Les polyphénols

Le terme polyphénol a été introduit en 1980 (Dave-Oomah B., 2003). Les composés phénoliques ou polyphénols constituent est une famille de molécules organiques largement présente dans le règne végétal, ce sont des métabolites secondaires (Boizot N et Charpentier J.P., 2006), qui jouent soit le rôle des signaux de reconnaissance entre les plantes (Allélopathie), entre les plantes et les symbioses, ou bien lui permettant de résister aux diverses agressions vis-à-vis des organismes pathogènes (Macheix J J et al., 2005).

Avec plus de 8000 structures phénoliques identifiées Ces composés ont tous en commun la présence d'un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles,(Urquiaga I et Leighton F., 2000), elles varient depuis les molécules simples (acides phénoliques simples) vers les molécules les plus hautement polymérisées (tanins condensés) (Macheix J J et al., 2005).

Chez l'homme, ces molécules traces jouent un rôle important en agissant directement sur la qualité nutritionnelle des fruits et légumes et leur impact sur la santé des consommateurs (effet antioxydant, effet protecteur contre l'apparition de certains cancers...). (Macheix J J et al., 2005).

On peut classer les différents composés de la famille des polyphénols selon les groupes suivant :

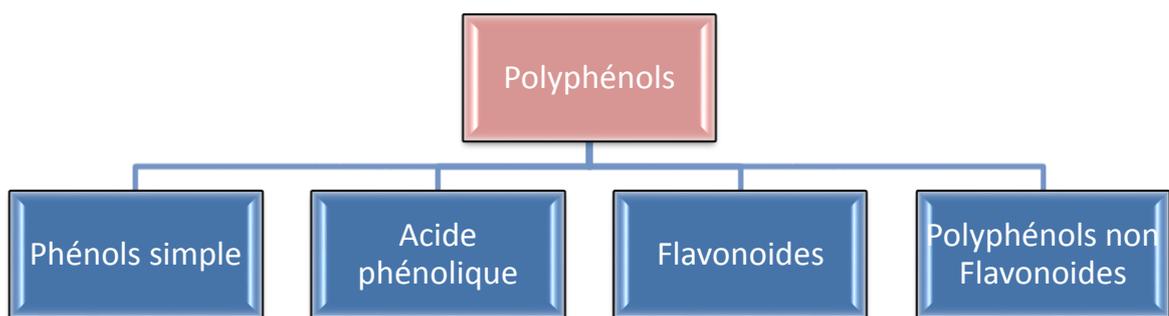


Schéma 05 : Les différents groupes des composés phénoliques

Les flavonoides forment le groupe de composés phytochimiques le plus important des plantes. Dans ce qui suit, nous présentons quelques notions sur cette classe de métabolites secondaires seront présentées.

2. Les Flavonoïdes

L'expression flavonoïde a été introduite en 1952 par GEISSMAN ET HINREINER pour désigner tous les pigments ayant un squelette C6-C3-C6 analogue à celui des flavones (y compris les anthocyanes). Le nom flavonoïde est dérivé du mot grec FLAVUS qui veut dire jaune (Ribirau. G., 1968).

Ils sont présents dans la plupart des plantes, ce sont des pigments polyphénoliques qui contribuent, entre autres à colorer les fleurs et les fruits en jaune et en blanc. D'origine biosynthétique commune, de ce fait ils possèdent tous le même élément structural de base constitué d'enchaînement de 2-phénylchromane. Les flavonoïdes sont connus principalement pour leur activité antioxydante.

Ils ont une origine biosynthétique commune et par conséquent, possèdent tous un même squelette de base à quinze atomes de carbones, constitué de deux unités aromatiques, deux cycles en C6 (Aet B), reliés par une chaîne en C3 comme le montre la figure ci-dessous.

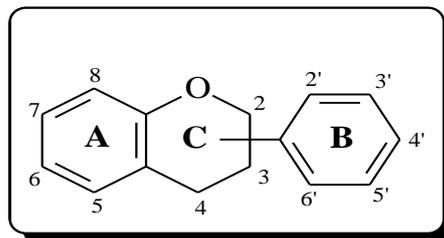


Figure 06 : Structure de base des flavonoïdes.

2.1. Classification des flavonoïdes :

Le terme flavonoïde regroupe une très large gamme de composés naturels polyphénoliques. On distingue différents types de noyaux : flavones, flavonols, flavanones, flavan-3-ols, chalcones, aurones, isoflavones, anthocyanidines, dihydroflavonols, etc... Comme la montre la figure ci-dessous.

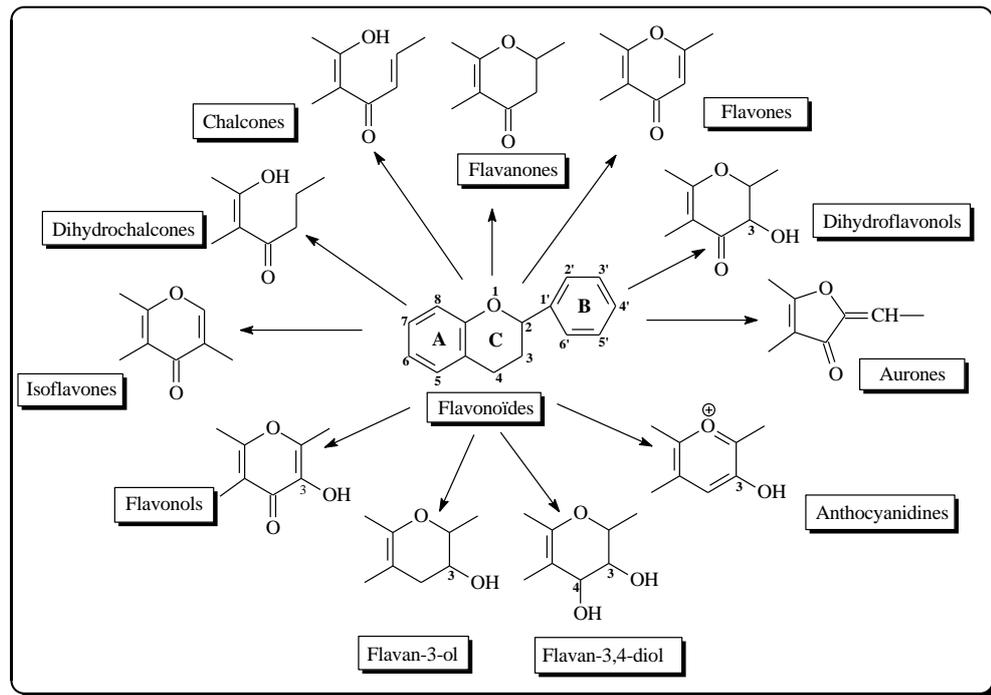


Figure 07 : Différentes classes de flavonoïdes.

2.2. Activités biologiques des flavonoïdes

Historiquement, les flavonoïdes présentent un intérêt thérapeutique qui date de la découverte de **la vitamine C** par SzentGyorgyi (**Prix Nobel., 1937**).

De nos jours, les propriétés des flavonoïdes sont largement étudiées dans le domaine médical où on leur reconnaît des activités antivirales, anti-tumorales (**Stavric B et Matula., 1992**), anti carcinogènes (**Das H et al., 1994**), anti-inflammatoires(**Bidet D et al., 1987**) , hypotenseurs et diurétiques(**Bruneton J., 1993**),antioxydantes (**Aruoma O et al., 1995**).

2.2.1. Activité antioxydante

La propriété des flavonoïdes la mieux décrite est leur activité antioxydante et leur capacité à piéger les radicaux libres : radicaux hydroxyles (**OH•**), anions superoxydes (**O2.—**) et radicaux peroxylipidiques, selon la réaction suivante :

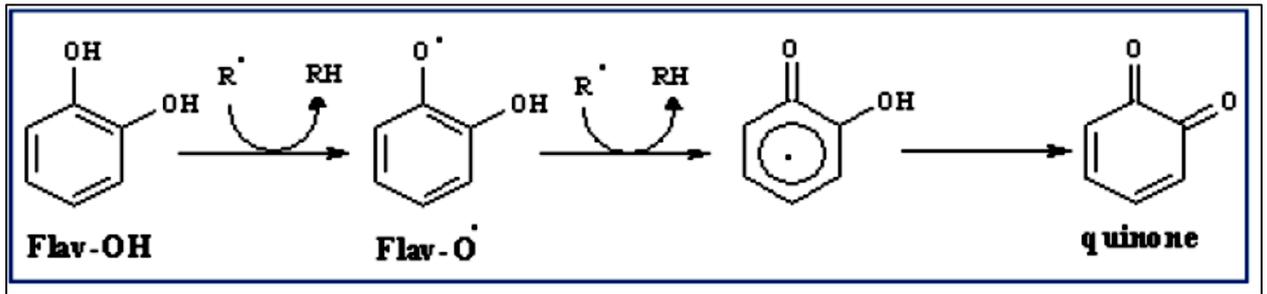


Schéma 08 : Piégeage des ROS par les flavonoïdes.

Les radicaux libres apparaissent dans plusieurs situations, telles que :

- L'anoxie : qui engendre la production de l'anion superoxyde (O_2^-).
- L'inflammation : qui correspond à la production d'anions superoxydes (O_2^-) par la NADPHoxydase membranaire des leucocytes activés, et, par dismutation, à celle du très réactif radical hydroxyle ($OH\cdot$).
- Et l'auto-oxydation des lipides : c'est au cours du stress oxydant que les espèces radicalaires, libres de tout contrôle, vont attaquer des cibles bioactives telles que les protéines, altérant ainsi les récepteurs cellulaires et les enzymes, les acides nucléiques (favorisant la survenue des mutations délétères à l'origine de divers cancers) et les lipides, notamment les particules de LDL de l'intima vasculaire, une phase qui constitue le *primum movens* dans la cascade athérogène.

Les flavonoïdes inactivent et stabilisent les radicaux libres grâce à leur groupement hydroxyle (C3-OH) fortement réactif. Ils sont également capables de chélater les ions métalliques

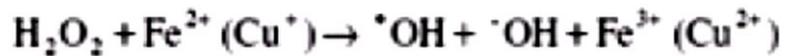
(Largués à partir de leurs protéines de fixation ou de transport) qui peuvent renforcer ces effets délétères par la production des radicaux hydroxyles ($OH\cdot$).

L'action antioxydante de ces phytonutriments ne s'exerce pas seulement par l'inhibition et la désactivation des radicaux libres, elle se manifeste aussi par la neutralisation d'enzymes oxydantes et par la chélation des traces d'ions métalliques responsables de la production de ROS (Halliwell B., 1994).

A cause de leurs faibles potentiels redox, les flavonoïdes (Fl-OH) sont thermodynamiquement capables de réduire les radicaux libres oxydants ($R\cdot$), comme le superoxyde, le peroxyde, l'alkoxyde et l'hydroxyle, par transfert d'hydrogène et le radical

flavonoxy (FL-O•) qui en résulte peut réagir avec un autre radical pour former une structure quinone stable (Jovanovic S et al., 1998):

D'autres études ont montré que les flavonoïdes sont des bons inhibiteurs d'enzymes responsables de la production des radicaux libres comme la xanthine oxydase qui est une source biologique importante du radical superoxyde (Hanasaki Y et al., 1994). Les flavonoïdes sont aussi considérés comme de bons chélateurs d'ions métalliques (Brown J.E et al., 1998 ; Dacosta Y., 2003), comme les ions du fer (Fe²⁺) et du cuivre (Cu⁺) qui sont essentiels pour certaines fonctions physiologiques, mais ils sont aussi responsables de la production du radical hydroxyle par la réduction du peroxyde d'hydrogène selon la réaction suivante:



La quercétine est la plus active des flavonoïdes étudiés. La Figure suivante résume les sites essentiels pour la chélation des ions métalliques : (a) un noyau catéchol sur le cycle B, (b) les groupes 3-hydroxyle et 4-oxo du cycle C, et (c) les groupes 4-oxo et 5-hydroxyle entre les cycles A et C (Van Acker et al., 1996).

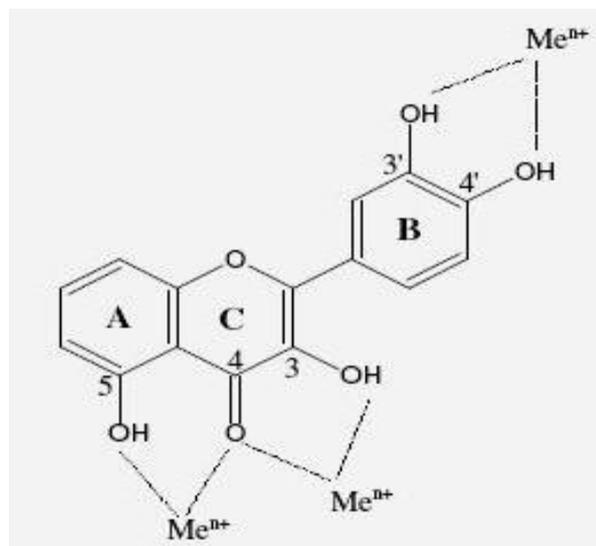


Figure 09 : Flavonoïdes et leurs sites proposés pour la chélation des ions métalliques (Meⁿ⁺)

Plusieurs travaux décrivent les relations structures-activités des flavonoïdes (Van Acker et al., 1996 ; Harborne et Williams 2000). Ces travaux permettent de connaître les activités

anti-oxydantes de ces molécules en fonction de leurs caractéristiques structurales. En fait, leur activité antiradicalaire nécessite:

a- Les molécules possédant une double liaison entre les carbones C2 et C3 et un groupement carbonyle en C4 sont les flavonoïdes dont les activités anti-oxydantes sont les plus marquées, ainsi l'activité de la quercétine (un flavonol) est deux fois plus élevée que celle de la catéchine (un flavan-3-ol). Ceci est dû au fait que la quercétine possède une double liaison C2-C3 et une fonction 4-oxo (Van Acker et al., 1996 ; Harborne et Williams., 2000).

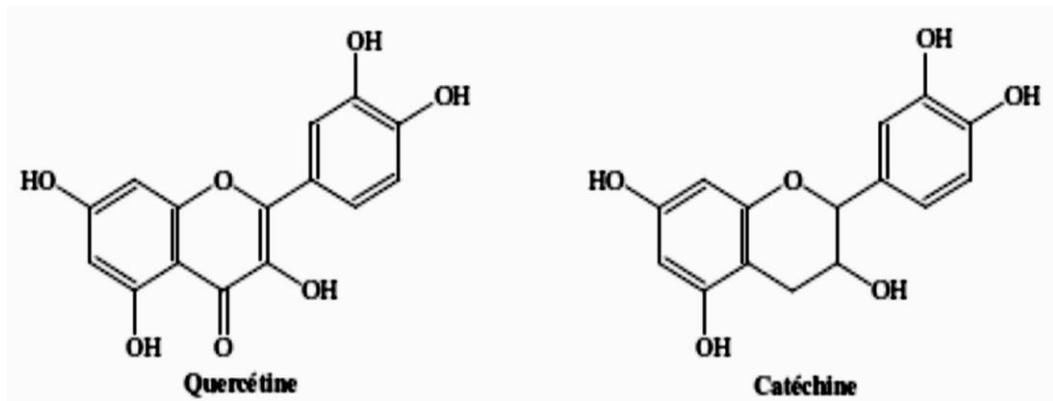


Figure 10 : Comparaison entre deux pentahydroxyphénols

b- La structure ortho-diphénolique du cycle B (=les groupements hydroxyles en position C3'-C4') ainsi qu'un nombre important de résidus hydroxyles augmenteraient le potentiel antioxydant des flavonoïdes possédant un hétérocycle saturé. **Rice-Evans et ses collaborateurs., (1996)** ont développé un test basé sur la capacité d'un antioxydant à piéger le radical cation chromophore, l'activité des flavonoïdes est comparée avec celle du Trolox (une forme soluble de l' α -tocophérol), et exprimée en TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity). Il est à noter que plus la valeur de TEAC est élevée plus la molécule est active. Les résultats de cette étude ont montré que la morine avec deux groupements hydroxyles en méta et le kaempférol avec un seul groupement hydroxyle sont moins actifs que la quercétine (deux groupements hydroxyle en ortho)

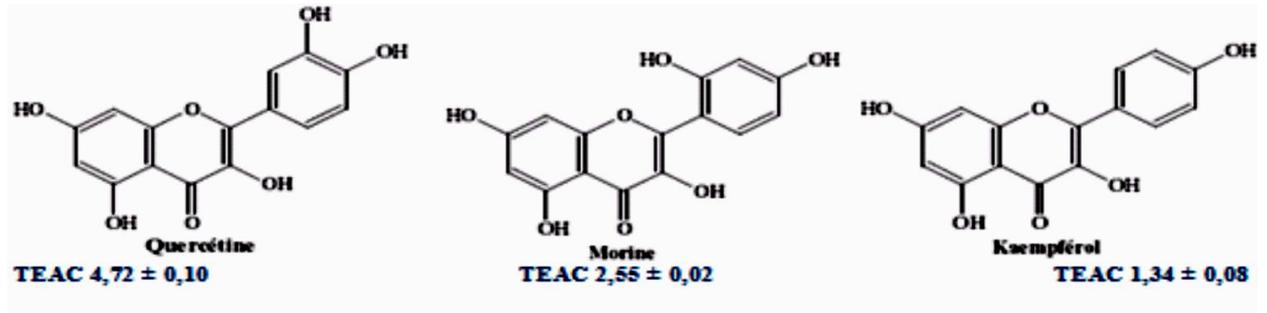


Schéma 11 : Valeurs de TEAC montrant l'importance du groupement catéchol

c- Les flavonoïdes inactivent et stabilisent les radicaux libres grâce à leur groupement hydroxyle (C3-OH) fortement réactif. (Rice-Evans et ses collaborateurs., 1996) ont démontré l'importance ce dernier. En effet, La glycosylation du groupe 3-OH de la quercétine (cas de la rutine) ou sa suppression (cas de la lutéoline) diminue l'activité antioxydante.

En analysant tous ces résultats concernant la capacité des flavonoïdes à piéger les radicaux libres on peut conclure que la quercétine satisfait à tous ces critères, elle dérive du motif flavonol, sa structure particulière lui confère les caractéristiques les plus souvent mises en avant dans l'activité d'un flavonoïde. Elle est le composé le plus actif de la famille des flavonoïdes (Rice-Evans et al., 1996).

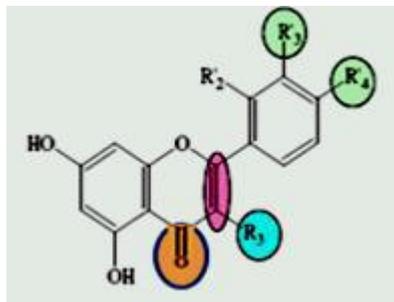


Figure 12 : Eléments essentiels pour l'activité anti-oxydante des flavonoïdes (Rice-Evans C et Burdon R.. 1993).

2.2.2. Propriétés antibactériennes

La thérapeutique des infections bactériennes se base principalement sur l'usage des antibiotiques. La prescription à grande échelle et parfois inappropriée de ces agents a entraîné la sélection de souches multi résistantes d'où l'importance d'orienter les recherches vers la découverte de nouvelles voies qui constituent une source d'inspiration de nouveaux médicaments à base des plantes, sous forme de métabolites secondaires dont les composés

phénoliques, sont toujours utilisés dans l'industrie alimentaire et cosmétique et comme agents antimicrobiens en médecine populaire.

Les polyphénols notamment les flavonoïdes sont reconnus par leur toxicité vis-à-vis des microorganismes. Le mécanisme de toxicité peut être lié à l'inhibition des enzymes hydrolytiques (les protéases et les carbohydrases) ou d'autres interactions pour inactiver les adhésines microbiens, les protéines de transport et d'enveloppe cellulaire (**Cowan M., 1999**).

Deuxième partie
PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I

Matériel et méthodes

Le but pratique du présent travail est en premier lieu d'extraire, identifier les métabolites secondaires du *Gingembre*, et évaluer leur potentiel antioxydant et antimicrobien *in vitro*, puis en second lieu, proposer un projet à impact socio-économique.

1. Matériel d'étude

1.1. Matériel végétal

La plante *Gingembre* qui fait l'objet de notre étude chimique et biologique, a été identifiée et achetée chez un herboriste de la wilaya de Constantine, sous forme de Rhizome secs.



Figure 13 : Rhizome secs de Gingembre

1.2. Matériel et produits de laboratoire

- Appareil d'extraction Soxhlet.
- Evaporateur rotatif.
- Mortier et pilon, moulinette.
- Spectrophotomètre UV
- Balance analytique.
- Papier filtre.
- Ballons, spatules, flacons et tubes stériles.
- Tous les solvants et réactifs chimiques utilisés sont de qualité analytique.
- Les milieux de culture microbienne proviennent de l'institut Pasteur.

Les souches bactériennes ATTC testées :

- *Staphylococcus aureus* ATCC 25923
- *Escherichia coli* ATCC 25922

- *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853
- *Klebsiella pneumoniae* ATCC700603

- Les levures et moisissures sont d'origine alimentaire :
 - *Candida Albicans*
 - *Aspergillus Niger*

2. Méthodes d'études

2.1. Extraction

Broyage

Dans un mortier et à l'aide d'un pilon, une quantité de 50.393g de Rhizomes secs du *Gingembre* a été broyée grossièrement, puis pulvérisée en poudre fine à l'aide d'une moulinette.



Figure 14 : Broyage du rhizome de *Gingembre sec*.

- Les étapes à suivre pour l'extraction
 - 50.393g de poudre de *Gingembre* sont pesés, puis mis dans un papier filtre fin.
 - Le papier filtre est placé dans une cartouche qui va dans le Soxhlet, du méthanol est ensuite déversé directement dessus jusqu'à siphonnassions.
 - Le tout est porté à ébullition.

L'ensemble est donc prêt pour l'extraction.



Figure 15 : Pesée de la poudre de Gingembre

Figure 16 : Préparation de l'extraction.

❖ Extraction par Soxhlet

L'extraction au Soxhlet est une méthode d'extraction Solide-liquide fréquemment utilisée. Le méthanol contenant la matière solide retourne dans le ballon par déversement successif causé par un effet de siphon dans le coude latéral. La matière solide s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète et nous obtenons ainsi l'extrait brut.

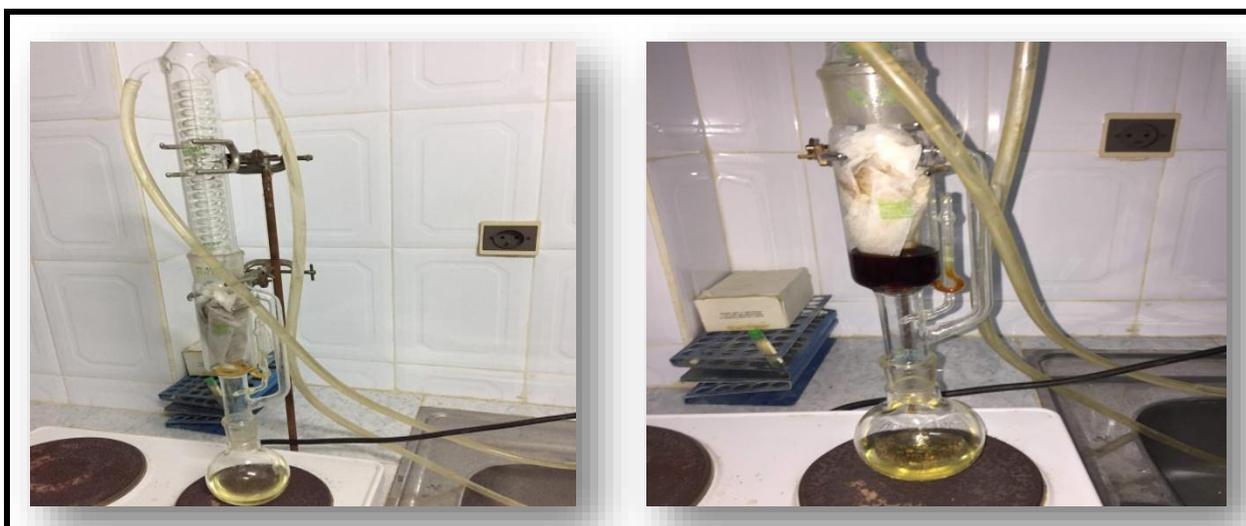


Figure 17 : Extraction par Soxhlet.

❖ Evaporation

Le méthanol est évaporé généralement sur un évaporateur rotatif, que nous avons programmé à 40°C sous pression réduite maintenu à l'aide d'une pompe afin d'assurer le vide.

- Le ballon qui contient l'extrait brut obtenu, est placé sur le rota vapeur pendant un certain temps jusqu'à ce que l'évaporation du méthanol s'arrête et nous obtenons l'extrait brut sec est ainsi obtenu sous forme d'une gomme marron orange accumulée sur les bordures du ballon.



Figure 18 : Evaporation de l'extrait brut.

Pour peser le poids de l'extrait brut, il faut d'abord :

- Peser le ballon vide, puis ce dernier avec l'extrait et on calcule le poids de l'extrait brut, le rendement est calculé selon la loi suivante :

$$\text{Rendement \%} = \left(\frac{\text{la masse d'extrait}}{\text{la masse de poudre}} \right) * 100$$

- L'extrait est récupéré avec un mélange "méthanol+eau" 1 :1V/V, à l'aide d'une spatule, on gratte tous ce qui s'accumule sur les bordures.
- Le tout est conservé dans un flacon ombré et stérile et mis au congélateur jusqu'à son utilisation.

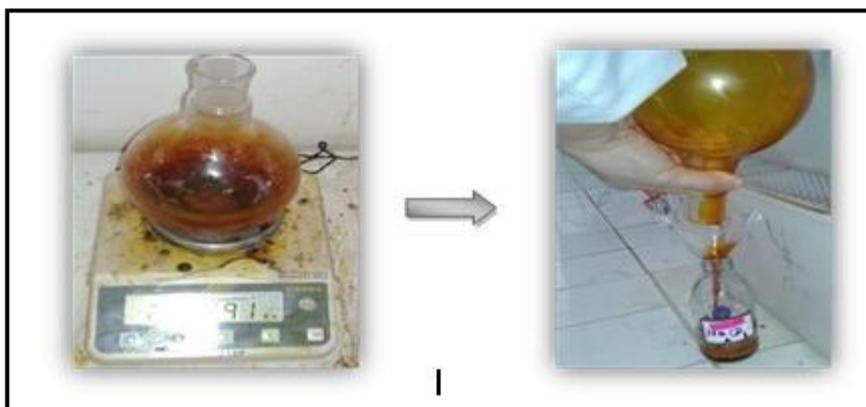


Figure 19 : Pesée et conservation de l'extrait brut sec.

2.2. Etude qualitative

2.2.1. Chromatographie liquide sur couche mince

Principe

Le principe de la chromatographie sur couche mince repose sur l'entraînement d'un échantillon dissous par une phase mobile à travers une phase stationnaire. Cette technique a été réalisée sur des plaques pré-étalées de gel de silice sur plaque d'aluminium.

❖ Mode opératoire

Préparation de l'échantillon

L'échantillon est l'extrait brut sec des rhizomes de *Gingembre* obtenu précédemment par extraction au Soxhlet.

Préparation de la plaque (phase stationnaire)

On trace délicatement sur nos plaques de gel de silice une ligne de dépôt à environ un 0.5cm du bord inférieur de la plaque et une ligne de front à environ 0.5cm du bord supérieur.

Système solvant (phase mobile)

La phase mobile est constituée par un mélange de solvants organiques généralement de faible, moyenne et forte polarité dans des proportions adéquates que nous déterminons empiriquement. Pour cela, On utilise trois systèmes solvants pour définir celui qui donne la meilleure séparation de notre extrait.

Tableau 03: Les trois systèmes solvants utilisés pour la CCM sur gel de silice.

CCM sur gel de silice		
	Systèmes solvants	Proportions
Systèmes Choisis	Hexane /acétate d'éthyle	(7/3) (v/v)
	Hexane / acétate d'éthyle	(8/2) (v/v)
	Hexane / acétate d'éthyle	(9/1)(v/v)

Préparation de la cuve

L'éluant est introduit dans la cuve de manière à ce que son niveau atteigne une certaine hauteur, puis on la couvre avec un couvercle hermétique afin qu'elle se sature des vapeurs de l'éluant.

Dépôt :

A l'aide d'une pipette pasteur, on dépose sur la ligne de dépôt une goutte séparée de l'extrait à analyser.

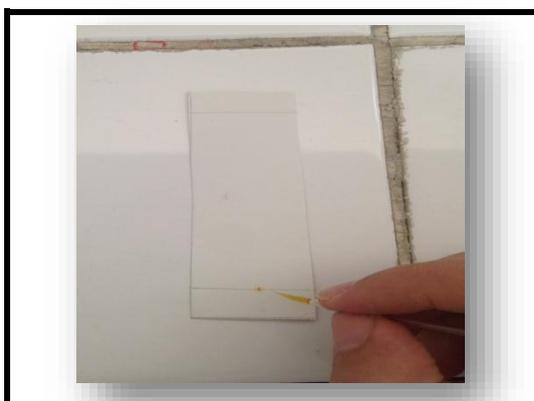


Figure 20 : Préparation de la plaque CCM

La plaque est placée dans la cuve, l'éluant remonte par capillarité le long de la plaque entraînant avec lui l'extrait, lorsqu'il arrive au front du solvant, on fait sortir la plaque de la cuve et on la laisse sécher sur pailasse.

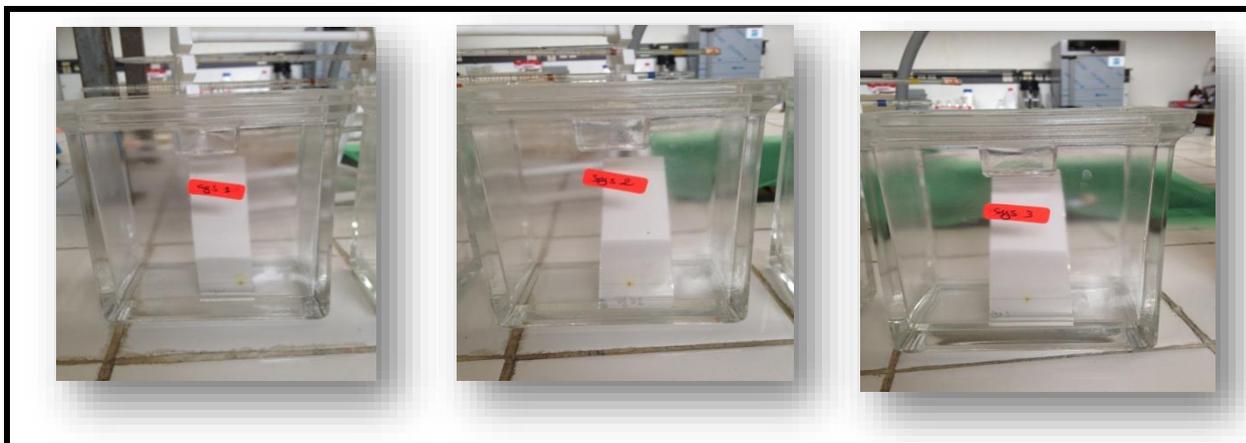


Figure 21 : Migration des constituants du *Gingembre*.

Révélation physique:

Elle est réalisée à l'aide d'une lampe UV à 365 nm, où il est procédé à la visualisation de spots potentiellement invisibles.



Figure 22 : Visualisation des constituants à l'aide de la lampe UV

Révélation chimique :

Elle est utilisée pour identifier certaines classes de métabolites secondaires qui donnent des colorations spécifiques avec le révélateur selon les fonctions chimiques qu'elles

contiennent et leurs positions. Nous utiliserons comme révélateur la vanilline sulfurique à 1% spécifique aux poly-phénols.

- Le révélateur est pulvérisé sur la plaque CCM puis chauffer 2min à l'étuve à 110°C.

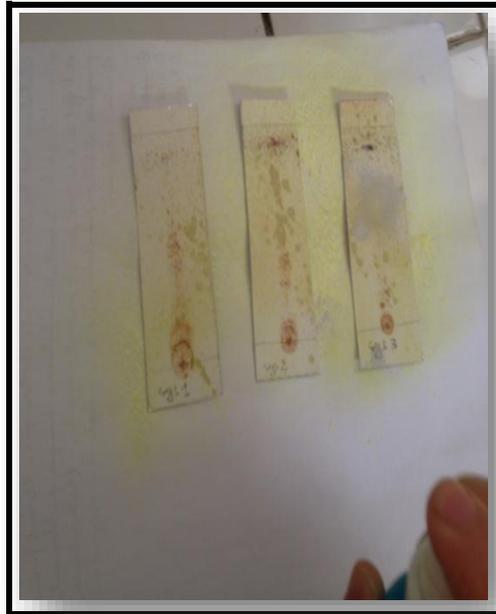


Figure 23 : Révélation des plaques avec la vanilline sulfurique à 1%

❖ Calcul du Rapport frontal (Rf)

Pour chaque spot le facteur de rétention a été calculé, étant égal à la distance parcouru par le constituant divisé par la distance parcourue par le solvant.

$$R_f = d/D$$

Où :

d : Distance parcourue par le constituant

D : Distance parcourue par le front de l'éluant

Ce facteur est caractéristique d'une substance tenant compte du solvant utilisé.

2.3. Etude quantitative

2.3.1. Dosage des poly phénol-totaux

❖ Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

A partir d'une solution mère d'acide gallique de concentration massique 600mg/10ml dans du méthanol, une série de dilutions de 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, a été préparée pour obtenir des solutions filles à : (600, 300, 150, 75, 37.5) mg/10ml.

Par la suite :

- La lecture de l'absorbance de chaque solution est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 750 nm contre un blanc de méthanol ce qui a permis de tracer la courbe d'étalonnage.

❖ Principe du dosage

La teneur phénolique totale est habituellement déterminée colorimétriquement avec le spectrophotomètre UV -Vis en utilisant le réactif de Folin- Ciocalteu.

Les propriétés colorimétriques du réactif de Folin- Ciocalteu sont modifiées lorsqu'il est complexé à certaines molécules comme la fonction OH des phénols. Ce réactif est formé d'acide phosphomolybdique $H_3PMO_{12}O_4$ et d'acide phosphotungstique $H_3PW_{12}O_{40}$ qui sont réduits par l'oxydation des phénols en oxydes bleus de tungstène W_8O_{23} et de molybdène MO_8O_3 , cette réaction se traduit par le développement d'une coloration bleue foncée. (Wong et al., 2006)

❖ Protocole :

- 0.4mg/ml d'extrait sont ajouté à 5ml de réactif de Folin-Ciocalteu 10 fois dilué dans l'eau distillée.
- La solution a été mélangée et incubée pendant 10min
- Après incubation, 4ml de solution de Carbonate de sodium Na_2CO_3 (7.5g/100ml dans l'eau distillée) ont été ajoutés.
- Le mélange final a été bien mélangé, puis incubé pendant 2h dans l'obscurité à T° ambiante.

L'absorbance de l'extrait a été mesurée par un spectrophotomètre à 765nm.

➤ **La Teneur en Poly-phénols Totaux (TPT)** est calculée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique et les résultats sont exprimés en milligramme-équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait de *Gingembre*.

$$TPT = C \cdot V / M$$

Avec :

C : [a.g] µg/ml

V : Volume d'extrait (ml)

M : Poids de l'extrait (mg)

2.3.2. Dosage des flavonoïdes

❖ Courbe d'étalonnage de la quercétine

A partir d'une solution mère de quercétine de concentration massique 200 µg/10ml dans le méthanol, une gamme de dilution (1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32) est préparée pour obtenir des solutions filles de concentration (200, 100, 50, 25, 12.5) µg /10ml.

Par la suite :

La lecture de l'absorbance de chaque solution est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 430nm contre un blanc de méthanol ce qui nous a permis de tracer la courbe d'étalonnage.

❖ Principe :

La méthode de trichlorure d'aluminium (AlCl₃) est utilisée pour quantifier les flavonoïdes dans notre extrait. (Djeridane et al., 2006)

Le trichlorure d'aluminium (AlCl₃) forme un complexe très stable avec les groupements hydroxydes OH des phénols. Ce complexe jaune absorbe la lumière visible à une longueur d'onde 430 nm. (Boudiaf., 2006)

❖ Protocol :

- Une quantité de 0.4mg d'extrait a été dissoute dans un 1ml d'éthanol, puis un 1ml d' $AlCl_3$ (2% dans du méthanol) ont été ajoutés.
 - Le mélange a été vigoureusement agité et l'absorbance lue après 10min d'incubation à 430nm.
- **La Teneur en Flavonoïdes Totaux** est calculée à partir de la courbe d'étalonnage de la quercétine, les résultats sont exprimés en milligramme- équivalent de quercétine par gramme d'extrait de *Gingembre*.

$$TFT = C \cdot V / M$$

Où :

C : [Q] $\mu\text{g/ml}$

V : Volume d'extrait (ml)

M : Poids d'extrait (mg)

❖ Analyses statistiques

Les résultats des tests effectués sont exprimés en moyenne $\pm SD$, calculée sur un ensemble de trois essais comme suit :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$$

Où :

S : l'écart type

X : l'absorbance

\bar{x} : la moyenne des 03 absorbances

N : nombre d'essais

2.4. Etude de l'activité antioxydante

2.4.1. Test du pouvoir réducteur FRAP (ferric reducing antioxidant power)

2.4.1.1. Principe

Cette technique a été développée pour mesurer la capacité du plasma à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}). En effet le Fe^{3+} participe à la formation du radical hydroxyle par la réaction de Fenton.

Le Fe^{2+} à un ph faible forme un complexe avec 2,4,6-tris(2-pyridyl)-1,3,5-s-triazine (TPTZ) de couleur bleue qui donne une absorption maximale à 594 nm.

Ainsi, la formation de ce complexe indiquera un pouvoir réducteur qui détermine la capacité d'un composé à se comporter comme un antioxydant. Les valeurs sont obtenues sont comparées avec l'absorbance d'un témoin qui est l'acide ascorbique usuellement (**Benzie & Strain., 1996 ; Pulido., 2000**).

Le pouvoir réducteur de l'extrait méthanolique des rhizomes secs a été déterminé selon le protocole de (**Amarowicz et al., 2010**).

2.4.1.2. Protocol

- Un volume de 1 ml l'extrait dissous dans l'éthanol a été ajouté à 2.5 ml de tampon phosphate (pH 6.6) et 2 ml de ferricyanure de potassium (1%).
 - Après 20 min à 50°C, un volume de 6.5 ml d'acide trichloroacétique (4%) a été ajouté au mélange
 - centrifugé pendant 10 min à 3000Tr/min. un volume de 2.5 ml de la couche supérieure (surnageant) a été mélangé avec 2.5 ml d'eau distillée et 0.5 ml de solution de chlorure ferrique (FeCl_3) à 0.1%.
- L'absorbance a été mesurée à 700 nm, dont l'absorbance la plus élevée indique le pouvoir réducteur le plus important. Toutes les expériences ont été répétées en triple.

2.5. Evaluation de l'activité antimicrobienne

Les tests de sensibilité et résistance antimicrobienne sont été effectuées selon la méthode de diffusion des disques. (**Parekh et al., 2007; Dulger et al., 2004; Rota et al., 2008**)

2.5.1. Principe

Le principe de l'activité antimicrobienne des extraits de plantes consiste à réaliser une culture microbienne sur milieu Muhler-Hinton (MH), en présence de disques imbibés d'extrait de plante. Si ces derniers ont une activité antimicrobienne, on observera une zone d'inhibition autour du disque due à la diffusion des échantillons.

Le support microbien est composé de souches ATTC : *Staphylococcus aureus* , *Escherichia coli* , *Pseudomonas aeruginosa* , *Klebsiella pneumoniae* , et des souches alimentaires *Candida albican* , *Aspergillus niger*.

2.5.2. Protocole

- **Préparation des dilutions**

Nous avons établi pour cette étude une gamme de dilution en partant d'une concentration de solution mère de 1g/10ml de DMSO.

Nous obtenons ainsi la gamme de dilution suivante : 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128, à des concentrations de :

[500,250,125,62.5,31.25,15.625,7.8125]mg/10ml respectivement et nous avons utilisé

à chaque fois le DMSO comme solvant de dilution.



Figure 24 : Préparation des dilutions pour l'activité antimicrobienne

- **Repiquage des espèces bactériennes**

Les différentes espèces bactériennes ont été repiquées par la méthode des stries, puis incubées à 37 °C afin d'obtenir des colonies isolées qui vont servir à la préparation de l'inoculum.

- **Préparation de l'inoculum**

Des colonies bien séparées des espèces bactériennes concernées ont été prélevées à l'aide d'une anse de platine stérile et homogénéisées dans 10 ml de bouillon nutritif puis portées à l'incubation pendant (18-24) heures à 37°C.

- **Préparation des milieux de culture**

La gélose de Muller -Hinton (milieu spécifique pour les bactéries) prête à l'usage a été coulée dans des boîtes de pétrie stériles alors que d'autres ont été coulées par la gélose Sabouraud (milieu spécifique pour les champignons).

-Ces dernières doivent être séchées 30 min à une température ambiante avant leur emploi.

- **Ensemencement**

Les boîtes de pétrie préalablement coulées, sontensemencées par étalage à l'aide d'un râteau stérile, l'ensemencement s'effectue de telle sorte à assurer une distribution homogène des bactéries.

- **Préparation des disques**

Des disques stériles de 6mm de diamètre sont imprégnés de chaque dilution de l'extrait de *Gingembre*, et sont ensuite déposés stérilement à la surface de la gélose Muller –Hinton pour les bactéries, et sur la gélose Sabouraud pour les champignons préalablementensemencés par les souches microbiennes.

- L'activité antimicrobienne est déterminée en termes de diamètre de la zone d'inhibition produite autour des disques après 24 h d'incubation à 37° mesurée à l'aide d'une règle.



Figure 25 : Ensemencement des souches microbiennes et application des discs sur boîtes de pétries.

Tous les tests ont été répétés trois fois

CHAPITRE II

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Le rendement

Le rendement de l'extrait brut de *Gingembre*, obtenue par extraction au Soxhlet, a été déterminé par rapport à la masse initiale de la poudre sèche.

Le poids de l'extrait brut sec= 9.6 g

Donc:

$$\text{Rendement \%} = (\text{la masse d'extrait/la masse de poudre}) * 100 = 19.05 \%$$

2. Analyse qualitative

2.1. Chromatographie liquide sur couche mince

Pour déceler les empreintes phénoliques de nos extraits, et avoir une idée sur leurs compositions chimiques une chromatographie analytique sur couche mince a été réalisée en utilisant trois systèmes solvants moyennement polaires. Sous lumière UV à 365 nm, les différentes taches d'extrait qui se présentent sur les chromatogrammes ont été délimitées.

Le comportement chromatographique de l'extrait de *Zingebre officinale* sur plaque de silice dans les différents systèmes après la révélation chimique (**figure 26**), et leurs Rf sont consignés dans le tableau 04.

CCM Système 1	CCM Système 2	CCM Système 3
Hexane/acétate d'éthyle (7/3) (v/v)	Hexane/acétate d'éthyle (8/2) (v/v)	Hexane/acétate d'éthyle (9/1)(v/v)



Figure 26 : Comportement chromatographique de l'extrait de *Zingebre officinale* sur CCM avec révélation chimique.

Tableau 04 : Rf correspondants aux fluorescences des flavonoïdes observés par ccm de l'extrait de *Zingebre officinale*

Nombre de spot	Couleur	Rf Syst1	Rf Syst2	Rf Syst3	ΔRf
01	Marron	0.896	0.914	0.913	0.53
02	Marron	0.520	0.384	0.170	0.102
03	Marron	0.472	0.282	0.111	/

3. Analyse quantitative

3.1. Dosage des poly-phénols

Le dosage des phénols totaux a été effectué par la méthode spectrophotométrique adaptée avec le réactif de Folin-Ciocalteu. Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait de plante (mgEAG/gES), en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de l'acide gallique. (**Figure 27**)

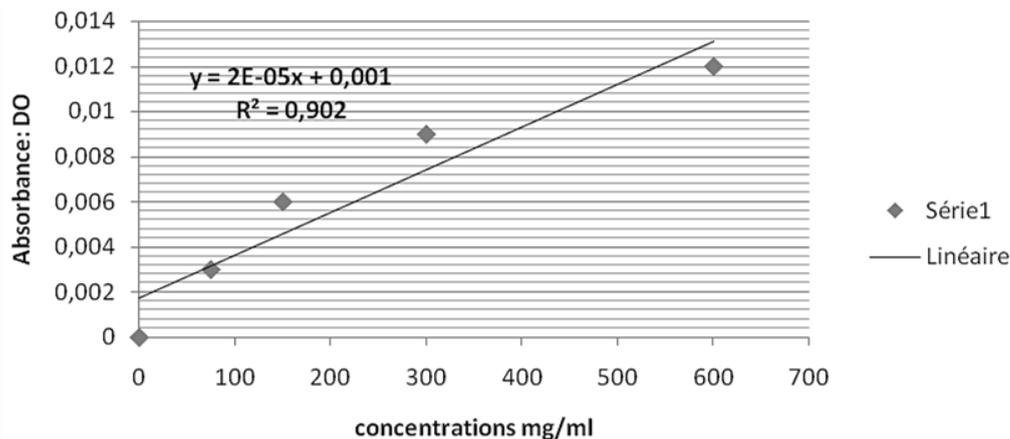


Figure 27 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux.

Le contenu des composés phénoliques déterminé est 11,5125mgEAG/g d'extrait sec de la plante.

3.2. Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé par la méthode colorimétrique (**Djeridane et al., 2006; Boudiaf., 2006**), la quercétine, considérée comme contrôle positif, a permis de réaliser

une courbe d'étalonnage, à partir de laquelle nous avons calculé la teneur en flavonoïdes, exprimée en mg équivalent de quercétine (EQ) par gramme de matière d'extrait de plante.

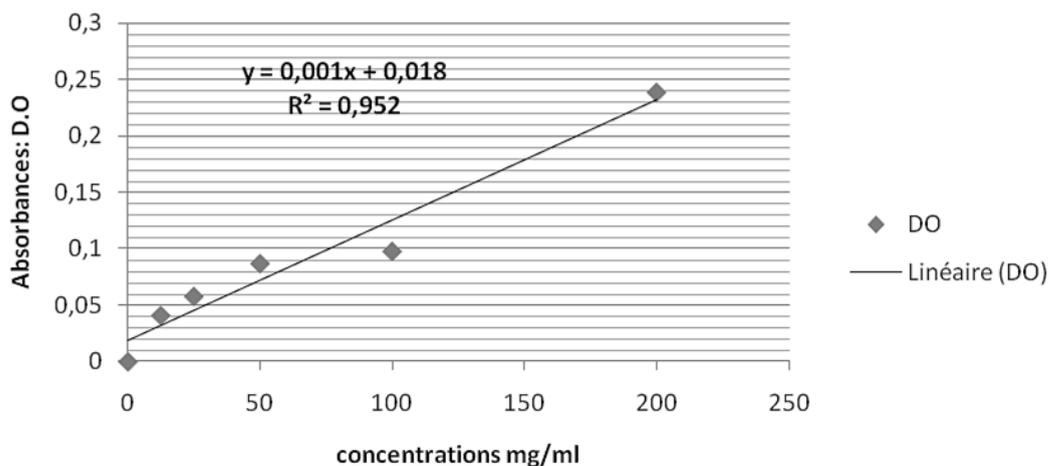


Figure 28 : Courbe d'étalonnage de quercétine pour le dosage des flavonoïdes.

La teneur en flavonoïdes des extraits éthanoliques en terme de quercétine équivalent(EQ) est de 2,1175 mg EQ /g pour l'extrait sec du *Zingebre officinale*.

4. Evaluation des activités biologiques

4.1. Etude de l'activité anti-oxydante

Pour évaluer le potentiel antioxydant de l'extrait méthanolique des rizhomes de gingembre, le comportement antioxydant de ces derniers a d'abord été étudié avec le test de FRAP (Ferric Reducing Antioxydant Power) en utilisant l'acide ascorbique comme référence ce qui a donné les résultats illustrés (Figure 29) .

Tableau 05 : Dosage (vit c et le fer) par le test de FRAP

Concentration	10	5	2,5	0,13	0,06	0,03	0,02	0,01
Mg/ml extrait	10	5	2,5	0,13	0,06	0,03	0,02	0,01
Abs fer	3	3	3	3	3	3	3	3
Abs Vit C	3	3	3	3	3	3	3	3

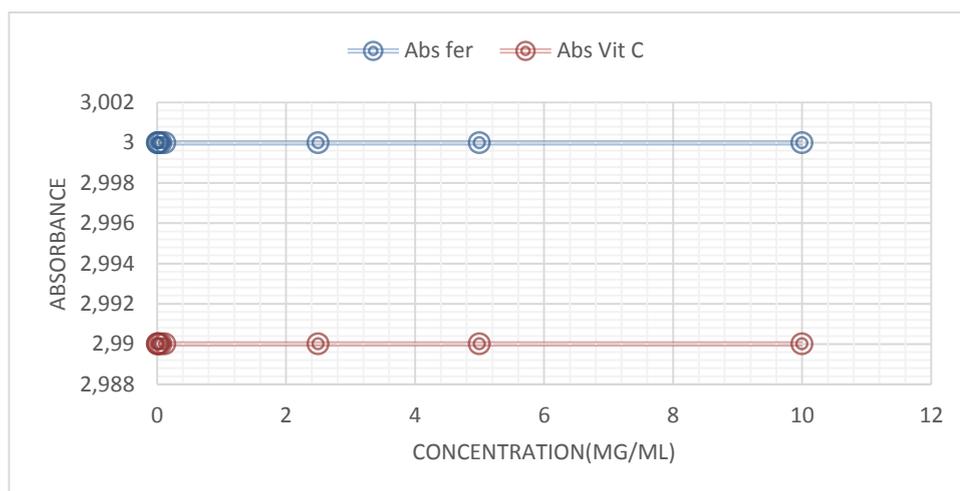


Figure 29 : Résultat du teste de FRAP de l'extrait méthanolique du rhizome du *Z.Officinale*

4.2. Etude de l'activité antimicrobienne

Nous avons étudié *in vitro* le pouvoir antibactérien de l'extrait méthanolique du *Zingebre officinale* par la méthode de diffusion des disques sur un milieu gélosé solide.

L'activité antibactérienne de l'extrait est estimée en terme de diamètre de la zone d'inhibition autour des disques contenant l'extrait à tester vis-à-vis les six germes (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Candida albican*, *Aspergillus niger*). (Tableau 05)

Tableau 06 : Diamètres des zones d'inhibition en fonction de la concentration de l'extrait méthanoïque de *Z.Officinale* vis-à-vis des différentes souches microbiennes.

Dilutions avec concentrations (mg/ml)	Diamètre des zones d'inhibition de croissance des cultures microbiennes en mm							
	SM [1000]	1/2 [500]	1/4 [250]	1/8 [125]	1/16 [62.5]	1/32 [31.25]	1/64 [15.625]	1/128 [7.8125]
<i>S. aureus</i>	26	20	17	16	14	13	13	11
<i>Escherichia coli</i>	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>P.aeruginonose</i>	27	26	21	18	18	16	10	8
<i>K.pneumoniae</i>	26	23	20	18	16	14	9	8
<i>C.albican</i>	10	/	/	/	/	/	/	/
<i>A.niger</i>	11	/	/	/	/	/	/	/

Les résultats des diamètres des zones d'inhibition révèlent que les intervalles d'inhibition varient entre $(11-26)\pm 0.4$ pour *Staphylococcus aureus*, nulle pour *Escherichia coli*, $(8-27)\pm 0.4$ pour *Pseudomonas aeruginosa*., $(8-26)\pm 0.4$ *Klebsiella pneumoniae*. pour les Levure et Moisissure *Candida albicans* et *Aspergillus niger* les zones d'inhibition sont observées uniquement avec la solution mère avec 10 ± 0.4 et 11 ± 0.4 mm pour *Candida albicans* et *Aspergillus niger* respectivement.

4.2.1. Antibiogramme

Le teste d'antibiogramme réalisé sur les quatre souches bactériennes ATTC, avec la **Gentamicine** ($10\mu\text{g}$ /disque) comme antibiotique de référence a donné les résultats suivants :

Tableau07 : Résultats de l'antibiogramme

Les souches	<i>S. aureus</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>E. Colie</i>	<i>K. pneumoniae</i>
les diamètres des zones d'inhibition (mm) avec GN 10	22	24	38	18

1. Le rendement

La composition, ainsi que la quantité des métabolites secondaires d'un extrait, peuvent être influencée par plusieurs facteurs tel que le mode et le temps d'extraction, la température, la nature du solvant ainsi que sa polarité qui permet de solubiliser et extraire les composés de polarité similaire au solvant (**Green, 2004 ; Ncube *et al.*, 2008**).

La méthode d'extraction par Soxhlet au méthanol, adoptée dans ce travail a prouvé une grande efficacité avec un rendement massique de 19.05% , ceci par rapport au rendements de 15% obtenu par (**Boumazouna M et Guennad H ., 2017**) par la même technique mais avec l'acétone comme solvant, comparativement à d'autres méthodes telle que la macération où les rendements massiques trouvés par (**Ogudo *et al.*, 2014**) sont plus inférieurs ; 4,70 et 1,62 % pour les extraits méthanol/ eau et chloroformique respectivement. On peut conclure que l'extraction à chaud par Soxhlet au méthanol figure comme une méthode de choix, mieux rentable et plus économique en terme de temps et de solvant.

D'autre part, le méthanol, le solvant choisit durant cette extraction répond aux exigences que doit un solvant d'extraction de matière végétale présenter, c'est un solvant vert de faible toxicité éco-compatible avec facilité d'évaporation sous pression à basse température (**Hughes., 2002 ; Ncube *et al.*, 2008**), il est aussi employé fréquemment pour l'extraction des composés phénoliques (**Falleh *et al.*, 2008**). Ainsi, les solvants polaires, sont plus intéressants que les solvants moins polaires, car ils ont la capacité de délipider et dépigmenter la matière végétale (**Bruneton., 2009**).

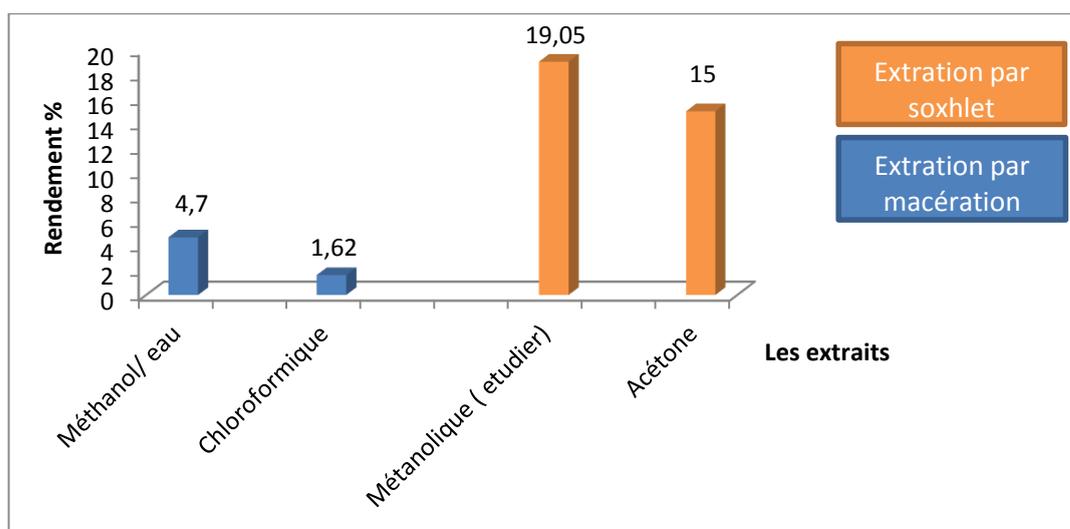


Figure 30 : Rendements d'extraction des rhizotomes du *Z. Officinale* par différentes méthodes et solvants

2. Analyse qualitative

2.1 Chromatographie liquide sur couche mince

La délimitation des taches en utilisant les deux méthodes de révélation (physique et chimique), révèle la présence de 3 taches qui conviennent aux 3 composées majoritaires appartenant à la famille du révélateur la vanilline et qui démontre la existence probable des terpènes.

Les résultats des Rf sont calculés d'après le système 2 pour la bonne séparation obtenue par ce dernier, la bonne migration est due à l'adéquation de polarité entre les produits et la phase mobile utilisée. Les produits susceptible d'être des terpènes (des hydrocarbures insaturés) sont des molécules moyennement polaires ce qui rend leur migration dans l'hexane facile.

D'autre part ; la différence entre les Rf montre que la 1^{er} et 2^{ème} tache avec les Rf= (0.914,0.384) respectivement sont des molécules substituées en fonction polaire (-OH, Cétone, Ester,) contrairement à la 3^{ème} tâche a Rf= 0.282 qui est apolaire.

On peut noter aussi, que le ΔRf entre la 1^{er} et 2^{ème} tâche est 0.53 supérieure à 0.15 ce qui nous permettra de les séparer facilement par une simple chromatographie par colonne (**Still et al., 1978**).

3. Analyse quantitative

3.1. Dosage des poly-phénols

L'analyse quantitative du taux des poly-phénols totaux de l'extrait méthanolique des rhizomes de *Z.Officinale* dans cette étude est bien supérieure à celui obtenu par **Shirin et Jamuna., (2010)** qui est de l'ordre de 7,8 mg EAG/g d'extrait méthanol/ eau, de **Beggas L et Bendoukhane M., (2017)** avec 3,56 mg EAG/g d'huile de *Z.Officinale* et aussi de **Amari Sihem., (2016)** avec 1,78mg EAG/g de l'extrait méthanol/ eau, et dans la même étude une teneur en poly phénol totaux supérieure de l'ordre de 16,84 mg EAG/g est obtenue pour l'extrait chloroformique par macération, ce qui confirme l'influence de la méthode et du solvant utilisé pour l'extraction.

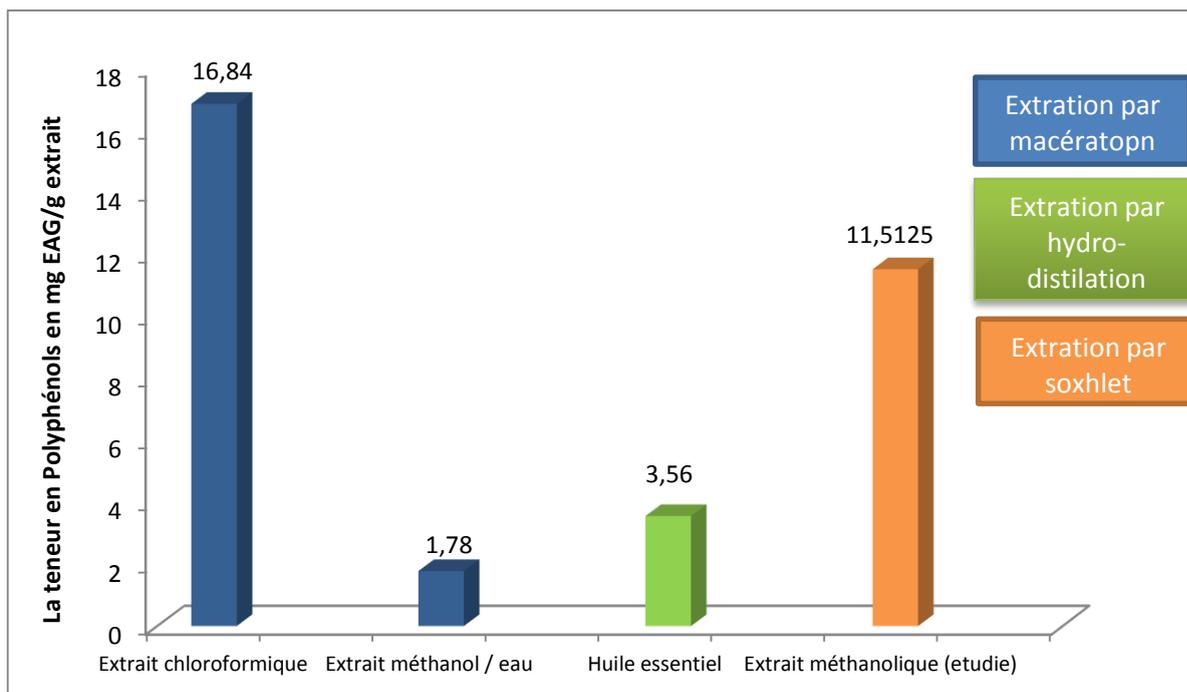


Figure 31 : Comparaison des teneurs du Z.officinale en poly-phénols

3.2. Dosage des flavonoïdes

Le taux des flavonoïdes de l'extrait méthanolique des rhizomes sec de *Z.Officinale* est aussi supérieure à celui rapporté par **Shirin et Jamuna., (2010)** avec 0,404 mg EC/g d'extrait et celui de **Amari Sihem., (2016)** et **Bhargava et al., (2012)** qui est de l'ordre de 1,56 mg EC/g d'extrait chloroformique et 0,02 mg EC/g d'extrait méthanol/ eau, cependant **Beggas L et Bendoukhane M., (2017)** ont eu 5mg EC/g de teneur en flavonoïdes pour l'huile de *Z.officinale*.

Toutefois, pour toutes ces comparaisons établies, il est difficile de contempler les résultats obtenus avec ceux de la bibliographie, en vue que l'utilisation de différentes méthodes d'extraction, et solvants, rendent la comparaison moins fiable (**Trabelsi et al., 2010**).

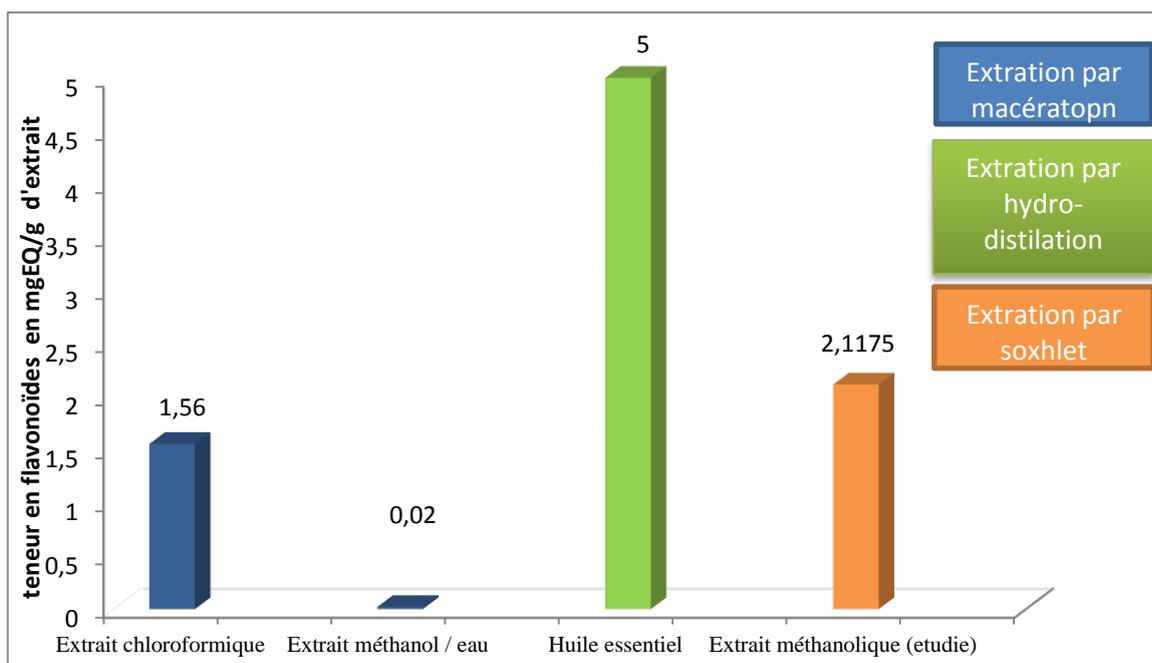


Figure 32 : Teneurs en flavonoïdes des différents extraits de *Z. Officinale*

4. Evaluation des activités biologiques

4.1. Etude de l'activité anti-oxydante

Le teste de FRAP pour l'activité antioxydante est un test préliminaire qui permet de donner une idée sur le potentiel antioxydant d'un composé les résultats de ce test étant positifs est élevés même à très basses concentrations nous en concluons que notre extrait a un très grand pouvoir antioxydant qu'il faut développer par d'autres applications antioxydantes telles que : DPPH, Phosphomolibden... afin de mieux le valoriser, dans ce cadre, l'étude menée par **Beggas L et Bendoukhane M., (2017)**, montre des résultats similaires.

4.2. Etude de l'activité antimicrobienne

L'extrait méthanolique du Zingbre *Offinale* inhibe la croissance des souches Gram (+), *S.aureus* et Gram (-) *P.aeruginonose* et *K.pneumoniae*, et aussi celle des levures et des moisissures *Candida albicanet Aspergillus niger* respectivement, par contre la bactérie Gram (-), *E.colie*, s'est montrée résistante à l'extrait. On observe que le diamètre des zones d'inhibition diminue avec les dilutions effectuées (**Figure 33**), l'activité antimicrobienne est donc dose dépendante pour cet étude.

Nos résultats sont comparables à ceux de **Gull et al., (2012)**, où les souches *P.aeruginosa* et *K.pneumoniae* étaient sensibles à l'extrait méthanolique des rhizomes de *Z. officinale*, récoltés au Pakistan, et peu homogènes aux conclusions des travaux de **AMARIS., (2016)** ;

Abd-Alrahman et al., (2013) et Riaz et al., (2015) où les extraits du *Z.Officinal* étaient efficaces contre toutes les souches testées y compris la bactérie *E.Colie*. La (figure 34) montre une comparaison entre les résultats des zones d'inhibition obtenus dans cette étude et ceux reportés par AMARIS., (2016).

L'efficacité antimicrobienne des huiles essentielles et des extraits dépend de leur composition chimique d'une part, et de la nature du microorganisme d'autre part (Nikolić M., et al, 2014).

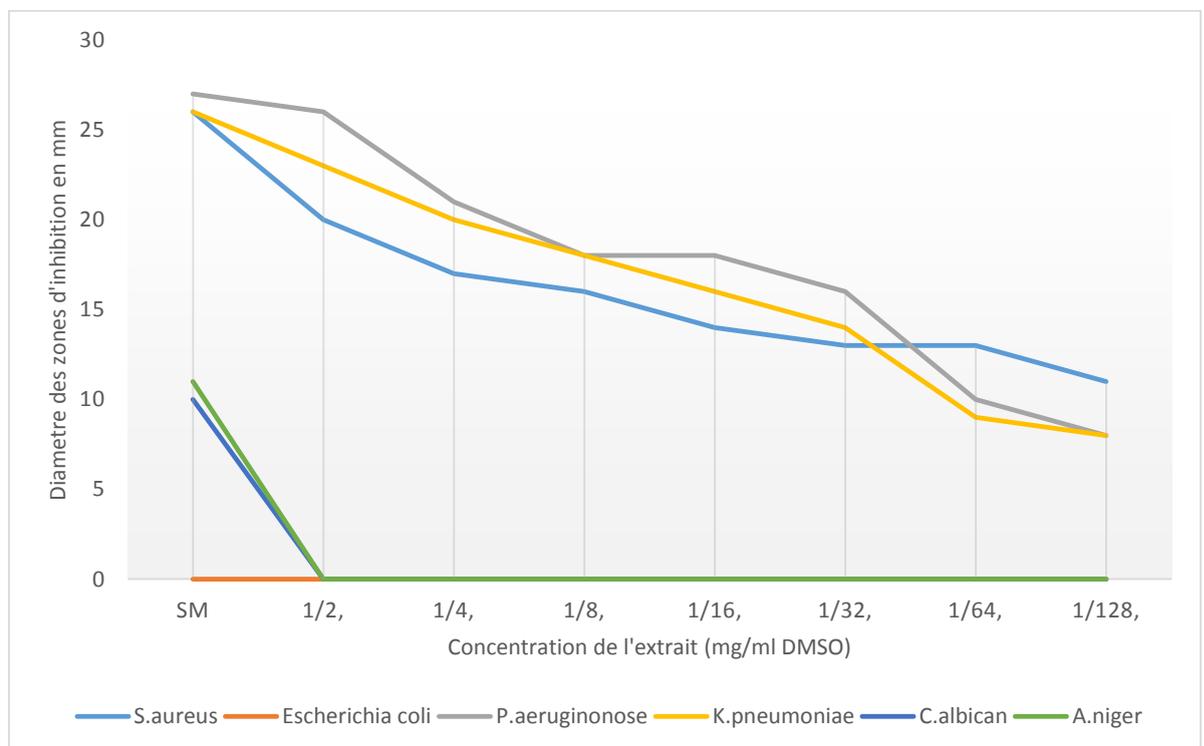


Figure 33 : Evolution des diamètres des zones d'inhibition en fonction de la concentration de l'extrait méthanolique des rhizomes de *Z. officinale étudié*

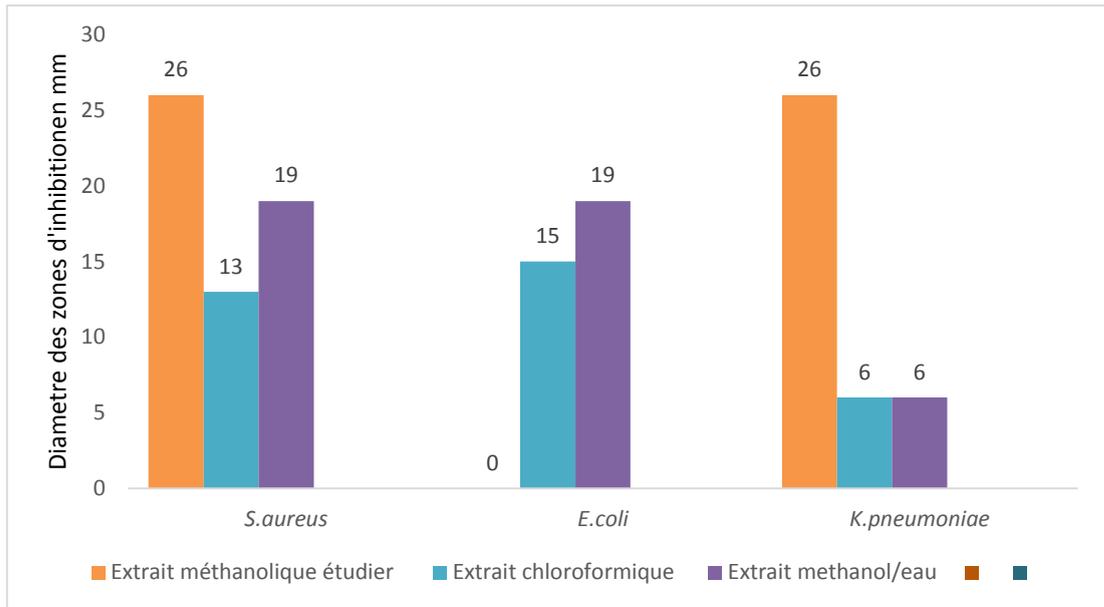


Figure 34 : Comparaison des diamètres des zones d'inhibition de différents extraits du rhizome de *Z. officinale*

4.2.1. Teste antibiogramme

D'après, les résultats obtenus par le teste d'antibiogramme et en tenant compte des concentrations des disques d'antibiotiques en Gentamicine, on peut conclure que le pouvoir inhibiteur de l'extrait méthanolique du *Z. Officinale*, est très satisfaisant vis-à-vis des souches *S. aureu*, *P. aeruginonose*, et *K. pneumoniae*. ce qui suggère qu'il ont un spectre antibactérien proche et permet d'émettre l'idée d'élaboration de préparations officinales et médicamenteuses à base du *Z. Officinale* (**figure 35**).

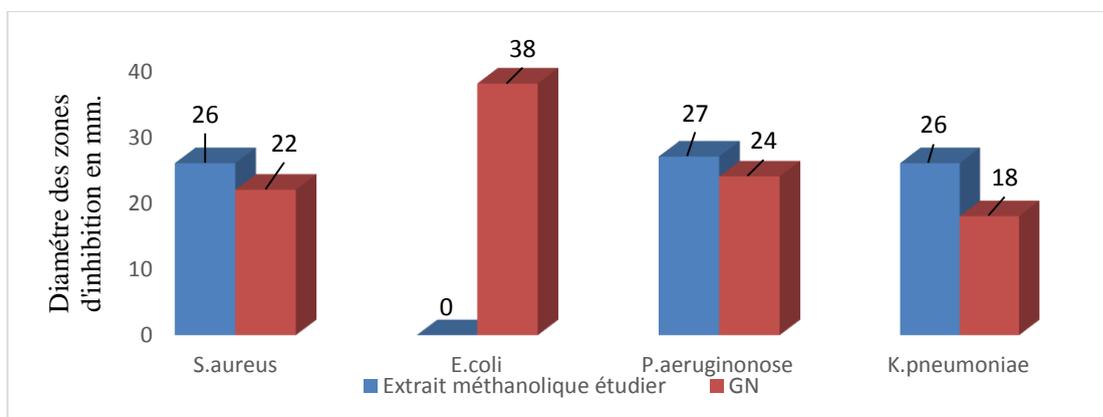


Figure 35 : Les Diamètres des zones d'inhibition d'extraits méthanolique du rhizome de *Z. officinale* et du teste d'antibiogramme.

Conclusion générale

Ce travail nous a permis en premier lieu de maîtriser des techniques analytiques universelles de base en passant de l'extraction à l'analyse qualitative et quantitative des métabolites secondaires issus du rhizome du *Zingebre officinale* ainsi que sa valorisation par l'évaluation de son potentiel antioxydant et antimicrobien.

La partie rhizome de *Zingebre officinale*, soumise à l'extraction au Soxhlet à chaud, nous a permis d'obtenir un rendement de 19.05% ce qui est plus intéressant en terme de quantité, d'économie de temps et de solvant que l'extraction à froid par macération.

Le screening chimique par chromatographie liquide sur couches minces CCM nous a donné une idée sur les classes de métabolites secondaires présents dans notre extrait essentiellement des poly-phénols, et leurs RF nous ont permis de les identifier de même que les systèmes de solvants utilisés ont permis d'établir les conditions de leur séparation par chromatographie sur colonne.

Le dosage des poly-phénols totaux par la méthode de Folin-Ciocalteu, et des flavonoïdes en utilisant la méthode au trichlorure d'aluminium, ont permis d'évaluer la richesse de notre extrait en ces composés: la teneur en poly-phénols totaux est de 11,5125 (mg EAG \g) représentés majoritairement. Alors que la teneur en flavonoïdes est de 2,1175 (mg EAG \g).

Afin de valoriser cette épice, l'activité antioxydant par le teste de FRAP pour l'activité antioxydante est un test préliminaire qui permet de donner une idée sur le potentiel antioxydant d'un composé les résultats de ce test étant positifs est élevés même à très basses concentrations nous en concluons que notre extrait a un très grand pouvoir antioxydant qu'il faut développer par d'autres applications antioxydantes tel que :DPPH, ... afin de mieux le valoriser

Pour l'activité antibactérienne, L'extrait méthanolique du *Zingebre Officinale* inhibe la croissance des souches de Gram (+), *S.aureus* et des Gram (-), *P.aeruginonose* et *K.pneumoniae*, par contre la bactérie Gram (-), *E.Colie*, les levures et les moisissures sont montrées résistantes à notre extrait, ces résultats obtenus in vitro ne constituent qu'une première étape de la recherche des produits antimicrobiens naturels qui sont proposés dans le domaine de la santé.

Cela nous a permis d'établir une corrélation entre le contenu poly phénolique de notre extrait et les activités biologiques testées.

Pour finir, le Gingembre est un agent antioxydant naturel prometteur et non toxique, ayant un large spectre de fonctions biologiques et devrait trouver une application en tant que nouveau médicament, indiqué notamment pour les désordres inflammatoires, et les pathologies causées par le stress oxydatif.

Références bibliographiques

- **Abd-Alrahman S.H., Salem-Bekhit M.M., Yakout S.M. et Elhalwagy M.A., 2013.** Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Various Crude Extracts of Ginger(*Zingiber officinale* Roscoe). *Journal Of Pure And Applied Microbiology*. 7 : 309-316.
- **Ali B.H., Blunden G., Tanira M.O., Nemmar A., 2008.** Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A review of recent research. *Food Chem. Toxicol.* 46, 409–420.
- **AmariSihem., 2016.** Étude phytochimique et évaluation de l'activité antibactérienne et antioxydante de deux extraits de la plante *Zingiber officinale*. Mémoire Master En Sciences Biologiques, 40-43 p.
- **Andriatsihoarana S M., 2010.** Contribution à l'étude de l'huile essentielle de gingembre en vue d'une meilleure exploitation.[Mémoire Diplôme ingénieur génie chimique].
- **Aruoma O.I., Spencer J.P.E., Butler J., Halliwell B., 1995.** Commentary reaction of plant-derived and synthetic antioxidants with trichloromethylperoxyl radicals, P: 187 - 190.
- **Asami A., Shimada T., Mizuhara Y., Asano T., Takeda S., Aburada T., Miyamoto K., Aburada M., 2010.** Pharmacokinetics of [6]-shogaol, a pungent ingredient of *Zingiber officinale* Roscoe (Part I). *Journal of Natural medicine*. P. 281-287.
- **Beggas L., Bendoukhane M., 2017.** Etude de l'activité antioxydante de gingembre « *Zingiber officinale* ». Mémoire Master En Sciences Biologiques, 23-24 p.
- **Bhargava S., Dhabhai K., Batra A., Sharma A. et Malhotra B., 2012.** *Zingiber Officinale*: Chemical and phytochemical screening and evaluation of its antimicrobial activities. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 4(1): 360-364 p.
- **Bidet D., Gagnault J.C., Girard P., Trotin F., 1987.** Inflammation, allergie, douleur et acide arachidonique: du jardin des Hespérides à la cascade de l'acide arachidonique: Les flavonoïdes. P : 89 - 97.
- **Boizot N et Charpentier J.P., 2006,** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier, INRA - Amélioration génétique et physiologie Forestières, Laboratoire d'analyses biochimiques, le cahier des techniques de l'INRA, P: 79- 80.

- **Boudiaf k., 2006.** Etude des effets anti-xanthine oxydoreductase et anti-radicalaires des extraits des graines de nigella sativa. Mémoire de magister. Setif.
- **Brown J. E., Khodr H., Hider R.C., Rice-Evans C., 1998.** Structural dependence of flavonoid interactions with Cu²⁺ ions. *Biochem. J.* 330 : 1173-1178.
- **Bruneton J., 2009.** Pharmacognosie, Phytochimie, Plante médicinales. Technique & Documentation, Lavoisier 4^{ème} Édition, Paris.
- **Bruneton J., 1993.** Pharmacognosie et phytochimie. Plantes médicinales. Paris, France :Eds Lavoisier
- **Clark W., Still., Michael Kahn., and Abhijit Mitra J., 1978.** *Org.Chem.*, Vol. 43 , No. 14
- **Chaiyakunapruk N., KitikannakornN., Nathisuwan S., et al., 2006.** The efficacy of ginger for the prevention of postoperative nausea and vomiting: a meta-analysis. P 95-99.
- **Chittumma P., Kaewkiattikun K., Wiriyasiriwach B., 2007.** Comparison of the effectiveness of ginger and vitamin B for treatment of nausea and vomiting in early pregnancy: a randomized double blind controlled trial. *Journal Med Assoc Thai.* P 15-20.
- **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. P: 271-281.
- **Colleen NAS., Bailey-Shaw YA., Hibbert SL., Green C., Smith AM., Williams LAD., 2012.** Characterization of cultivars of Jamaican ginger *Zingiberofficinale* Roscoe) by HPTLC and HPLC. *Food Chem.*, 131(4): 1517-1522.
- **Cowan M. M., 1999.** Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews.*, P 564-570.
- **Das H.C., Wang J., H Lien. E. J, 1994.** Carcinogenicity and cancer preventing activities of flavonoids: A structure-system-activity relationship (SSAR) analysis, P: 133 – 136
- **Dave-Oomah B., 2003.** *Bulletin IBP*, numéro 1, Canada.

- **Devendeville C., 2009.** Les Zingibéracées : description et utilisations des principales épices de la famille.[Thèse d'exercice en pharmacie]. France : faculté de pharmacie Lille.
- **Djeridane A., Yous M., Nadjemi B., Boutassouna D., stocker P., Vidal N., 2006.** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. Food Chem. 97; 654-660.
- **Dulger B., Gonuz A., 2004.** Antimicrobial activity of some turkish medicinal plants. Pakistan journal of biological sciences.7 (9); 1559-1562.
- **Dupont F., Guignard J-L., 2015.** Botanique : Les familles de plantes. 16e éd. France : Elsevier-Masson. P 164
- **El Younis CM., Abulafia O., Sherer DM., 1998.** Rapid marked response of severe hyperemesis gravidarum to oral erythromycin.P:533-534
- **El-Sharaky AS., Newairy AA., Kamel MA., 2009.** Eweda SM.Protective effect of ginger extract against bromobenzene-induced hepatotoxicity in male rats. Food chel toxicol. P.1584-90.
- **Evrard N., 2013.** Le gingembre, un rhizome aux propriétés thérapeutiques validées. Medi-Sphere N° 431 [En ligne]. 18 décembre 2013 [cité 10 déc 2016]; NAture & Santé: P 34.
- **Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M. etAbdelly C., 2008.** Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biologicalactivities. Comptes Rendus Biologies. 331 (5) : 372-379.
- **Fournet J., 1978.** Flore 2 illustrée des phanérogames de Guadeloupe et de Martinique. Montpellier:Cirad gondwana. P2026-2035
- **Gehu-Franck J., Gehu J-M., 1994.** Schemas de botanique Systematiqueillustrée: IIIOrganisatiogenerale des plantes vasculaires. Bailleul: Centre regional de phytosociologie ; 1994.P 72.
- **Gigon F., 2012.** Le gingembre, une épice contre la nausée. Phytothérapie [En ligne]. avril 2012[cité le 6 sept 2016]; volume (10): p 87 .
- **Goetz P., Ghedira K., 2012.** Phytothérapie anti-infectieuse. Phytothérapie Pratique Springer Paris .

- **Green R.J., 2004.** Antioxydant activity of peanut plant tissues. Masters Thesis. Department Of Food Science. Faculty of North Carolina State University (USA).
- **Gull I., Saeed M., Shaukat H., Aslam S.M., Samra Z.Q. et Athar A.M., 2012.** Inhibitory effects of *Allium sativum* and *Zingiber officinale* extracts on clinically important drug resistant pathogenic bacteria. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*. 11 (8) : 1-6.
- **Halliwell B., 1994.** Free radicals and antioxidants. P: 253-265.
- **Hanasaki Y., Ogawa S., Fukui S., 1994.** The correlation between active oxygens scavenging and antioxidative effects of flavonoids. *Free Radic. Biol. Med.* 16: 845-850.
- **Harborne J., Williams, C., 2000.** Advances in Flavonoid Research since, *Phytochemistry* .P: 481-504.
- **Hughes I., 2002.** Isoprenoid compound and phenolic plant constituents. *Journal Of Pharmacology*. 37 (1) : 26-29.
- **Ishiguro K., Ando T., Maeda O., Ohmiya N., Niwa Y., Kadomatsu K., Goto H., 2007.** Ginger ingredients reduce viability of gastric cancer cells via distinct mechanisms. P: 218-223.
- **Iwu MM., 2016.** Food as Medicine: Functional Food Plants of Africa. P 407
- **James D.M., Sylesh K.V., John, T.H., 2007.** Plant natural products: Back to the future or into extinction ? *Phytochemistry* 68, 2015-2022.
- **Jeena K., Liju V.B., Kuttan R., 2011.** A preliminary 13-week oral toxicity study of ginger oil in male and female Wistar rats. *Int. J. Toxicol.* 30, 662-670
- **Jewell D., Young G., 2000.** Interventions for nausea and vomiting in early pregnancy. *Cochrane Database Syst Rev* 2000;(2).
- **Jovanovic S.V., Steenken S., Simic M.G., Hara Y., 1998.** Antioxidant properties of flavonoids. P: 137-161.
- **Kalava A., Darji S.J., Kalstein A., Yarmush J.M., Schianodi Cola J. and Weinberg J., 2013.** 'Efficacy of ginger on intraoperative and postoperative nausea and vomiting in elective cesarean section patients . P 184-188.
- **Kalra M., Khatak M., Khatak S., 2011.** Cold and Flu : conventional vs botanical and nutritional therapy, *international journal of drug development and research*. P. 314-327.
- **Kim HS., Park HD., 2013.** Ginger Extract Inhibits Biofilm Formation by *Pseudomonas aeruginosa* PA14. P:160.

- **Kipling R., 1910.** “Our Fathers of Old” in Rewards and Fairies. Doubleday, Page and Company, New York.
- **Kumar L., Chhibber S., Harjai K., 2014.** Hepatoprotective effect of zingerone (4-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl) butan-2-one) in lipopolysaccharide induced liver injury mouse model through down regulation of inflammatory mediators. International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research. P 308–314.
- **Lacroix D., 2013.** Phytothérapie, Aromathérapie et Troubles digestifs. Le moniteur des pharmacies. Vol.191. P. 1-15.
- **Macheix J J., Fleuriet A., Jay–Allemand C., 2005.** Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed Presses polytechnologiques et universitaires romandes. p4-5.
- **Mahady G.B., Pendland S.L., Stoia A., Hamill F.A., Fabricant D., Dietz B.M., 2005.** Chadwick, L.R. In vitro susceptibility of Helicobacter pylori to botanical extracts used traditionally for the treatment of gastrointestinal disorders. Phytother. P. 988–991.
- **Mahady G.B., Pendland S.L., Yun G.S., Lu Z.Z., Stoia A., 2003.** Ginger (Zingiber officinale Roscoe) and the gingerols inhibit the growth of Cag A+ strains of
- **Mowrey, D.B et Clayson, D.E., 1982.** Motion sickness, ginger, and psychophysics. P 665-667.
- **Navarette S., Saussays C., 2011.** Les interactions entre plantes et médicaments. Sciences pharmaceutiques.
- **Ncube N.S., Afolayan A.J., Okoh A.I., 2008.** Assessment techniques of antimicrobial properties of natural compounds of plant origin : current methods and future trends. African journal of biotechnology. 7 (12) : 1797 – 1806.
- **Nikolić M., Vasić S., Đurđević J., Stefanović O. et Čomić L., 2014.** Antibacterial and antibiofilm activity of ginger (Zingiber Officinale (Roscoe)) ethanolic extract. Kragujevac Journal of Science. 36: 129-136.
- **Nostro A., Cellini L., Di Bartolomeo S., Cannatelli M.A., Di Campli E., Procopio F., Grande R., Marzio L., Alonzo V., 2006.** Effects of combining extracts (from propolis or Zingiber officinale) with clarithromycin on Helicobacter pylori. Phytother. P. 187–190.

- **Ogudo B.U., Lawal T.O., Adeniyi B.A., 2014.** Extracts of *Zingiber officinale* Rosc.(Ginger) and *Curcuma longa* Linn. (Turmeric) Rhizomes inhibited NontuberculousMycobacteria in vitro. *Biology, Agriculture and Healthcare*. 12 (4) : 95-103.
- **Parekh J., Chanda S.V., 2007.** In vitro antimicrobial activity and phytochemical analysis of some Indian medicinal plant. *Turkish journal of biology*. 31; 53-58.
- **Park M., Bae J., Lee DS., 2008.** Antibacterial activity of [10]-gingerol and [12]-gingerol isolated from ginger rhizome against periodontal bacteria.P :1446–1449.
- **Parthasarathy VA, Chempakam B, Zachariah TJ., 2008.** *Chemistry of Spices*. CABI;. 457 p.
- **Pelletier S., Caventon J., Ann J. Chim. Phys.,1820.** P :14, 69.
- **Pelt J-M., 2012.** Les épices:le gingembre et son large cousinage.
- **Pinson C., 2012.** Gingembre et curcuma : un concentré de bienfaits pour votre santé et votre beauté. P11-36, 75-100
- **Portnoi G., Chng LA., Karimi-Tabesh L., et al., 2003.** Prospective comparative studyof the safety and effectiveness of ginger for the treatment of nausea and vomiting in pregnancy.P 1374-1377.
- **Preeti C., Dnyaneshwar W., Kalpana J., Bhushan P., 2008.** Development of SCAR (sequence-characterized amplified region) markers as a complementary tool for identification of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) from crude drugs and multi component formulations. *Biotech. Appl. Biochem.*, 50: 61-69.
- **Riaz H., BegumA., Raza S.A., Mohy-Ud-Din Khan Z., Yousaf H. et Tariq A., 2015.** Antimicrobial property and phytochemical study of ginger found in local area of Punjab,Pakistan *International Current Pharmaceutical Journal*. 4(7) : 405-409
- **Ribirau G., 1968,** *Les composés phénoliques des végétaux*, édition Dunod. Paris.
- **Rice–Evans C., Burdon R., 1993.** Free radical interactions and their pathological consequences. P: 71-110.
- **Schnitzler P., Koch C., Reichling J., 2007.** *American Society for Microbiology*. Susceptibility of Drug-Resistant Clinical Herpes Simplex Virus Type 1 Strains to

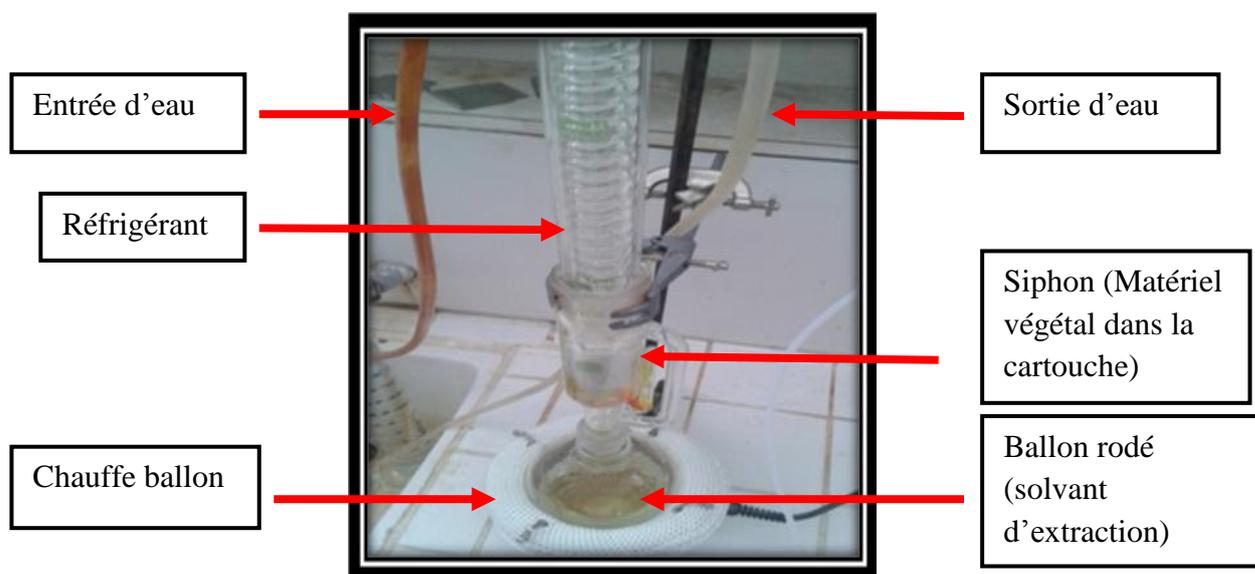
- Essential Oils of Ginger, Thyme, Hyssop, and Sandalwood .Antimicrobial agents and chemotherapy. P: 1859–1862.
- **Shirin A.P.R., Jamuna P.J., 2010.** Chemical composition and antioxidant properties of gingerroot (*Zingiber officinale*). *Journal of Medicinal Plants Research*. 4(24) : 2674-2679.
 - **Shmuely H., Domniz N., Yahav J., 2016.** Non-pharmacological treatment of *Helicobacter pylori*. *World J Gastrointest Pharmacol Ther*. P. 171-178
 - **Singh G., Kapoor IPS., Singh P., Heluani CS., Lampasona MP., Catalan CAN., 2008.** Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of *Zingiberofficinale*. *Food Chem. Toxicol.*, 46: 3295–3302
 - **Stavric B., Matula T.I., 1992.** Flavonoids in food. Their significance for nutrition and health, *Lipid soluble and antioxidants: Biochemistry and clinical applications*, 274-294
 - **The Angiosperm Phylogeny Group., 2016.** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*. ;181(1):120.
 - **Trabelsi N., Boulaaba M. et Abdely C., 2008.** Phenolic composition of *Cynaracardunculus L.* organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*. 331 (5) : 372-379.
 - **Urquiaga I., Leighton F., 2000.** Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. P : 55-64.
 - **Van Acker S.A.B.E., van den Berg D.J., Tromp M.N.J.L., et al., 1996.** Structural aspect of antioxidant activity of flavonoids. *Free Rad. Biol. Med*. 20: 331-342.
 - **Vutyavanich T., Kraissarin T., Ruangsri R., 2001.** Ginger for nausea and vomiting in pregnancy: randomized, double-masked, placebo-controlled trial. P 577-582.
 - **Wong J.G., Anderson R.A., Graham G.M., Chu M.C., Sauer M.V., Guarnaccia M.M., Lobo R.A., 2006.** The effect of cinnamon extract on insulin resistance parameters in polycystic ovary syndrome: a pilot study.
 - **Wong K., Lien-The Wu., 1985.** *History of Chinese medicine*, second Ed., Southern Materials Center Inc.

- **Yamahara J., Miki K., Chisaka T., Sawada T., Fujimura H., Tomimatsu T., Nakano K., Nohara T., 1985.** Cholagogic effect of ginger and its active constituents.. Ethnopharmacol. P 217-25.
- **Yamamoto-Ribeiro M.M.G., Grespan R., Kohiyama C.Y., Ferreira F.D., Mossini S.A.G., Silva E.L., AbreuFilho B.A. de, Mikcha J.M.G., Machinski Junior M., 2013.** Effect of Zingiber officinale essential oil on Fusarium verticillioides and fumonisin production. Food Chem. 141, 3147–3152.
- **Zaman S.U., Mirje M.M. and Ramabhimaiah S., 2014.** Evaluation of the antiulcerogenic effect of Zingiber officinale (Ginger) root in rats'. Int J Curr Microbiol .P 347-354.

Annexes

❖ SOXHLET

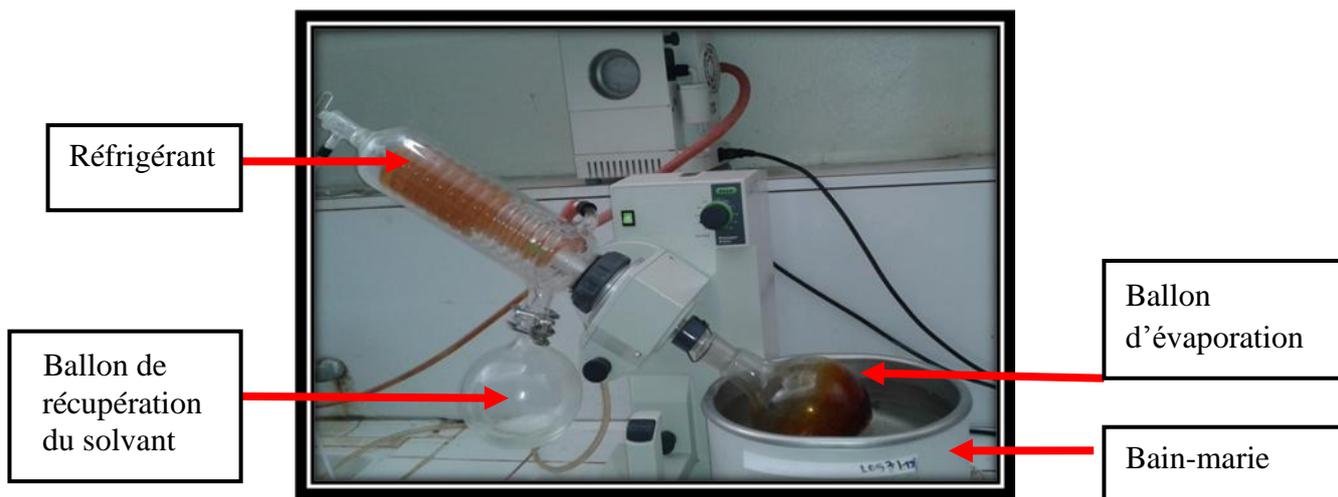
Définition: L'extraction par Soxhlet est une méthode simple et convenable permettant de répéter infiniment le cycle d'extraction avec du solvant frais jusqu'à l'épuisement complet du soluté dans la matière première



Annexe01 :Soxhlet

❖ ROTAVAPEUR :

Definition : L'évaporateur rotatif est un système permettant de vaporiser le composé le plus volatil d'un mélange. Il est utilisé en particulier quand on souhaite récupérer l'huile essentielle pure contenue dans un mélange d'huile essentielle et de solvant.



Annexe02 : Appareillage de rotavapeur

❖ SPECTROPHOTOMETRE

Definition: est un appareil qui permet de mesurer l'absorbance d'une solution à une longueur d'onde donnée ou sur une région donnée du spectre.



Annexe03 :spectrophotometre

❖ LA LAMPE UV

Définition: est une ampoule fluorescente qui envoie des rayons ultraviolets pour la visualisation de la plaque CCM



Annexe04 : Lampe UV.

❖ L'ETUVE :

Définition: Chambre de bains dont on élève la température pour faire transpirer. Local où la température est très élevée et la chaleur humide. Appareil utilisé en microbiologie pour maintenir les cultures de microbes à température constante et donc faciliter leur développement.



Annexe05 : Etuve Memmert.

Tableau A : La relation entre la fluorescence et la structure des flavonoïdes (Bandyukova et al., 1973)

Spot coloré	Types de flavonoïdes
Noir	Flavonols 5, 6, 7, tri OH libres
Brun noir	3-OH absent ou 3-OH substitué
Violet	Flavones 5-OH et 4' OH Flavones 3-OR et 5 OH ,4'-OH Flavones 6 ou 8 OH Chalcones Dihydroflavonols Isoflavones Flavanones
Bleu claire (fluorescent)	Flavones sans 5-OH libre Flavonols sans 5-OH libre avec 3 OH
Jaune terne	Flavonols 3- OH libre avec ou sans 5-OH
Jaune	Libre
Jaune vert brillant	5 OH libre ou 5 OH substitué
Jaune fluorescent	Flavonols avec 3OH libres Aurones Chalcone Flavanones
Jaune pâle	Dihydroflavonols

Résumés

Résumé

Gingembre ou *Zingiber officinale*, est l'une des plantes médicinales les plus anciennes appartenant à la famille des Zingiberaceae. Cette recherche est effectuée pour étudier la corrélation entre la teneur en polyphénols et l'activité antioxydante et antimicrobienne *in vitro* du Gingembre. L'extrait préparé à partir du rhizome sec de *Z.officinale* par extraction à chaud au Soxhlet par méthanol donne un rendement important de 19,09%. L'analyse qualitative de notre extrait a été réalisée par chromatographie sur couche mince (CCM), et révélée par techniques physique et chimique, ce qui a montré une forte prédominance des polyphénols. La quantification des polyphénols et des flavonoïdes a été réalisée par spectrophotométrie UV avec des méthodes analytiques conventionnelles, celles-ci ont révélé une teneur de 11,5125 mg d'EAG / g d'extrait, en polyphénols et de 2,1175 mg d'EQ / g d'extrait, en flavonoïdes. L'évaluation de l'activité antioxydante de notre extrait a été réalisée par la méthode du pouvoir réducteur (test FRAP), et l'activité antibactérienne a été réalisée par la méthode de diffusion par disques sur milieu gélosé, les résultats ont montré l'efficacité de notre extrait contre la plupart des souches testées même à de très faibles concentrations pour certains d'entre eux.

Mots clés : Poly-phénols, activité antioxydante, activité antimicrobienne.

Abstract

Ginger or *Zingiber officinale*, one of the oldest recognized medicinal plants that belongs to Zingiberaceae family. The present research is performed to study the correlation between the polyphenolic content and the *in vitro* antioxidant and antimicrobial activity of Ginger.

The extract prepared from the dry rhizome of *Z. officinale* by hot Soxhlet extraction in methanol, it has give a significant yield of 19.09%. The qualitative analysis of our extract was carried out by thin layer chromatography (CCM), and revealed by physical and chemical technics, that showed a strong predominance of polyphenols. The quantification of polyphenols and flavonoids was carried out by UV spectrophotometry conventional analytical methods; those revealed a content of 11.5125 mg EAG / g of extract on polyphenols and 2.1175 mg EQ / g on flavonoids. The evaluation of the antioxidant activity of our extract was realized by the reducing power (FRAP test) method,

More over the antibacterial activity was carried out by the diffusion method by disks on agar medium, the results showed the efficacy of our extract against most tested strains even at very low concentrations for some of them.

Key words : *Zingiber officinale*, Polyphenols, antioxidant activity, antimicrobial activity.

ملخص

وهي واحدة من أقدم النباتات Zingiberaceae ، هو النبات الذي ينتمي إلى عائلة officinale الزنجبيل أو الزنجبيل الطبية المعروفة للبشر. كان عملنا البحثي مخصصًا في البداية للعلاقة بين محتوى البوليفينوليك ومضادات الأكسدة في المجفف Zingiber officinale المختبر والنشاط المضاد للميكروبات للزنجبيل. المستخلص المحضر من جذور نبات الحار أعطى عائداً كبيراً بنسبة 19.09%. تم إجراء التحليل النوعي للأيضات Soxhlet والمطحون بواسطة استخراج (، عن طريق الكشف الفيزيائي CCM الثانوية الموجودة في خلاصتنا عن طريق كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة) والكيميائي والتي أظهرت تواجد مكثف للبوليفينولات. تم تقدير الكميات من البوليفينول والفلافونويد بواسطة القياس الطيفي ، وكشفت مقاديرها بالطرق التحليلية المتعارف عليها عن محتوى 11.5125 ملغ مكافئ / غرام للمستخلص من للبوليفينول و 2.1175 ملغ مكافئ / غرام للمستخلص للفلافونويد. تم تقدير قوة مضادات الأكسدة لمستخلصنا بواسطة طريقة تقييم (. اما بالنسبة للنشاط المضاد للبكتيريا ، فقد تم اختبار المستخلص باستخدام طريقة FRAP الفاعلية الارجاعية (اختبار انتشار الأقراص على وسط آغار ، وأظهرت النتائج كفاءة مستخلصنا من معظم السلالات البكتيرية المختبرة حتى عند تراكيز منخفضة جدا للبعض منها.

الكلمات المفتاحية: بوليفينول ، نشاط مضاد للأكسدة ، نشاط مضاد للميكروبات

**Projet à impact socio-économique
dérivés Bio de**

I. Introduction

Dans le cadre de la politique gouvernementale actuelle de notre pays, visant à valoriser les produits forestiers. Nous nous sommes intéressés à un arbre méditerranéen, ancestral et spontané : Le caroubier. Ne nécessitant aucune forme d'entretien, il est naturellement bio, ajouter à cela sa composition nutritionnelle et diététique intéressante : sans gluten et naturellement sucré.

En ce qui concerne le volet socio-économique : ceci permettra à nos jeunes diplômés de concrétiser sur le terrain un projet entrepreneurial ambitieux, qui générera des postes de travail à tous les niveaux, et répondra aux demandes nutritionnelles nationales et internationales en alimentation bio sans gluten et sans sucre ajouté, et ce afin de diminuer le nombre croissant de maladies chroniques liées à l'alimentation dans nos sociétés : maladie cœliaque, allergies, diabète, cancer

II. Généralités sur le caroubier :

Le caroubier (*Ceratonia siliqua*) est une espèce agro-sylvo-pastorale typiquement méditerranéen dont les diverses utilisations permettent d'apporter des revenus complémentaires aux communautés rurales des zones de montagnes qui souffrent généralement d'une certaine précarité avec toutes ses implications sur l'état de conservation des ressources forestières.

Les produits de l'arbre sont le feuillage, apprécié par le cheptel, et la gousse qui est très recherchée pour ses divers atouts. En effet, sa valeur nutritionnelle est similaire à celle de la plupart des céréales. La pulpe représentant près de 90% du poids de la gousse est utilisée comme remplaçant du chocolat, ou encore pour l'alimentation animale ; sa composition chimique dépend du cultivar, de l'origine et parfois de la période de récolte. Les graines sont très recherchées pour leur endosperme constitué de polysaccharides (galactomannane) très recherché par l'industrie agroalimentaire (Naggar M et al., 2015).

En Algérie, le caroubier reste très négligé et n'a pas encore eu sa place appropriée dans les programmes de reboisement et développement durable, compte tenu des retombées socio-économiques que cette plante peut prévoir à l'échelle nationale et surtout régionale.

Les utilisations de *Ceratoniasiliqua* sont nombreuses et sa valeur fourragère peut contribuer à l'amélioration des potentialités pastorales du pays. L'intérêt économique des fruits est incontestable et explique la culture en irriguée du caroubier dans plusieurs pays méditerranéens, notamment en Espagne et en Grèce. En outre, cette essence assure la subsistance et la stabilisation de la population rurale. (Gubbuk *et al.*, 2010).

Tableau n°1 : Pays producteurs de la caroube dans le monde

Pays	Surface cultivée(ha)	Production (tonnes)	Rendement (t/ha)
Espagne	47000	55754	1,19
Maroc	9717	20489	2,11
Italie	9183	44749	4,87
Portugal	8274	31067	3,75
Grèce	5284	20901	3,96
Turquie	2910	13972	4,80
Chypre	1353	10560	7,80
Israël	1347	210	0,16
Algérie	1000	4000	4,00
Croatie	550	553	1,01
Tunisie	414	858	2,07
Liban	250	2300	9,20
Ukraine	100	100	1,00
Mexique	76	76	1,00
Total	87458	205589	2,35

III. Etude de marché

1) La production du caroubier dans le monde et en Algérie

Tableau N°1 : Pays producteurs de la caroube dans le monde L'aire cultivée totale du caroubier dans le monde est estimée à 87.485 ha, répartie entre l'Espagne, le Maroc, l'Italie et le Portugal. La production mondiale de la caroube est estimée à 205.589 t, elle se

concentre principalement en Espagne, premier pays producteur avec 55.754 t, ce qui représente 27,12 % de la production mondiale ; tandis que l'Algérie occupe le huitième rang avec une production de 4000 t, soit 1,95% de la production mondiale. Durant ces 60 dernières années la production du caroube a diminué considérablement en passant de 650.000 tonnes en 1945 (**Orphanos et Papaconstantinou., 1969**) à 205.589 tonnes en 2011. En Algérie, également la production de la caroube s'est réduite de 83% soit 24.000 t à 4000 t entre les années 1961 et 2011. (**Tableau1**)

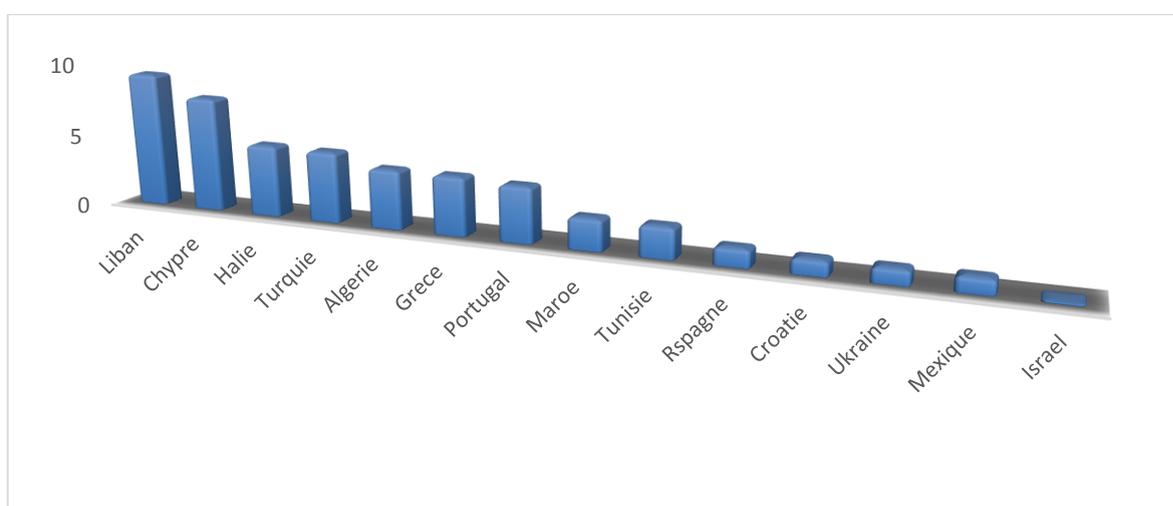


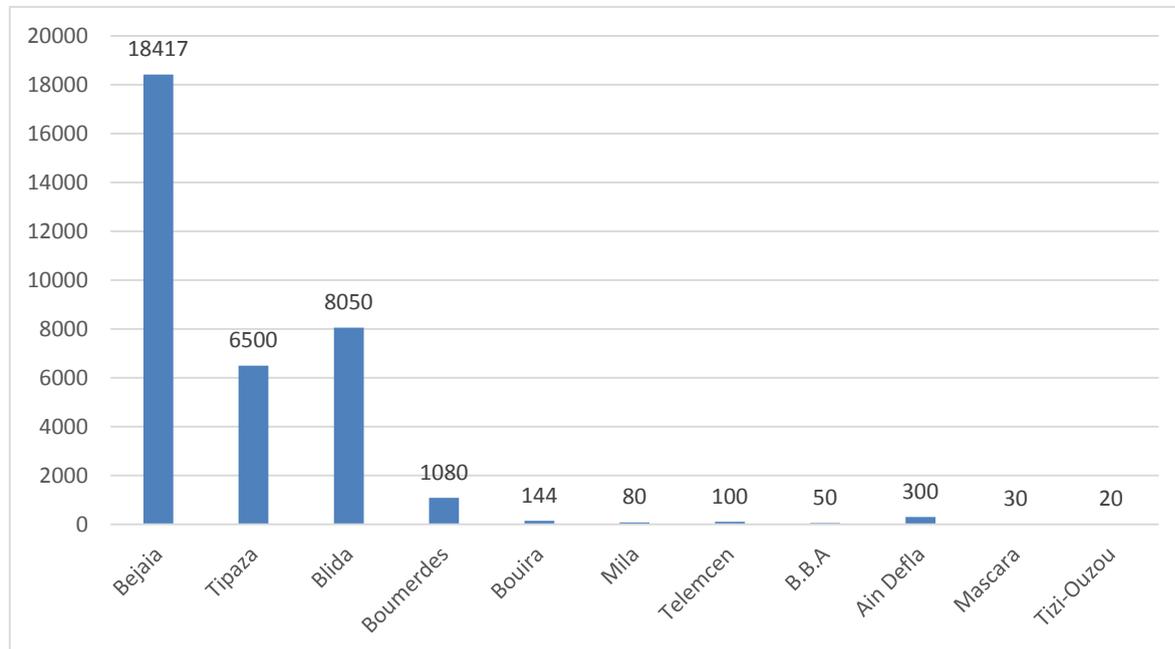
Figure n°1 : Production mondiale de la Caroube durant l'année 2011

2) Agriculture et production dans les régions Algériennes

La superficie cultivée totale du caroubier en Algérie a fortement baissé, passant de 11000 ha en 1961 à 1000 ha en 2011 (FAOSTAT). En 2009, cette superficie était de 927 ha (Tableau 02) dont 645 ha, soit 69,58 % de la superficie totale se trouvent dans la wilaya de Bejaia. La production nationale de la caroube est estimée à 33841Qx et se concentre principalement dans la wilaya de Bejaia avec une production de 18.417 Qx, ce qui représente 54,42 % de la production nationale (figure 04), suivie par la wilaya de Blida (23,79%) et Tipaza (16,55%).

Tableau n°2 : Production de la caroube en Algérie

Wilaya	Surface cultivée (ha)	Production (qx)	Rendement %
Bejaia	645	18417	28,6
Tipaza	105	5600	53,3
Blida	100	8050	80,5
Boumerdes	32	1080	40
Bouira	22	144	6,9
Mila	10	80	8
Telemcen	5	100	20
B.B.A	4	20	5
Ain Defla	2	300	15
Mascara	1	30	28,6
Tizi-ouzou	1	20	53,3
Total	927	33841	80,5

**Figure n°2** : Production de la caroube en Algérie, année 2009

3) Marché du caroubier et ses dérivés en Algérie

Les dérivées du caroubier sont commercialisés essentiellement à Tlemcen (farine, farine pour animaux, sirop et une poudre pour traiter les diarrhées), et sont distribués presque exclusivement dans la région ouest, donc une industrie supplémentaire sera la bienvenue pour desservir le restant des régions et combler ainsi les besoins nationaux et pourquoi pas internationaux avec une gamme diététique encore plus riche et variée et peut être même à moindre cout, et c'est ce que nous avons déjà proposé dans deux expositions nationales des produits de la recherche universitaire: le FABLAB CIRTA 2018, et le Salon de la SAFEX à Alger avec les produits suivants (Figure 3) :

- La farine de gousses sans gluten naturellement sucrée.
- Poudre comme complément alimentaire avec une grande valeur nutritionnelle et diététique.
- Le sirop de gousses comme substituant au sucre et miel, confiture, et pâte à tartiner.
- La gomme de graines comme épaississant et stabilisateur industriel Hallal (E410) pour les glaces, crèmes, sauces...etc.
- Lait végétal à haute teneur en protéines végétales et sans lactose.
- Encre naturel et bio rouge carroube.

IV. Description des produits

- Les produits de moutures des gousses et des graines seront déclinés en poudres de différentes textures, dans des contenants adaptés à leurs usages, avec des fiches techniques et toutes les informations de leurs utilisations sur l'étiquetage (voir annexe).
- Le sirop est obtenu par macération des copaux des gousses, et conditionné dans des flacons.
- Le lait végétal est un mélange pasteurisé d'amandes/ extrait de gousses de caroube.
- L'encre bio est extraite des gousses de caroube

V. Domaines d'utilisation

Nous pouvons proposer les différentes parties du caroubier certifiée AB directement à la vente ou pour l'industrie alimentaire locale et à l'exportation.

- La farine de gousses comme substituant sans gluten et naturellement sucré ; à la farine, chocolat, cacao, café et thé.
- Poudre comme complément alimentaire avec une grande valeur nutritionnelle et diététique
- Le sirop de gousses comme substituant au sucre et miel, confiture et pâte à tartiner.
- La gomme de gaines comme épaississant et stabilisateur industriel HALAL (E410) pour les glaces, crèmes, sauces
- Le lait végétal à haute teneur en protéine végétales et sans lactose.
- Encre naturel et bio rouge carroube.



Figure 3 : Gamme de Produits CIRTA CARB proposée au FABLAB CIRTA 2018

VI. Conclusion

L'étude de marché et les tests de dégustation proposés au FABLAB CRTA 2018 (laboratoire de fabrication) de nos produits viennent nous conforter dans la réalisation de ce projet avec l'assistance pédagogique de l'université et financement des organismes des fonds d'investissements nationaux, jusqu'à aboutissement final.

Références bibliographique

- **Biner B., Gubbuk H., Karhan M., Aksu M. et Pekmezci M. (2010)**, Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua L.*) in Turkey, Food Chemistry, N°100, pp.1453-1455.
- **DASA de Tlemcen (2009)**. La distribution de caroubier en Algérie.
- **FAO 2000**. La surface cultivée en caroubier en Algérie.
- **FAOSTAT 2012**. La distribution du caroubier dans toute la région du bassin méditerranéen.
- **Naggar Mustapha, Said Lahssini., 2015**. La filière caroubier au service du développement socio-économique des territoires forestiers de montagne : cas de la province d'Azilal (Maroc). XIV Congrès forestier mondial.
- **Orphanos P.I. & Papaconstantinou J., 1969**. The carob varieties of Cyprus. Tech. Bull.5. Cyprus Agricultural Research Institute. Ministry of Agriculture and Natural Resources, Nicosia.

Année universitaire : 2017-2018

Présenté par : Messaoud Abdenour

Boucherka Amine

**Analyse qualitative et quantitative du contenu poly-phénolique
et de l'activité Antioxydante et antimicrobienne *in vitro*
de *Zingebre officinale*.**

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention de diplôme de Master 2 en Biochimie / Nutrition
Moléculaire et Santé.

Résumé :

Gingembre ou *Zingiber officinale*, est l'une des plantes médicinales les plus anciennes appartenant à la famille des Zingiberaceae. Cette recherche est effectuée pour étudier la corrélation entre la teneur en polyphénols et l'activité antioxydante et antimicrobienne *in vitro* du Gingembre. L'extrait préparé à partir du rhizome sec de *Z.officinale* par extraction à chaud au Soxhlet par méthanol donne un rendement important de 19,09%. L'analyse qualitative de notre extrait a été réalisée par chromatographie sur couche mince (CCM), et révélée par techniques physique et chimique, ce qui a montré une forte prédominance des polyphénols. La quantification des polyphénols et des flavonoïdes a été réalisée par spectrophotométrie UV avec des méthodes analytiques conventionnelles, celles-ci ont révélé une teneur de 11,5125 mg d'EAG /g d'extrait, en polyphénols et de 2,1175 mg d'EQ / g d'extrait, en flavonoïdes. L'évaluation de l'activité antioxydante de notre extrait a été réalisée par la méthode du pouvoir réducteur (test FRAP), et l'activité antibactérienne a été réalisée par la méthode de diffusion par disques sur milieu gélosé, les résultats ont montré l'efficacité de notre extrait contre la plupart des souches testées même à de très faibles concentrations pour certains d'entre eux.

Mots clés : Poly-phénols, activité antioxydante, activité antimicrobienne.

Laboratoire de Génétique, Biochimie et Biotechnologies végétales