

---

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique  
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent



Institut des sciences

## Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master en sciences biologiques

Option : Biochimie

**Présenté par :** M<sup>elle</sup> ZAHRI Sara  
M<sup>elle</sup> MERZOUG Asmaa  
M<sup>elle</sup> MAZOUZI Souheir

THEME:

---

**Influence des différentes méthodes d'extraction sur le rendement et l'activité antioxydante des extraits de gingembre « *Zingiber officinale* ».**

---

Encadreur : M<sup>me</sup> BENTABET N  
Maitre de conférence "B" à C.U.B.B.A.T.

Soutenu le 28 juin 2020

**Devant le jury composé de :**

---

Présidente :	Mme BRIXI GORMAT. N	« MCB » C.U.B.B.A.T
Examineur :	M <sup>e</sup> BENNABI. F	« MCB » C.U.B.B.A.T
Encadreur :	Mme BENTABET . N	« MCB » C.U.B.B.A.T

---

**Année universitaire : 2019-2020**



## *Remerciements*

Pour l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude, nous tenons à remercier en premier lieu **ALLAH**, le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nous tenons tout particulièrement à adresser nos profonds remerciements et nos sincères gratitude à notre promotrice **Mme Bentabet-Lasgaa Nesrine**, maitre de conférences classe B, au centre universitaire d'Ain Témouchent pour la confiance qu'elle a voulu nous accorder en acceptant de diriger ce travail. Nous la remercions pour sa gentillesse, sa disponibilité, ainsi que ses encouragements qu'elle nous a témoignés.

Grâce à elle et ses conseils notre mémoire atteint son terme.

Un grand merci est adressé au membre du Jury :

Tout d'abord à notre présidente **Mme Brixî Gormat Nassima**, maitre de conférence classe B au centre universitaire Belhadj Bouchaïb d'Ain Témouchent pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider ce Jury.

Également, à **M<sup>e</sup> Bennabi Farid**, maitre de conférences classe B au centre universitaire Belhadj Bouchaïb d'Ain Témouchent, pour l'intérêt qu'il a porté à notre travail en acceptant de l'examiner.

Et pour tous ses encouragement, ses conseil dans le but d'enrichir notre étude par leurs parfaites connaissances.

Nous adressons nos remerciements chaleureux à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation pendant la période d'enseignement supérieur, ainsi que les ingénieurs de laboratoire **Mr Mhamedi Walid, Mme Meftahi Chokria et Mr Rahmani Khaled**, pour leurs professionnalismes.

Vous nous avez permis de passer tout nos travaux dans des bonnes conditions.

Enfin nous nous exprimons un grand remerciement à nos amis proches et toute la promotion du Master Biochimie appliquée promotion **2019-2020**.



## Dédicace

*On dit « les mots s'envolent, seuls les écrits restent »*

*Avec mes sentiments de gratitude les plus profonds,*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Tout d'abord louange à Allah qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long de mes études et m'a inspiré les bons pas.*

*C'est avec un très grand honneur que j'é dédie ce travail aux deux êtres les plus chers au monde, qui ont souffert nuit et jour pour nous couvrir de leur amour, Mes parents, pour les encouragements, la tendresse, l'affection et le soutien durant mes études vous étiez toujours là pour m'écouter, me sourire, me reconforter et m'encourager dans les moments de doute. Je souhaite que vous trouveriez ici le fruit de vos Sacrifices.*

*Que le bon ALLAH vous garde en bonne santé*

*À mes très chers frères: Mohamed, Walid, et ma Sœur Hassiba, Qui me font oublier tous mes soucis avec leurs douces paroles et leur charmant sourire enfantin. Merci pour votre amour sans limite.*

*À mon cher fiancé Ahmed qui m'encourage toujours à aller plus loin. Merci de m'avoir montré beaucoup de patience durant les moments les plus stressants.*

*J'adresse une pensée spéciale à toute ma famille, qui m'ont encouragé et m'ont aidé moralement.*

*À tous mes professeurs,*

*Spéciale dédicace à toutes mes amies : Chahra, Fatima, Bouchra*

*À mes binômes Sara et Souheir*

*À tous ceux qui me sont chers.*

*À toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.*

Asmaà

## Dédicace

*Comme nous le faisons, et nous le ferons toujours, nous remercions le Bon Dieu qui nous a accordé courage, patience et volonté pour pouvoir verser cette goutte dans l'océan de la science.*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*À mes très chers parents, toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut .....*

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect.... Tout simplement je dédie ce mémoire à vous. Vous vous êtes dépensés pour moi sans compter. En reconnaissance de tout les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être .j'espère que votre bénédiction m'accompagne.*

*À mes chers et abordables frères Mohamed et Ilyas, de ma profonde tendresse je vous souhaite une vie pleine de bonheurs et de succès et que dieu vous garde, éclaire votre route et vous aide à réaliser à votre tour vos vœux les plus chers.*

*À mes chères amies fidèles, qui m'ont assisté dans les moments difficiles et m'ont pris doucement par la main pour traverser ensemble des épreuves pénibles. Je ne vous remercierai jamais assez pour votre amabilité, votre générosité, et votre aide précieuse.*

*À tout ma famille, merci pour vos conseils, votre soutien vos encouragements et surtout votre amour.*

*À mes binômes Asma et Souheir*

*À toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.*

Sara

## Dédicace

*Je dédie ce modeste travail avant tous : à mes très chers **parents**.*

*A mon très cher père,*

*Mon pilier fondateur qui est toujours disponible pour nous. Vos sacrifices m'ont redonné ce que je suis aujourd'hui.*

*A ma très chère mère,*

*Celle qui m'a donné la vie, qui m'accompagne toujours.*

*Vous avez veillé tout au long de mes études, vous m'avez conseillé, encouragé, protégé, et donné de l'aide. Vraiment je ne trouve plus de mots justes pour vous exprimer mes pensées et mon affection et je ne saurais point vous remercier comme il faut. J'espère que cette œuvre soit un meilleur cadeau que je puisse vous offrir. Je vous confirme mon profond respect et mon attachement. Que Dieu le tout-puissant, vous garde en bonne santé et vous accorde une longue vie.*

*A mes très chers frères **Cheikh**, **Billal** et **Azzedine** je vous souhaite une vie pleine de réussite et de bonheur.*

*A ma très belle sœur unique **Bohra** qui a toujours contribué à mon sourire. Je te souhaite une vie heureuse et réussie.*

*A toute ma famille.*

*A mes adorables amies qui ont partagé avec moi des moments inoubliables de joie et de bonheur.*

*A mes binômes **Asma** et **Sara**.*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.*

*Souheir*

## Résumé

La médecine à base de plantes est reconnue comme étant la somme des connaissances, des découvertes et des pratiques qui tournent autour des théories et des expériences dont l'objectif est de satisfaire les besoins de l'être humain dans plusieurs domaines en général et dans la pharmacologie en particulier.

El Zanjabil ou le gingembre, appelé aussi *Zingiber officinale* est une plante médicinale et aromatique, appartenant à la famille des zingibéracées, qui est recommandée pour ses propriétés et ses vertus médicinales.

Trois méthodes d'extraction ont été appliquées pour les deux formes sèche et fraîche du rhizome de gingembre d'origine chinoise à savoir la macération, le sous reflux et le soxhlet.

Notre travail nous a permis de déterminer le rendement de chaque extrait. Le taux le plus élevé était obtenu par la méthode sous reflux de la forme sèche suivi de la forme fraîche. Ces résultats permettent de mieux optimiser les paramètres influençant le rendement.

L'activité antioxydante a été évaluée *in vitro* en utilisant deux méthodes de références. L'extrait issu de la technique sous reflux du gingembre sec a démontré la plus importante capacité anti radicalaire avec un IC50 de l'ordre de 1.6591 mg/mL. Concernant la méthode de FRAP, l'extrait obtenu par la technique de soxhlet a enregistré le pouvoir de réduction le plus élevé.

Les résultats montrent des différences bien remarquables entre les deux formes de rhizomes ainsi qu'entre les différentes méthodes d'extraction utilisées. Les résultats obtenus après la réalisation de cette étude ont bien confirmé que le gingembre peut servir comme source alternative d'agents antiradicalaires chimiques, et permet de protéger le corps contre les dommages oxydatifs causés par les radicaux libres.

**Mots Clés :** *Zingiber officinale*, Extraction, Activité Antioxydante, DPPH, FRAP,

## *Abstract*

Herbal medicine is recognized as the sum of knowledge, discoveries and practices that revolve around theories and experiences whose objective is to meet the needs of human beings in several fields in general and in the pharmacology in particular.

El Zanjabil or ginger, also called *Zingiber officinale* is a medicinal and aromatic plant, belonging to the family of Zingiberaceae, which is recommended for its properties and medicinal properties.

Three extraction methods were applied for the two dry and fresh forms of the ginger rhizome of Chinese origin, namely maceration, under reflux and soxhlet.

Our work allowed us to determine the yield of each extract. The highest rate was obtained by the reflux method of the dry form followed by the fresh form. These results allow better optimization of the parameters influencing the yield.

The antioxidant activity was evaluated in vitro using two reference methods. The extract from the reflux technique of dry ginger has demonstrated the greatest anti-free radical capacity with an IC50 of the order of 1,6591 mg /mL. Regarding the FRAP method, the extract obtained by the soxhlet technique recorded the highest reduction power.

The results show very remarkable differences between the two forms of rhizomes as well as between the different extraction methods used. The results obtained after carrying out this study have clearly confirmed that ginger can serve as an alternative source of chemical anti-free radical agents, and which helps protect the body against oxidative damage caused by free radicals.

**Keywords:** *Zingiber officinale*, Extraction, Antioxidant Activity, DPPH, FRAP.

## ملخص

طب الأعشاب معترف به كمجموعة من المعرفة والاكتشافات والممارسات التي تدور حول النظريات والتجارب التي تهدف إلى تلبية احتياجات البشر في العديد من المجالات بشكل عام وفي علم الصيدلة على وجه الخصوص. الزنجبيل ويسمى أيضاً *Zingiber officinale* هو نبات طبي وعطري ينتمي إلى عائلة Zingiberaceae ، وهو موصى به لمميزاته وخصائصه الطبية.

تم تطبيق ثلاث طرق استخلاص على الشكلين الجاف والطازج لجذور الزنجبيل من أصل صيني، وهم Macération، Sous-reflux ، Soxhlet.

سمح لنا عملنا بتحديد عائد كل مستخلص . تم الحصول على أعلى معدل بواسطة طريقة Sous-reflux للصيغة الجافة متبوعة بالشكل الطازج. تتيح هذه النتائج معرفة أفضل للعوامل التي تؤثر على العائد.

تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة في المختبر باستخدام طريقتين مرجعيتين. أظهر المستخلص من تقنية الزنجبيل الجاف قدرة أكبر على مقاومة الجذور الحرة مع تسجيل IC50 تساوي 1.6591 مغ / مل. فيما يتعلق بطريقة FRAP ، سجل المستخلص الذي تم الحصول عليه بواسطة تقنية soxhlet أعلى قدرة اختزال.

أظهرت النتائج اختلافات ملحوظة بين شكلي الجذور وكذلك بين طرق الاستخراج المختلفة المستخدمة. أكدت النتائج التي تم الحصول عليها بعد إجراء هذه الدراسة بوضوح أن الزنجبيل يمكن أن يكون بمثابة مصدر بديل للعوامل الكيميائية المضادة للجذور الحرة ، والتي تساعد على حماية الجسم من الضرر التأكسدي الناجم عن الجذور الحرة.

**الكلمات الرئيسية : *Zingiber officinale* ، الاستخراج ، نشاط مضاد للأكسدة ، DPPH ، FRAP ،**



# Sommaire

Liste des tableaux.

Liste des figures.

Liste des abréviations.

**Introduction générale ..... 1**

## **Première partie : Synthèse bibliographique**

**Chapitre 1 : Oxydation et radicaux libres..... 4**

I.1. L'oxydation..... 4

I.2. Les radicaux libres ..... 4

I.3. Les espèces réactives de l'oxygène ..... 5

I.4. Le stress oxydatif et le pouvoir antioxydant..... 6

I.4.1. Le stress oxydatif ..... 6

I.4.2. Le pouvoir antioxydant ..... 6

I.4.2.1. Systèmes antioxydants enzymatiques..... 6

I.4.2.2. Systèmes antioxydants non enzymatiques..... 7

**Chapitre 2 : Les plantes médicinales..... 10**

II. 1. Introduction..... 10

II.2. Historique..... 10

II.3. Définition des plantes médicinales..... 10

II.4. Origine des plantes médicinales..... 11

II.4.1. Les plantes spontanées..... 11

II.4.2. Les plantes cultivées..... 11

II.5. Métabolites secondaires..... 12

II.5.1. Les polyphénols..... 12

II.5.1.1. Les flavonoïdes..... 12

II.5.1.2. Les tanins..... 13

II.5.2. Les saponines..... 13

II.5.3. Les alcaloïdes..... 14

II.6. Partie utilisée des plantes médicinales..... 14

II.7. Les avantages des plantes médicinales..... 15

II.8. Les inconvénients des plantes médicinales..... 15

II .9. Les plantes à activité antioxydante.....	16
<b>Chapitre 3 : <i>Zingiber officinale</i></b> .....	18
III.1. Historique.....	18
III.2. Classification de la plante <i>Zingiber officinale</i> .....	18
III.3. Généralité sur le gingembre.....	19
III.3.1. Description botanique.....	20
III.3.1.1. La partie souterraine .....	20
III.3.1.2. La partie aérienne .....	20
III.3.2. La plantation de gingembre.....	21
III.3.3. La récolte de gingembre.....	22
III.3.4. La conservation de gingembre.....	22
III.4. Composition chimique.....	22
III.5. Domaines d'utilisation.....	23
III.5.1. Usage alimentaire.....	23
III.5.2. Usage thérapeutique.....	23
III.6. Précaution d'emploi du gingembre.....	24
III.7. Les bienfaits de gingembre.....	24
III.8. Les effets indésirables de gingembre.....	24
<b><u>Deuxième partie : Matériel et méthodes</u></b>	26
1. Matériel.....	27
1.1. Matériel végétal .....	27
1.2. Préparation de l'homogénat de gingembre.....	27
1.3. Préparation de la poudre de gingembre.....	28
2. Méthodes .....	28
2.1. Méthodes d'extraction et préparation des extraits.....	28
2.1.1. Méthode d'extraction par soxhlet.....	28
2.1.2. Méthode d'extraction sous reflux.....	29
2.1.3. Méthode d'extraction par macération.....	29
2.2. Le rendement des extraits secs.....	29
2.3. Evaluation de l'activité antioxydante.....	30
2.3.1. Réduction du fer : FRAP .....	30
2.3.2. Test de piégeage du radical libre DPPH.....	31

<b><u>Troisième partie : Résultats et discussion</u></b>	<b>33</b>
1. Introduction.....	34
2. Les rendements en extraits.....	34
3. Evaluation de l'activité antioxydante.....	36
3.1. Test de la réduction du fer : FRAP.....	36
3.2. Test de piégeage du radical libre : DPPH .....	39
<b><u>Quatrième partie : Conclusion générale et perspectives.</u></b>	<b>46</b>
<b><u>Cinquième partie : Références bibliographiques.</u></b>	<b>48</b>

## Liste des tableaux

<b><u>Tableau N°01</u></b> :	Les plantes ayant une activité antioxydante.....	<b>15</b>
<b><u>Tableau N°02</u></b> :	Les principaux pays producteurs du gingembre.....	<b>18</b>
<b><u>Tableau N°03</u></b> :	Aspect et couleur des extraits selon la méthode d'extraction appliquée.....	<b>35</b>
<b><u>Tableau N°04</u></b> :	Valeurs des IC <sub>50</sub> trouvées pour les extraits de <i>Zingiber officinale</i> et de l'acide ascorbique.....	<b>44</b>

## Listes des Figures

<b><u>Figure N°01</u></b> :	Le phénomène d'oxydation.....	4
<b><u>Figure N°02</u></b> :	Les sources de production des radicaux libres. ....	5
<b><u>Figure N°03</u></b> :	Espèces à l'origine de radicaux libres.....	5
<b><u>Figure N°04</u></b> :	Les différents états moléculaires de l'ascorbate.....	8
<b><u>Figure N°05</u></b> :	Structure des carotènes.....	9
<b><u>Figure N°06</u></b> :	Structure de base des polyphénols.....	12
<b><u>Figure N°07</u></b> :	Structure de base des flavonoïdes.....	13
<b><u>Figure N°08</u></b> :	Exemple d'un tanin hydrolysable (pentagalloylglucose à gauche) et un autre condensé (proanthocyanidine R1, R2 = H, OH à droite).....	13
<b><u>Figure N°09</u></b> :	Structure des alcaloïdes.....	14
<b><u>Figure N°10</u></b> :	<i>Zingiber officinale</i> .....	20
<b><u>Figure N°11</u></b> :	Rhizome du <i>gingembre</i> .....	21
<b><u>Figure N°12</u></b> :	Le <i>gingembre</i> .....	21
<b><u>Figure N°13</u></b> :	La plantation du <i>gingembre</i> .....	22
<b><u>Figure N°14</u></b> :	Structure chimique des gingérols. ....	23
<b><u>Figure N°15</u></b> :	Formule chimique des shogaols.....	23
<b><u>Figure N16</u></b> :	Rhizomes de <i>gingembre</i> sous ses deux formes fraîche et sèche... ..	27
<b><u>Figure N°17</u></b> :	Étapes de préparation de l'homogénéat du <i>gingembre</i> .....	27
<b><u>Figure N°18</u></b> :	Les différentes étapes du séchage et broyage du <i>gingembre</i> .....	28
<b><u>Figure N°19</u></b> :	Forme libre et réduite de DPPH .....	31
<b><u>Figure N°20</u></b> :	Les rendements des différents extraits du <i>Zingiber officinale</i> sous forme sèche et fraîche.....	34
<b><u>Figure N°21</u></b> :	Pouvoir antioxydant par la méthode de FRAP des extraits de <i>Zingiber officinale</i> issus de différentes techniques extractions.....	37

<b><u>Figure N°22</u></b> :	Pouvoir antioxydant par la méthode de réduction du radical libre DPPH· des différentes concentrations en extraits de <i>Zingiber officinale</i> issus de différentes techniques extractions.....	<b>41</b>
<b><u>Figure N°23</u></b> :	Pouvoir antioxydant par la méthode de réduction du radical libre DPPH· des différentes concentrations de l'acide ascorbique.....	<b>42</b>

## Liste des abréviations

<b>% :</b>	Pourcentage.
<b>°C :</b>	Température.
<b>1O2 :</b>	Oxygène singlet
<b>A- :</b>	Anion Ascorbate.
<b>A'- :</b>	Radical Ascorbyl.
<b>AH :</b>	Acide Ascorbique.
<b>CAT:</b>	Catalase.
<b>DHA :</b>	Acide Déhydroascorbique.
<b>DO :</b>	Absorbance.
<b>DO c:</b>	Absorbance du contrôle.
<b>DOext :</b>	Absorbance de l'extrait.
<b>DPPH :</b>	1,1 diphényl-2-picrylhydrazyl.
<b>DPPH-H :</b>	Diphényl-b-picrylhdrazine
<b>ERO :</b>	Espèces Réactives Oxygénées.
<b>Fe :</b>	Fer.
<b>Fe<sup>2+</sup>:</b>	Fer ferreux.
<b>Fe<sup>3+</sup>:</b>	Fer ferrique.
<b>FeCl<sub>3</sub>:</b>	Chlorure de fer.
<b>FRAP:</b>	Ferric Reducing Antioxidant Power.
<b>G :</b>	Gramme.
<b>GPx:</b>	Glutathion peroxydase.
<b>GR :</b>	Glutathion réductase.
<b>GSH :</b>	Glutathion réduit.
<b>H :</b>	Heure.
<b>H<sub>2</sub>O :</b>	Eau
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:</b>	Peroxyde d'hydrogène.
<b>Hcl:</b>	Acide chlorhydrique.
<b>IC50 :</b>	Concentration qui assure la réduction de 50 % du DPPH.
<b>K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>:</b>	Ferricyanure de potassium.
<b>Mg :</b>	Milligramme.
<b>Min :</b>	Minute.
<b>mL :</b>	Millilitre.

<b>μL :</b>	Microlitre
<b>N<sub>2</sub> :</b>	Azote.
<b>NADPH :</b>	Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate.
<b>O<sub>2</sub> :</b>	Dioxygène.
<b>O<sub>2</sub><sup>-</sup> :</b>	Anion superoxyde.
<b>OH :</b>	Radical hydroxyle.
<b>ph :</b>	Potentiel hydrogène.
<b>PI :</b>	Pourcentage d'inhibition.
<b>PR :</b>	Pouvoir réducteur.
<b>Rdt :</b>	Rendement.
<b>ROS :</b>	Réactive Oxygen Species.
<b>SOD :</b>	Superoxyde dismutase.
<b>TCA :</b>	Acide trichloracétique.
<b>UV :</b>	Ultraviolet.
<b>Zn :</b>	Zinc.





**INTRODUCTION  
GÉNÉRALE**

Les épices comme étant un matériel végétatif constituent une nécessité très importante pour l'être humain non seulement pour rehausser le goût mais aussi pour leurs vertus médicinales **(Birlouez, 2012)**. Ces épices font parties des plantes aromatiques qui constituent une richesse naturelle très profitable **(MANANDHAR, 1995)**. En vue de leur utilisation, des efforts ont été développés pour tenter de mettre en oeuvre des moyens visant à évaluer des méthodes plus convenables pour leur usage thérapeutique.

Cette utilisation existe jusqu'à l'heure actuelle, malgré l'apparition des médicaments modernes et le progrès de la médecine, car le corps humain reste mieux adapté au traitement à base de plantes qu'une thérapeutique exclusivement chimique.

Ces plantes possèdent des propriétés biologiques intéressantes pour l'application médicale grâce à la présence des substances bioactives qui sont à l'origine de diverses activités telles que l'activité antioxydante, qui a pour rôle d'éviter les conséquences du stress oxydatif. Ce dernier considéré comme un facteur déclenchant **(Philippe et al., 2011)** et la principale cause de plusieurs pathologies causées par l'apparition des espèces réactives oxygénées (ERO) ou bien les oxydants dont la connaissance de leurs rôles biologique et pathologique est récente et en pleine évolution pour rétablir l'équilibre oxydant/antioxydant **(Mates et Sanchez, 2000)**.

La société moderne profite aujourd'hui de ces sources naturelles, en fonction des études scientifiques sur des molécules bioactives par le phénomène d'extraction grâce à des techniques soit traditionnelles ou modernes à l'échelle du laboratoire ou industriel en vue d'établir une large connaissance et utilisation des plantes médicinales en général et d'améliorer la santé humaine en particulier.

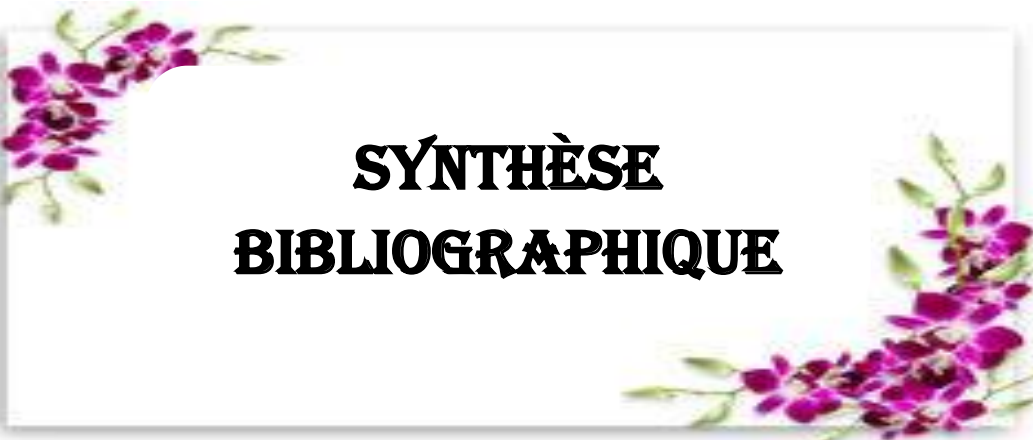
L'Algérie offre une végétation importante grâce à sa localisation géographique. À cet effet, nous nous intéressons à l'étude d'une plante qui appartient à la famille des zingiberaceae appelée le gingembre (*Zingibere officinale*).

Le gingembre est l'une des plantes médicinales les plus utilisées à travers le monde. Les extraits de cette plante sont largement employés, dont les recherches actuelles puisqu'ils renferment de nombreuses propriétés bénéfiques pour le traitement des maladies courantes. Cette importance due à sa composition en substances bioactives antioxydantes, qui sont des composés ayant un rôle de protéger les cellules contre les effets des radicaux libres, rend l'étude de cette plante très intéressante **(Wissen et Brahim en 2006)**.

C'est dans ce contexte que se situe ce travail dont l'objectif est d'étudier l'influence des différentes méthodes d'extraction sur le rendement des extraits de gingembre « *Zingiber officinale* » sous ses deux formes sèche et fraîche, et d'apprécier l'utilisation de cette plante par l'évaluation de l'activité antioxydante de ses extraits.

Notre présente étude comporte trois principales parties :

- La première est une approche bibliographique qui montre des connaissances de base. À cet effet, nous avons rassemblé des informations sur l'oxydation, les radicaux libres, et une généralité sur les plantes médicinales suivie par une description bien détaillée de la plante étudiée (le gingembre Algérien).
- ✓ La deuxième partie est consacrée dans un premier lieu à la partie expérimentale et la méthodologie appliquée et l'autre partie est réservée à la discussion des différents résultats obtenus.
- Et nous terminons par une conclusion générale qui regroupe les points essentiels de notre travail.



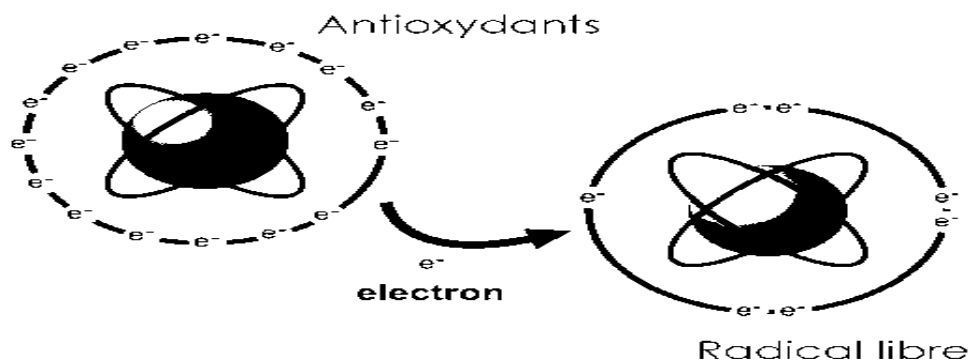
**SYNTHÈSE  
BIBLIOGRAPHIQUE**

## I.1. L'oxydation

L'oxydation est une réaction chimique qui conduit à une perte d'un ou plusieurs électrons par l'association d'une substance avec de l'oxygène. Le composé qui subit une oxydation est appelé réducteur (**Rolland, 2004**) (**Figure N°01**).

Comme ce phénomène peut s'appliquer aux métaux (fer et cuivre), il fait flétrir les légumes et les fruits par conséquent et il change leurs propriétés nutritives (la couleur, l'odeur et le goût). Ce mécanisme s'effectue par l'intermédiaire de plusieurs facteurs tels que l'air et l'eau. Il se déroule en trois étapes à savoir l'initiation, la propagation et la terminaison.

L'oxydation aboutit à la formation des radicaux libres qui sont considérés comme des ennemis de notre corps (**Rolland, 2004**).



**Figure N°01 : Le phénomène d'oxydation**

## I.2. Radicaux libres

Les radicaux libres sont des molécules chimiques très réactives qui possèdent un ou plusieurs électrons non appariés (électron célibataire) sur leurs couches électroniques externes. Ceci provoque une création d'une chaîne infinie de ces atomes pour devenir stables par liaison d'un atome à un autre, et ainsi de suite (**Bonnefont-Rousselot et al., 2003 ; Finaud, 2006**). Ces radicaux sont symbolisés par un point qui indique où l'électron libre se situe (**Goto et al., 2008**).

En dehors de toute situation pathologique, leur production est stimulée par toute situation de stress (**Boveris et al., 1973 ; Cadenas et al., 1977**), l'apport élevé d'oxygène à l'organisme après hyperventilation ou après un exercice physique, par le froid, par des niveaux d'alimentation excessifs ou par des déséquilibres alimentaires (**Figure N°02**).



**Figure N°02:** Les sources de production des radicaux libres.

### I.3. Espèces réactives de l'oxygène

Lors des processus métaboliques, l'oxygène peut devenir délétère par la formation de dérivés extrêmement réactifs appelés: espèces réactives de l'oxygène ROS (Réactive Oxygen Species). Parmi ces espèces on trouve les radicaux libres qui sont des espèces chimiques ayant un ou plusieurs électrons non appariés sur l'orbitale externe. Ces ROS sont très instables, de durée de vie très courte ( $10^{-4}$  à  $10^{-6}$  secondes) et douées d'une grande réactivité chimique. Ils sont capables d'induire des dommages considérables à différentes molécules de l'organisme telles que les lipides membranaires et les protéines cellulaires. Les plus importants sont : l'anion superoxyde ( $O_2^{\cdot-}$ ), le radical hydroxyle ( $\cdot OH$ ), l'oxygène singlet ( $^1O_2$ ) et le monoxyde d'azote ( $NO\cdot$ ) et les espèces réactives non radicalaires telle que le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) et le nitroperoxyde ( $ONOOH$ ). Ces espèces non radicalaires dérivées de l'oxygène sont potentiellement toxiques (**Figure N°03**).

Ils favorisent habituellement le bon fonctionnement de l'organisme et la santé des mammifères, mais leur excès peut être néfaste. Car leur fixation sur nos cellules entraîne la mort cellulaire. De plus, ils seraient responsables de nombreuses maladies telles que : les maladies cardiaques, le cancer et la maladie d'Alzheimer (**Pincemail et al., 1999**).

- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| - $O^{\circ}$ : radical anion superoxyde             | - $ROO^{\circ}$ : radical peroxyde |
| - $OH^{\circ}$ : radical hydroxyle                   | - $^1O_2$ : oxygène singulet       |
| - $HO_2^{\circ}$ : radical perhydroxyle              | - $H_2O_2$ : peroxyde d'hydrogène  |
| - $RO^{\circ}$ : radical alkoxyde (carbonyle excité) | - $ROOH$ : hydroperoxyde           |

**Figure N°03:** Espèces à l'origine de radicaux libres (**Rolland, 2004**)

## **I.4. Le stress oxydatif et le pouvoir antioxydant**

Lorsqu'il n'y a pas suffisamment d'antioxydants, le stress oxydatif augmente et s'accélère.

### **I.4.1. Le stress oxydatif**

Le stress oxydant correspond à un déséquilibre entre les systèmes pro-oxydants et antioxydants. En d'autres termes, c'est l'incapacité de l'organisme à se défendre contre l'agression des espèces oxygénées actives (EOA) (Sies, 1991).

### **I.4.2. Le pouvoir antioxydant**

Un antioxydant est toute substance qui retarde, empêche ou répare les dégâts oxydatifs d'une molécule cible.

C'est une molécule naturelle qui peut être soit développée par le corps comme un système protecteur (endogène) ou bien apportée par l'alimentation (exogène) pour combattre les effets toxiques des radicaux lors du stress oxydant ou pour les endommager (Halliwell et al., 2008).

Les antioxydants peuvent être classés selon leurs origines en deux classes à savoir: les antioxydants enzymatiques et les non enzymatiques (Delattre et al., 2005).

#### **I.4.2.1. Systèmes enzymatiques antioxydants**

Les antioxydants primaires ou radicalaires permettent l'interruption de la chaîne auto catalytique (Rolland, 2004). Les principales enzymes antioxydantes sont la superoxyde dismutase, la glutathion peroxydase et la catalase (Vincent, 2004).

##### **a. La superoxyde dismutase SOD (EC 1.15.1.1)**

La superoxyde dismutase (SOD), est une enzyme capable d'éliminer le radical libre l'anion superoxyde qui résulte de la réduction univalente de l'oxygène en peroxyde d'hydrogène et d'oxygène (Huang, 2001).

Il s'agit de l'un des enzymes antioxydants les plus importants. Chez les mammifères, cette famille comporte trois isoformes (SOD1, SOD2, SOD3) (Antwerpen, 2006) qui se différencient par leur localisation cellulaire (souvent dans les mitochondries et le cytosol respectivement) et par leur cofacteur métallique dont une forme cytosolique associée aux ions cuivre et zinc (Cu/Zn-SOD), une forme mitochondriale associée au manganèse (Mn-SOD) et une forme extracellulaire (EC-SOD) (Huang, 2001).

**b. La glutathion peroxydase (GPx) (EC 1.11.1.19)**

La GPx fait partie d'un système complet qui joue un rôle central dans le mécanisme d'élimination du H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. La GPx est l'enzyme clef du système antioxydant et nécessite la présence de glutathion réduit (GSH) comme donneur d'électron. La glutathion dissulfite (GSSG) ainsi produit est à nouveau réduit par la glutathion réductase (GR) qui utilise le NADPH comme donneur d'électron (**Dorta et al., 2006**).

**c. La catalase (CAT) (EC1.11.1.6)**

La catalase est une enzyme intracellulaire composée de quatre sous-unités contenant chacune un hème (**Powers, 2008**). Elle est présente dans tous les organes est particulièrement concentrée dans le foie, et à l'état libre se trouve dans le plasma (**Halliwell et Gutteridge, 2008**).

Le rôle principal de la catalase est la transformation du peroxyde d'hydrogène (produit dans les conditions physiologiques) en eau et en dioxygène sans utilisation des cofacteurs enzymatiques (**Niki, 2007**).

**I.4.2.2. Antioxydants non enzymatiques**

Les antioxydants secondaires ou préventifs assurent l'inhibition de la production des radicaux libres (**Rolland, 2004**). Nous retrouvons :

**a. Vitamine E**

La vitamine E est une famille de huit molécules bien connue pour son pouvoir antioxydant et son caractère indispensable à la fertilité. Sa capacité à réguler l'expression génique est de plus en plus décrite et pourrait bien être le principal vecteur de son activité biologique (**Landrier, 2011**).

La vitamine E est considérée comme l'antioxydant liposoluble le plus important (**Halliwell et Gutteridge, 2008**) dont les céréales et les huiles constituent sa source majeure (**Landrier, 2011**).

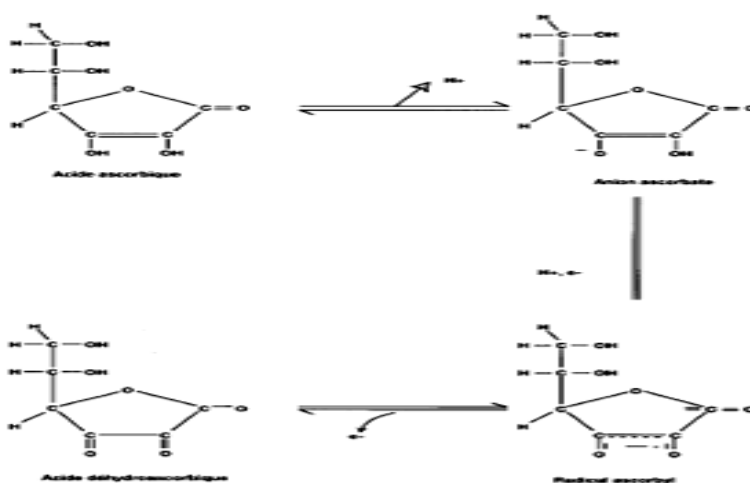
Le terme générique vitamine E regroupe deux grands groupes de molécules à savoir : les tocophérols et les tocotrienols, comprenant chacune 4 vitamines a, b, g et d (**Jensen et Lauridsen, 2007 ; Azzi, 2007 ; Traber et Atkinson, 2007; Brigelius-Flohe, 2009 ; Aggarwal et al., 2010**).



## b. Vitamine C

La vitamine C est un agent antioxydant fondamental, qui a un effet de récupération des radicaux libres en excès dans le milieu extracellulaire (Matsuda *et al.*, 1992). Elle peut exister sous forme réduite comme l'acide ascorbique, et sous forme oxydé comme l'acide déhydro-ascorbique. Le couple acide ascorbique/acide déhydro-ascorbique permet le transfert d'un ou deux électrons (Chepda *et al.*, 1999).

L'acide ascorbique peut exister sous des états moléculaires distincts et réversibles dont l'interface est le radical ascorbyl. Ces états moléculaires sont dépendants de la présence d'oxygène moléculaire et de fer (Chepda *et al.*, 1999) (Figure N°04).



**Figure N°04:** Les différents états moléculaires de l'ascorbate : acide ascorbique (AH), anion ascorbate (A<sup>-</sup>), radical ascorbyl (A'·) et acide déhydroascorbique (DHA).

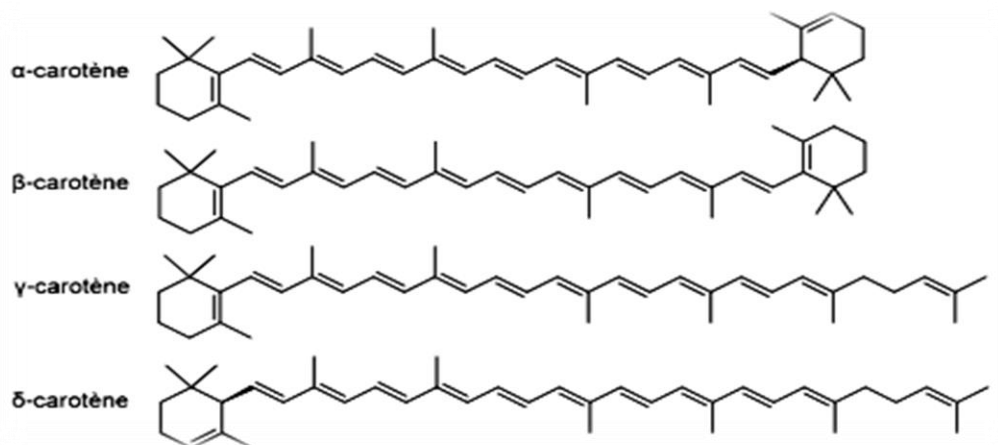
## c. Carotène

Les caroténoïdes sont des pigments naturels qui sont synthétisés par les plantes et sont responsables des couleurs vives de divers fruits et légumes. La plupart de ces caroténoïdes ont une activité antioxydante (Sergio et Russell, 1999).

Six cents caroténoïdes sont actuellement identifiés, dont une soixantaine possèdent une activité pro-vitaminique A, notamment l'alpha, le bêta et le gamma-carotène ainsi que la cryptoxanthine (Maudet, 2000) dont le  $\beta$ -carotène a été le mieux étudié (Sergio et Russell, 1999) (Figure N°05).

Les antioxydants (y compris les caroténoïdes) ont été étudiés pour leur capacité à prévenir les maladies chroniques. Le  $\beta$ -carotène et autres caroténoïdes ont prouvé leurs propriétés

antioxydants *in vitro* et dans des modèles animaux. Les mélanges de caroténoïdes ou des associations avec d'autres antioxydants (par exemple, la vitamine E) peuvent augmenter leur activité contre les radicaux libres (Sergio et Russell, 1999).



**Figure N°05 :** Structure des carotènes.

## II. 1. Introduction

La nature est pleine de ressources aux vertus bénéfiques pour l'homme et qui est représentée par des plantes à activité biologique. En plus de son alimentation, l'homme exploite les plantes pour leurs qualités aussi bien médicinales que nutritives (Rebbas et al., 2012).

Ces plantes sont dotées de diverses potentialités biologiques grâce à leurs richesses en composés naturels (Panpatil et al., 2013).

## II.2. Historique

L'histoire de la médecine à base des plantes a été connue depuis l'antiquité, par les grandes civilisations (chinoise, égyptienne, babylonienne, grecque, romaine, etc.) (Lahsissene et al., 2009). Les plantes médicinales représentent une riche source d'antimicrobiens et d'antioxydants (Bourgou1, 2016). Ceci est dû à la présence des molécules bioactives (Siddiqui et al., 2010). Ce vieux remède a été consacré pour traiter différentes maladies chez l'homme et les animaux (Siddiqui et al., 2010).

Les anciens peuples ne profitaient pas seulement de leurs propriétés thérapeutiques mais aussi de leurs propriétés cosmétiques, chimiques, diététiques, pharmaceutiques, agro-alimentaires et industrielles (Lahsissene et al., 2009) ..

Actuellement, cette médication, par les plantes, connaît un regain d'intérêt notable, et c'est grâce aux études scientifiques par des médecins et des professeurs basées sur les méthodes

analytiques et les expérimentations nouvelles (**Lahsissene et al., 2009**), en modernisant la présentation des médicaments par l'isolement des principes actifs de certaines plantes importantes, qu'on a réussi à fabriquer des molécules synthétiques plus efficaces, ainsi le monde médical se développe de plus en plus.

### II.3. Définition

Plante médicinale est un terme désignant une plante ou une partie d'une plante, pouvant être utilisée à des fins thérapeutiques, pour prévenir soigner ou soulager divers maux grâce à la présence des molécules bioactives (principes actifs) (**Cardenas, 2019**).

D'après la Pharmacopée française, les plantes médicinales sont "*des drogues végétales qui peuvent être utilisées entières ou sous forme d'une partie de plante et qui possèdent des propriétés médicamenteuses*" (**Cardenas, 2019**).

La thérapie par le végétal ou par les plantes est appelée la phytothérapie, qui provient de deux racines grecques anciennes "*phyton*" (végétal) et "*therapeia*" (cure, thérapie) (**Cardenas, 2019**).

### II.4. Origine

Les plantes médicinales portent deux origines à la fois. En premier lieu les plantes spontanées dites sauvages" ou "de cueillette" et en second les plantes cultivées (**Bézanger-Beauquesne, 1986**).

#### II.4.1. Plantes spontanées

Les plantes sauvages jouent un rôle multiple et considérable dans la vie courante des populations humaines. Leur importance n'est plus à démontrer car elles sont utilisées dans les constructions, la menuiserie, la fabrication des boissons locales, l'alimentation, le chauffage, la médecine traditionnelle, et leur exploitation peut être justifiée lorsque les peuplements spontanés suffisent à une demande pharmaceutique (**Mosango et Szafranski, 1985**). Il est remarquable que leur répartition dépende du sol et surtout du climat (**Perrot et Paris, 1974**).

#### II.4.2. Plantes cultivées

Les plantes médicinales sont exploitées dans des grandes zones de production dont la matière première est représentée par des plantes sauvage, permettent une grande variété de

productions médicinales. Celle-ci assure des plantes cultivées en quantité suffisante pour adapter et répondre aux besoins médicaux. (Bézanger-Beauquesne *et al.*, 1986).

C'est récemment que des multiples études effectuées pour améliorer les cultures des plantes médicinales dont la recherche a eu lieu sur plusieurs critères, tendent à rendre la culture plus facile, à augmenter la résistance aux parasites, à améliorer l'aspect de la drogue qu'on en tire, mais surtout à obtenir une teneur élevée en principes actifs, principal critère d'amélioration (Perrot et Paris, 1974).

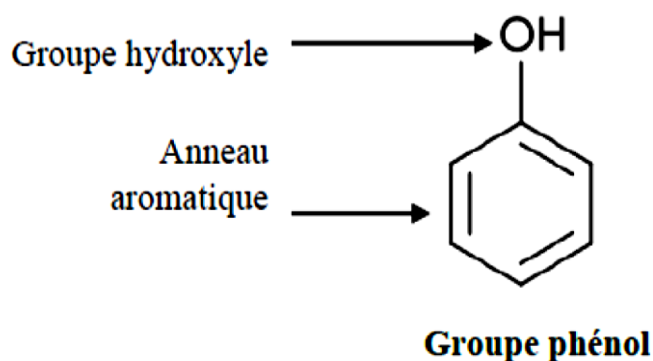
## II.5. Métabolites secondaires

### II.5.1. Les polyphénols

Les polyphénols constituent une famille des molécules organiques caractérisées, comme leur nom l'indique, par la présence de plusieurs groupements phénols associés en structures plus ou moins complexes généralement de haut poids moléculaires (Chira *et al.*, 2008) (Figure N°06).

Ces composés sont les produits du métabolisme secondaire des plantes. Les polyphénols prennent une importance croissante, notamment à cause de leurs effets bénéfiques sur la santé (Stanley *et al.*, 2003).

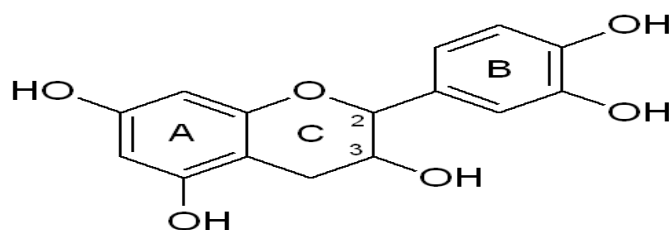
En effet, leur rôle d'antioxydants naturels suscite de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement du cancer (Chen *et al.*, 2004), des maladies inflammatoires (Laughton *et al.*, 1991), cardiovasculaires (Frankel *et al.*, 1993) et neurodégénératives (Orgogozo *et al.*, 1997). Ils sont également utilisés comme additifs pour l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique (Isanh, 2006).



**Figure N°06:** Structure de base des polyphénols.

### II.5.1.1. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés polyphénoliques comprenant 15 atomes de carbone formant deux noyaux aromatiques reliés par un pont de 3 carbones (**Figure N°07**). Ce sont les composés les plus abondants parmi tous les composés phénoliques. Ils ont des rôles variés dans les plantes en tant que métabolites secondaires étant impliqués dans les processus de défense contre les UV, la pigmentation, la stimulation des nodules de fixation de l'azote et la résistance aux maladies (**Chira et al., 2008**).



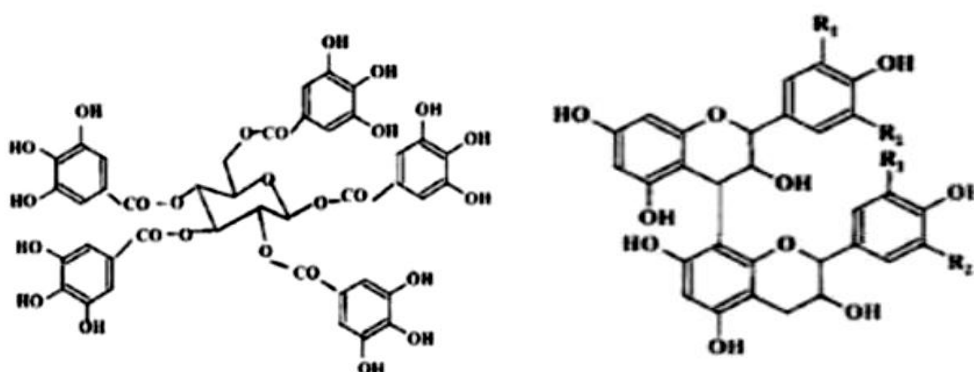
**Figure N°07: Structure de base des flavonoïdes.**

### II.5.1.2. Les tanins

Les tanins végétaux sont des composés phénoliques solubles dans l'eau et ayant des poids moléculaires compris entre 500 et 3000 Da.

Selon la nature des assemblages moléculaires, les tanins sont classés en 2 groupes (**Figure N°08**) :

- Les tanins hydrolysables, constitués par une molécule glucidique ;
- Les tanins condensés ou proanthocyanidols qui résultent de la polymérisation de molécules élémentaires de flavines (**Millogo-Rasolodimby et al., 2008**).



**Figure N°08 : Exemple d'un tanin hydrolysable (pentagalloylglucose à gauche) et un autre condensé (proanthocyanidine R1, R2 = H, OH à droite)**

### II.5.2. Les saponines

Les saponines sont des métabolites secondaires de nature glycosidique largement distribués dans les plantes supérieures mais également présents dans certaines sources animales. Ce dernier a contribué à nommer ce groupe «saponines», dérivé du latin *sapo* signifiant savon (Irma et al., 2010).

Malgré leur diversité structurelle assez importante, ces composés partagent certaines propriétés biologiques uniques comme la capacité de lyser les érythrocytes ou de mousser. (Bruneton, 1995 ; Rao et Gurfinkel, 2000 ; Francis et al., 2002).

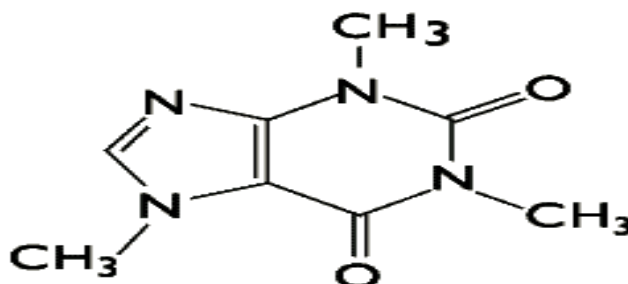
L'activité de surface responsable des propriétés moussantes, ainsi que certaines autres fonctions biologiques, y compris l'activité hémolytique, sont attribuées aux caractéristiques structurelles caractéristiques des saponines et à leur nature amphiphile qui résultent de la présence d'un fragment de sucre hydrophile et d'une génine hydrophobe (appelée sapogénine) (Irma Podolak et al., 2010).

### II.5.3. Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des substances d'origine naturelle (végétale), azotées, basiques, de structures très variées le plus souvent mono ou polycycliques, de masse moléculaire variant de 100 à 900 Da, donnant des réactions de précipitation avec certains réactifs et doués, à faible dose, de propriétés pharmacologiques marquées.

Ils sont formés principalement de divers acides aminés: phénylalanine, tryptophane, méthionine... dont le point commun entre les alcaloïdes est la présence de l'azote qui confère le caractère alcalin à la molécule (Figure N°09).

Tous les organes peuvent les contenir comme les racines, les feuilles, les fruits, les écorces et les graines.



**Figure N°09: Structure des alcaloïdes**

## II.6. Parties utilisés

Pratiquement toutes les parties des plantes peuvent être utilisées. Généralement, ce sont les parties renouvelables: tiges, feuilles, fleurs... qui sont utilisées, plus rarement les racines et les écorces (**Prigent, 2018**).

Connaître le nom d'une plante n'est pas toujours suffisant, ses différentes parties peuvent avoir des propriétés thérapeutiques distinctes (**Prigent, 2018**).

## II .7. Les avantages des plantes médicinales

Les effets bénéfiques des plantes sur la santé sont dus au fait qu'elles contiennent des principes actifs, responsables de leurs effets thérapeutiques (**Cardenas, 2019**). Parmi ces bienfaits on distingue :

- Généralement, les plantes médicinales d'usage courant ne provoquent que très peu, voire aucun effet indésirable
- Les plantes médicinales permettent d'obtenir un maximum de bénéfices thérapeutiques avec un minimum de risques (**Cardenas, 2019**).
- Achat sans ordonnance. Ils sont disponibles dans n'importe quel magasin de la santé (**Ben Moussa, 2007**).
- La médecine chimique prescrit par un pharmacien pourrait avoir certains effets secondaires négatifs. Cependant, la plupart des herbes médicinales et les remèdes n'ont pas d'effets secondaires négatifs (**Ben Moussa, 2007**).
- L'obésité est la cause de nombreux problèmes de santé. L'utilisation des plantes médicinales peut aider à réduire l'excès de poids et de réguler l'appétit (**Ben Moussa, 2007**).

Ces constatations soulignent encore une fois l'importance de la connaissance des plantes médicinales et le rôle des monographies dans l'utilisation de substances médicamenteuses d'origine végétale (**Cardenas, 2019**).

## II .8.Les inconvénients des plantes médicinales




Malgré l'importance thérapeutique des plantes médicinales, on compte certains effets indésirables :

- la cure utilisant les plantes médicinales prendrait un certain temps (**Ben Moussa, 2007**).
- la médecine à base des plantes médicinales contient divers ingrédients et il doit être sûr que le corps tolère ces ingrédients et il n'est pas allergique (**Ben Moussa, 2007**).





- l'utilisation des plantes médicinales pour certaines affections peuvent avoir des effets secondaires négatifs (**Ben Moussa, 2007**).
- certaines ont des effets toxiques pouvant être graves, même à faible dose (**Cardenas, 2019**).
- Il y'a très peu de bons praticiens de la médecine à base des plantes (**Ben Moussa, 2007**).

## II .9. Les plantes à activité antioxydante

Le tableau N°01 regroupe des exemples de plantes ayant une activité antioxydante.

La plante	Description	Image
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	Elle appartient à la famille des Combretaceae, plante tropicale et subtropicale et mal connue du point de vue chimique. C'est une espèce riche en tanins ( <b>Koné, 2018</b> ).	
<i>Cissus populnea</i>	Elle appartient à la famille des Vitaceae ou Vitidaceae ou encore Ampelidaceae, famille des régions tropicales et tempérées. C'est une espèce grimpante riche en mucilage ( <b>Koné, 2018</b> ).	
<i>Mitragyna inermis</i>	Elle appartient à la famille des Rubiaceae, plante tropicale occupant une place prépondérante dans la matière médicale avec des drogues fébrifuges, antimalariques, émétiques, et anti-amibiennes... Elle renferme des alcaloïdes ( <b>Koné, 2018</b> ).	



<i>Terminalia macroptera</i>	Elle appartient à la famille des Combretaceae, plante des régions tropicales et subtropicales. C'est une espèce riche en tanins ( <b>Koné, 2018</b> ).	 A photograph of the Terminalia macroptera plant, showing large, green, ovate leaves with prominent veins and a serrated margin.
<i>Zizyphus mucronata</i>	C'est une plante de la famille des Rhamnaceae, plante des régions chaudes et tempérées. Cet arbuste épineux est riche en tanins ( <b>Koné, 2018</b> ).	 A photograph of the Zizyphus mucronata plant, showing a branch with several small, round, yellowish-orange fruits and green leaves.
<i>Tamus commuis L</i>	Le tamier commun, ou herbe aux femmes battues, est une plante herbacée vivace dioïque sauvage, commune en Europe, en Asie et dans le Nord de l'Afrique .elle appartient à la famille des Dioscoréacée, ( <b>Belkhiri et Baghiani, 2017</b> ).	 A photograph of the Tamus commuis L plant, showing clusters of bright red, round fruits hanging from a green stem with large, serrated leaves.
<i>Carthamus caeruleus L</i>	Elle appartient à la famille des Asteraceae, comprend 14 espèces annuelles ou vivaces herbacées ( <b>Belkhiri et Baghiani, 2017</b> ).	 A photograph of the Carthamus caeruleus L plant, showing a single, vibrant purple flower head on a green stem with serrated leaves.

### 3.1. Historique

C'est une plante condimentaire et médicinale et cela depuis plus de 3000 ans, d'origine de l'Inde (**Gigon, 2012**). Elle est exploitée dans plusieurs secteurs dont l'alimentation où elle est largement utilisée comme additif depuis l'antiquité (**Bartley, 2000**) et elle est aussi destinée à protéger le corps contre les maladies. Encore elle était retrouvée dans la composition des techniques de momification pratiquées dans l'Égypte antique (**Gigon, 2012**). Cette épice orientale a traversé la première fois la mer Méditerranée grâce aux Phéniciens pour gagner l'Europe durant l'Empire romain dès le 1<sup>er</sup> siècle (**Gigon, 2012**).

Aujourd'hui cette plante est cultivée dans les régions tropicales humides, bien que l'Inde reste le plus grand producteur d'après le **tableau N°02** qui indique les principaux pays producteurs de gingembre (**Faivre et Lejeune, 2006**).

**Tableau N°02: Les principaux pays producteurs du gingembre (Faivre et Lejeune, 2006)**

<i>Production en tonnes Chiffres 2003-2004-Données de FAOSTAT (FAO)</i>				
Inde	275000	27 %	275000	27 %
Chine	259719	25 %	260000	25 %
Indonésie	151000	15 %	151000	15 %
Nigeria	110000	11 %	110000	11 %
Népal	90000	9 %	90000	9 %
Bangladesh	43000	4 %	48000	5 %
Thaïlande	33000	3 %	33000	3 %
Philippines	30000	3 %	30000	3 %
Autres pays	39259	4 %	39270	4 %
Total	1030978	100 %	1036270	100 %

### 3.2. Classification de la plante *Zingiber officinale*

Le gingembre (*Zingiber officinale* L.) appartient à la famille des Zingibéracées (**Ben Aissa et Fennira, 2019**). C'est une large famille constituée de 47 genres et 1 400 espèces (**Jatoi et al., 2007 ; Srinivasan et al., 2012**). Cette famille est divisée en 53 genres et plus de 1200 espèces qui se répartissent à travers l'Asie, les Iles du Pacifique et l'Afrique (**Kress et al., 2002 ; Jatoi et al., 2008**).

**Quezel et Santa (1963)** ont donné la systématique suivante du gingembre *Zingiber officinale* selon **Linné (1753)** :

Règne	: Plantae
Sous-règne	: Trachéobionta
Division	: Angiospermes ou Magnoliophyta
Classe	: Monocotylédones ou Liliopsida
Sous-classe	: Zingibériidées
Ordre	: Zingibérales ou Scitaminales
Famille	: Zingibéracées
Sous-famille	: Zingibéroïdées
Genre	: <i>Zingiber</i>
Espèce	: <i>officinale</i>

**Nom latin** : *Zingiber officinale* (**Faivre et al, 2006**)

**Autres noms utilisés (Faivre et al., 2006):**

- \*Français : gingembre
- \*Allemand : Ingwer (wurzelstock)
- \*Anglais : ginger root
- \*Arabe : zanjabil
- \*Chinois : sang geung
- \*Japonais : shuga ; myôga

### 3.3 Généralité sur le gingembre

L'étude de la médecine traditionnelle et du traitement par les plantes est particulièrement intéressante en Algérie (**Verlag, 2012**). Le gingembre « *Zingiber officinale* » est une plante à valeur médicinale marquante dont on distingue le gingembre gris au rhizome sec à l'air, le gingembre lisse à surface lisse car il a subi auparavant un grattage des couches externes et parfois aussi un blanchiment à la chaux, le gingembre préparé, le gingembre confit et le gingembre poudre. On trouve aussi de plus en plus souvent dans le commerce du gingembre frais. La racine est fibreuse et granuleuse à odeur aromatique et piquante (**Faivre et al., 2006**).

### 3.3.1. Description botanique

Le gingembre est une plante vivace tropicale herbacée annuelle, à porte de roseau, qui mesure jusqu' à 3 m de haut. Son rhizome est noueux et parfumé, avec une peau beige pâle et une chair jaune pâle juteuse et parfumée (**Figure N°10**). Il devient de plus en plus fibreux avec l'âge, couvert de feuilles écailleuses et pourvu à sa partie inférieure de racines cylindriques. Ses feuilles sont persistantes bisériées, longues, étroites, lancéolées, pointues et longues de 20 cm. Cette plante possède deux sortes de tiges à savoir des tiges hautes stériles servant à l'assimilation chlorophyllienne et des tiges plus courtes (20 cm environ) portant des fleurs irrégulières en épi. le gingembre a des fleurs parfumées d'une couleur blanche-jaune, avec des trainées rouges sur les lèvres. La floraison a lieu entre les mois d'aout et novembre. Ses fruits sont des capsules trivalves contenant des graines noires (**Faivre et al., 2006**)



**Figure N°10 :** *Zingiber officinale*

#### 3.3.1.1 La partie souterraine

La partie souterraine utilisée est le rhizome. Celui-ci se divise dans un seul plan et est constitué de tubercules globuleux ramifiés. La peau du rhizome est beige pâle et sa chair est jaune pâle juteuse. La cassure est fibreuse et granuleuse, l'odeur est aromatique avec une saveur chaude et piquante (**Gigon ,2012**) (**Figure N°11**).

#### 3.3.1.2. Partie aérienne

Les feuilles sont persistantes, lancéolées et pointues pouvant atteindre une vingtaine de centimètres. L'inflorescence se présente en courts épis axillaires très serrés, à tige couverte d'écailles, avec des fleurs parfumées, de couleur blanche à jaunâtre munies de bractées pourpres. La floraison a lieu entre les mois d'août et de novembre (**Gigon, 2012**) (**Figure N°12**).



**Figure N°11** : Rhizome du *gingembre*.  
(Gigon, 2012)



**Figure N°12** : *Zingiber officinale*  
(Gigon, 2012)

### 3.3.2. La plantation de gingembre

Le gingembre est cultivé essentiellement dans la partie Sud-ouest du pays où les précipitations annuelles sont comprises entre 900 et 1200 mm. La culture du gingembre est peu répandue et sa production est limitée sur de petites superficies malgré ses nombreuses vertus (Nandkangre et *al.*, 2015). Sa répartition géographique concerne toute l'Asie, les Caraïbes, l'Afrique et le Brésil, mais plus de 50% de sa production mondiale provient de l'Inde et de la Chine (Gigon, 2012).

La culture se fait soit directement dans des graviers ou des billes d'argile, soit indirectement par le placement du rhizome trempant dans l'eau, afin qu'il fasse ses racines dans le liquide. Puis, il est cultivé en terre quand les racines sont bien formées et les pousses sorties (Couillet, 2013) (Figure N°12).



**Figure N°12** : La plantation du gingembre en pot (Illcox 2004)

### 3.3.3. La récolte de gingembre

Le jaunissement est un indice de maturation du rhizome. Il est observé lorsque les feuilles et tiges se dessèchent. Ceci permet de juger que le gingembre est bon à récolter. La récolte se fait à différentes périodes en fonction des besoins d'utilisation. Le nombre de mois qui s'écoulent entre la levée et la récolte des rhizomes varie entre trois (03) et douze (12) mois. Les périodes privilégiées se situent entre 4 et 7 mois (Nandkangre et al., 2015).

### 3.3.4. Conservation

Après la récolte, la conservation des rhizomes se fait principalement de deux manières :

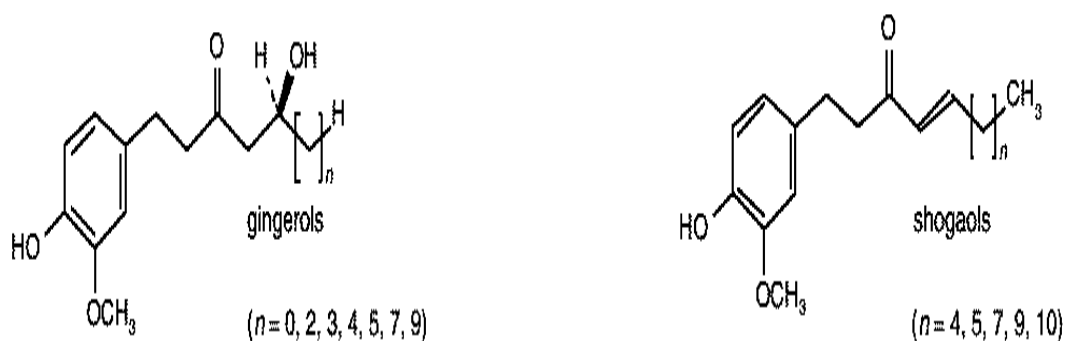
\*Dans 83,9% des cas, la conservation se fait dans des fosses où les paysans mettent les rhizomes puis ils recouvrent avec de la paille ou des feuilles séchées qu'ils arrosent au besoin. Cela se fait dans des endroits ombrageux.

\*Dans le second cas (14,9%), ils laissent le gingembre en terre dans leur champ qu'ils recouvrent d'un dense paillage afin de protéger les rhizomes contre l'effet du soleil (Nandkangre et al., 2015).

### 3.4. Composition chimique

Le rhizome est la partie utilisée en phytothérapie (Cardenas, 2017). Les constituants du gingembre sont nombreux et varient selon l'origine et l'état de la plante (frais ou sèche).

Le rhizome du gingembre contient de l'oléorésine constituée de Gingerol, shogaol (uniquement dans la drogue séchée), zingérone et gingediol (Faivre et al., 2006) (Figure N°13 et 14).



**Figure N°13: Structure chimique des gingérols**

**Figure N°14: Formule chimique des shogaols**

Les composants antioxydants du gingembre sont les polyphénols, la vitamine C,  $\beta$  carotène, flavonoïdes et tanins (Shirin et Jamuna Prakash, 2010). On y trouve la présence d'huile essentielle de couleur jaune à brun (Faivre et al., 2006), d'amidon qui est le constituant principale (60%) (Shirin et Prakash, 2010), de nombreuses vitamines: B1, B2, B3, C et des minéraux (fer, calcium, phosphore, zinc, cuivre, chrome et manganèse) qui ont pour effet de dynamiser l'organisme. On y trouve aussi des acides aminés, des acides gras et une enzyme appelée zingibaine (Faivre et al., 2006).

### 3.5. Domaines d'utilisation

#### 3.5.1. Usage alimentaire

Les gens utilisent les rhizomes sous forme sèche en poudre comme épice dans la cuisine pour assaisonner les sauces et aussi dans le thé et le café. Le gingembre frais est épluché et broyé pour extraire le jus qui entre dans la fabrication de boissons rafraîchissantes (Nandkangre et al., 2015).

#### 3.5.2. Usage thérapeutique

De nombreuses propriétés pharmacologiques et cliniques ont été enregistrées pour cette plante (Faivre et al., 2006). Dans la médecine chinoise, le gingembre est traditionnellement utilisé pour traiter les problèmes d'estomac, de digestion comme stimulant digestif et dans les spasmes entérocoliques, de diarrhée, de nausée (Azam et al., 2014), pour le rhumatisme, les maladies nerveuses, les maux de dents, l'asthme, la constipation et le diabète (Soong et al., 2011)

Actuellement, le gingembre a beaucoup de vertus thérapeutiques. Il entre dans le traitement de certaines maladies telles que la toux, le rhume, les constipations, les hémorroïdes et est aussi utilisé comme aphrodisiaque (Nandkangre et al., 2015).

### 3.6. Précaution d'emploi de gingembre

Le gingembre est une plante médicinale possédant plusieurs propriétés qui peuvent interagir avec certaines plantes ou des médicaments. Le gingembre caractérisé par des propriétés anticoagulante peuvent annuler ou, au contraire, décupler les effets de certaines plantes (notamment l'oignon ou l'ail) (Cardenas, 2017). Ceci peut donc amplifier les différents effets des traitements pour quelques maladies. Il faut donc prendre un avis médical, surtout en

cas de problèmes de calculs biliaires, de cœur, de diabète ou de toutes maladies ayant un rapport avec le sang (Cardenas, 2017).

### 3.7. Les bienfaits de gingembre

Le gingembre est un excellent remède pour la santé. Il possède des vertus anti-inflammatoires, antiseptiques (Ligeon, 2018), antibactériennes, antivirales, antidiabétiques (Cardenas, 2017) et peut être une source majeure d'antioxydants naturels ou photochimiques (Ligeon, 2018).

Cette plante facilite la digestion, stimule le système sanguin, réduit le taux de glycémie (action hypoglycémiante) et de cholestérol et soulage les nausées (Ligeon, 2018). L'utilisation du gingembre permet de prévenir et traiter les nausées des femmes enceintes, d'éviter les vomissements après une chirurgie, les douleurs et les effets d'une grippe. Elle favorise aussi l'appétit (Cardenas, 2017).

### 3.8. Les effets indésirables du gingembre

Les caractéristiques du gingembre sont nombreuses avec des effets secondaires néfastes moindre. À la moindre alerte, il suffit alors de réduire les doses pour que ces inconvénients disparaissent. Généralement, il est conseillé de ne pas dépasser 4 g par jour (Ligeon, 2018).

En cas de surdosage de gingembre, il est possible de voir apparaître certains effets secondaires indésirables, principalement : des brûlures et des maux d'estomac, des gazs et ballonnements, des diarrhée, des menstruations plus abondantes et des nausées (Ligeon, 2018).

On déconseille la consommation de gingembre avant une opération à cause de ses propriétés anticoagulantes (Cardenas, 2017). Pour information, il existe des cas assez rare d'allergie au gingembre qui peut provoquer une éruption cutanée (Ligeon, 2018). Il est aussi fortement déconseillé de consommer de l'infusion de gingembre dans les dernières semaines de la grossesse en raison du risque de saignement (Ligeon, 2018).





**MATÉRIEL ET  
MÉTHODES**

### 1.1. Matériel végétal

Les rhizomes utilisés dans ce travail sont achetés au niveau du marché d'Ain Témouchent. Ces rhizomes sont frais d'origine Chinoise et leur genre est « *Zingiber officinale* ». Le rhizome est utilisé sous ses deux formes sèche (en poudre) et fraîche (**Photo N°01**).



**Photo N°01:** Rhizomes du gingembre sous ses deux formes fraîche et sèche.

### 1.2. Préparation de l'homogénéat de gingembre

Premièrement, les rhizomes de gingembre ont été plusieurs fois lavés puis épluchés et coupés à l'aide d'un couteau en petits morceaux. Ensuite, les petits morceaux ont été mis dans le mixeur pour les broyer jusqu'à l'obtention d'un homogénéat de gingembre (**Photo N°02**). Finalement, cet homogénéat est conservé dans une boîte dans le réfrigérateur à une température de 3 à 4°C jusqu'à son utilisation.



**Photo N°02:** Etapes de préparation de l'homogénéat de gingembre

### 1.3. Préparation de la poudre de gingembre

Les rhizomes ont été lavés soigneusement avec de l'eau pour les débarrasser de toutes les impuretés puis coupées en fines rondelles d'environ 4 mm d'épaisseur puis soumises au séchage dans l'étuve à 25°C durant 5 jours.

Une fois le matériel végétal est séché, les échantillons ont été broyés à l'aide d'un broyeur électrique. Les poudres ainsi obtenues ont été conservées dans des bocaux en verre teintés, hermétiquement scellés et à l'abri de la lumière (**Photo N°03**).



**Photo N°03** : Les différentes étapes de séchage et broyage du gingembre.

## 2. Méthodes

### 2.1. Méthodes d'extraction et préparation des extraits

Tout procédé d'extraction est basé sur la différence de solubilité des substances d'un mélange dans un solvant. Le mélange à extraire peut-être solide ou liquide. Aussi, plusieurs techniques d'extraction peuvent être mises en œuvre pour extraire les principes actifs des plantes, toujours très recherchés pour toutes sortes d'application en alimentaire, cosmétique et pharmacie.

#### 2.1.1. Méthode d'extraction au Soxhlet

C'est une méthode classique d'une extraction solide-liquide en continue (**Penchev, 2010**). Cet appareil porte le nom de son inventeur Franz Van Soxhlet. Les extraits sont obtenus en

mettant 20g des rhizomes du gingembre forme sèche (poudre) ou fraîche (homogénat) dans 250mL de méthanol est porté à ébullition, puis condensé avec le condensateur, dans le réservoir à siphon, contenant le solide à extraire dans une cartouche de papier épais. Le contacte entre le solvant et le solide dure pendant l'accumulation du méthanol dans le réservoir, puis quand ce dernier atteint un certain niveau, il amorce le siphon et retourne dans le ballon en entraînant les substances dissoutes. L'extraction a duré deux heures et demi dont l'extrait est récupéré après 6 cycles.

Cette méthode d'extraction exige un pro-traitement pour le mélange obtenu par soxhlet ; en pratique, nous utilisons un évaporateur rotatif pour éliminer le solvant d'extraction (**Penchev, 2010**). C'est pour cela que l'extrait a été évaporé à sec et sous vide par un évaporateur rotatif (Rotavapor marque BUCHI R-205) à 40°C. Les résidus sont récupérés et conservés à température ambiante.

### 2.1.2. Méthode d'extraction sous reflux

Nous avons utilisé la technique d'extraction sous reflux continue. 10g de poudre ou d'homogénat de *Zingiber officinale* sont mises en contact avec 100mL d'eau distillée. L'opération est répétée trois (03) fois en renouvelant le solvant toutes les 30 minutes. Les trois (03) fractions sont réunies puis filtrées et évaporées à sec.

### 2.1.3. Méthode d'extraction par macération

10 g des matières végétales sous deux formes sont mises en contact avec 100mL d'eau distillée froide. L'ensemble est laissé macérer durant 24 h sous agitation continue. L'opération est répétée 2 fois avec renouvellement du solvant toutes les 24 heures. Les trois fractions sont réunies et filtrées puis évaporées à sec dans une étuve à une température de 45°C. Le produit est récupéré sous forme de solide de couleur marron.

## 2.2. Le rendement des extraits secs

Nous avons déterminé le rendement en extrait sec, en calculant le rapport entre le poids de l'extrait sec (poudre) en gramme, et le poids du matériel végétal utilisé pour l'extraction en gramme ; selon l'équation suivante:

$$\text{Rdt (\%)} = [(P1 - P2) / P3] \times 100$$

**P1** : poids du ballon après évaporation ;

**P2** : poids du ballon vide avant évaporation ;

**P3** : poids de la matière végétale initial.

### 2.3. Evaluation de l'activité antioxydante

#### 2.3.1. Réduction du fer : FRAP (*Ferric reducing antioxidant power*)

##### 2.3.1.1. Principe

Le pouvoir réducteur d'un extrait est associé à son pouvoir antiradicalaire. Cette technique a été développée pour mesurer la capacité des extraits testés à réduire le fer ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ) présent dans le complexe  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  en fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ). En effet le  $\text{Fe}^{3+}$  participe à la formation du radical hydroxyle par la réaction de Fenton. L'absorbance du milieu réactionnel est déterminée à 700 nm (**Oyaizu, 1986**). Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (**Hubert, 2006**).

##### 2.3.1.2. Mise en œuvre pratique

Le protocole expérimental suivi est celui de **Karagözler et al., 2008**.

1mL de l'échantillon à différentes concentrations (0.075, 0.15, 0.31, 0.62, 1.25, 2.5, 5 et 10 mg/mL) dilué dans l'eau distillée est mélangé avec 2.5 mL d'une solution tampon phosphate (0.2M ; pH 6.6) et 2.5 mL d'une solution de ferricyanure de potassium  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  à 1%, puis on incube les tubes à 50°C pendant 20 minutes.

- Après refroidissement des tubes à température ambiante, nous ajoutons 2.5mL d'acide trichloracétique (TCA) à 10% pour stopper la réaction.
- Les tubes sont centrifugés à 3000 tours/min pendant 10 minutes.
- Prélever 2.5mL du surnageant et ajouter 2.5mL d'eau distillée.
- On ajoute au mélange 500 $\mu\text{L}$  d'une solution de chlorure de fer ( $\text{FeCl}_3, 6 \text{H}_2\text{O}$ ) à 0.1% fraîchement préparée. La lecture des absorbances se fait contre un blanc à 700 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

L'acide ascorbique est utilisé comme contrôle positif dans cette expérience dans les mêmes conditions.

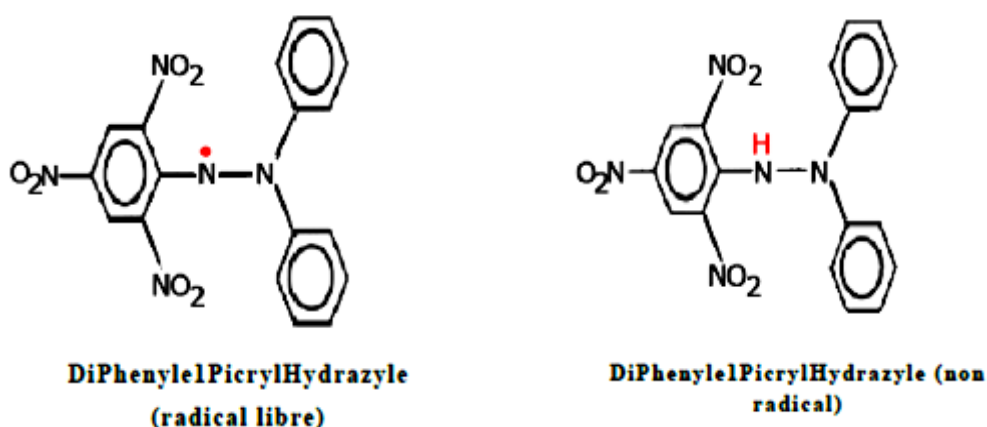
##### 2.3.1.3. Expression des résultats

Pour explorer les résultats obtenus, la manière la plus commune utilisée par la majorité des auteurs est de tracer les graphes des absorbances obtenues en fonctions des différentes concentrations utilisées pour les différents extraits du rhizome de la plante étudiée. L'augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des fractions testées.

### 2.3.2. Test de piégeage du radical libre DPPH. (2,2-diphényl 1-picrylhydrazyl)

#### 2.3.2.1. Principe

Le DPPH (2,2-Diphényl-1-1picrylhydrazyl) est un radical libre stable de couleur violacée qui absorbe à 517nm. En présence de composés antiradicalaires, le radical DPPH<sup>•</sup> est réduit et change de couleur en virant au jaune. Les absorbances mesurées à 517 nm servent à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH., qui est proportionnel au pouvoir antiradicalaire de l'échantillon (**figure N°15**) (**Parejo et al., 2003**).



**Figure N°15 : Forme libre et réduite de DPPH**

(Molyneux, 2004)

#### 2.3.2.2. Mise en œuvre pratique

Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical DPPH. L'effet de chaque extrait sur le DPPH est mesuré par la procédure décrite par **Sanchez-Moreno et al., 1998**.

Un volume de 50 µL de différentes concentrations de chaque extrait est ajouté à 1,95 mL de la solution méthanolique du DPPH (0.00025g/L) fraîchement préparée. En ce qui concerne le contrôle négatif, ce dernier est préparé en parallèle en mélangeant 50 µL du méthanol avec 1,95 mL d'une solution méthanolique de DPPH.

Après incubation à l'obscurité pendant 30 min et à température ambiante la lecture des absorbances est effectuée à 515 nm à l'aide d'un spectrophotomètre, contre un blanc pour chaque concentration qui contient 50 µL de chaque concentration de l'extrait et 1,95 mL du méthanol.

### 2.3.2.3. Expression des résultats

#### □ *Calcul des pourcentages d'inhibitions*

Nous déterminons ainsi les pourcentages d'inhibition grâce à la formule suivante :

$$I\% = [(Ac - At)/Ac] \times 100$$

**Ac** : Absorbance du contrôle

**At** : Absorbance du test effectué

#### □ *Calcul des concentrations 50 " IC50 "*

IC50 (aussi appelée EC50 pour *Efficient concentration 50*), permet de calculer la concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire 50% des radicaux DPPH. Elle est calculée graphiquement par la régression linéaire des graphes tracés, pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations des fractions utilisées en utilisant le logiciel de statistique AAT Bioquest (**Bertoncelj et al., 2007 ; Marxenet al., 2007 ; Scherer et Godoy, 2009 ; Fabri et al., 2009**).



## **RÉSULTATS ET DISCUSSION**



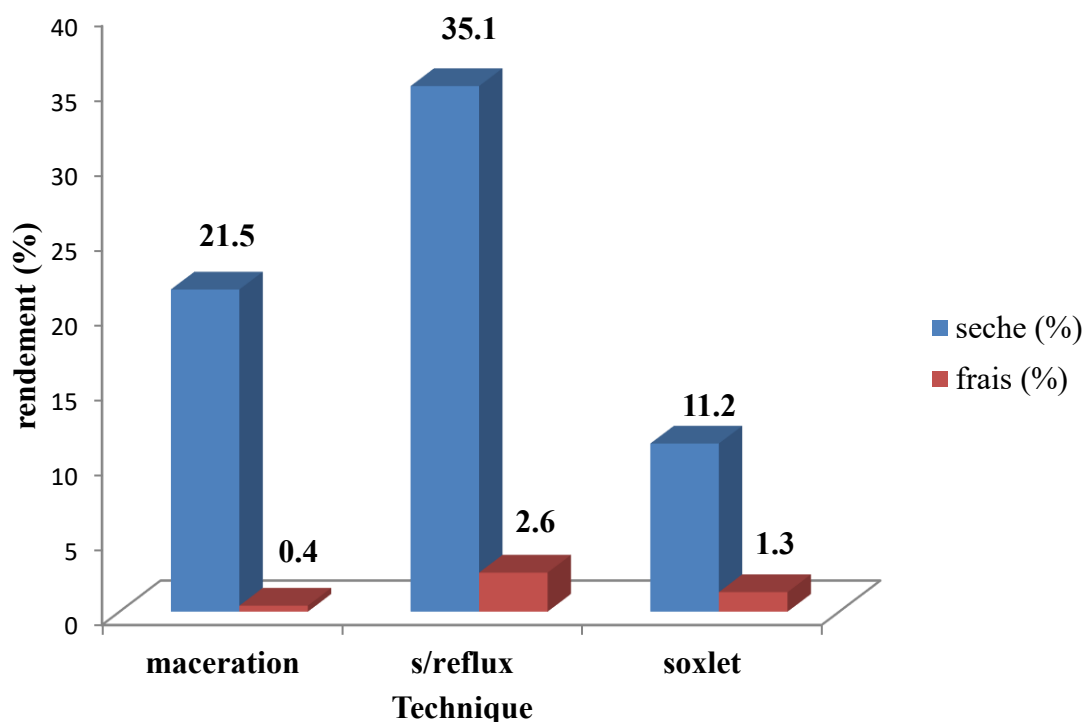
### 1. Introduction

Il existe une tendance croissante à remplacer les antioxydants synthétiques par des antioxydants naturels disponibles à partir des extraits de plantes.

Pour cela, nous avons envisagé de réaliser une étude sur le gingembre en évaluant son activité antioxydante, en utilisant deux méthodes à savoir la technique de DPPH et la technique de FRAP, ainsi que la détermination des rendements de ses extraits.

### 2. Les rendements en extraits

Le gingembre a été soumis à trois types d'extraction par différentes méthodes d'extraction à savoir: par macération, sous reflux et par soxhlet en utilisant les deux formes des racines sèches et fraîches. L'étude quantitative des extraits obtenus nous a permis de calculer le rendement de chacun des extraits préparés. Les résultats obtenus sont illustrés sur **la figure N°16**.



**Figure N°16** : Les rendements des différents extraits de *Zingiber officinale* sous forme sèche et fraîche.

Le **tableau N°02** ci-dessus montre la nature de chaque extrait obtenu par les trois méthodes d'extraction (macération, sous reflux et au soxhlet), à partir des deux formes de la racine. Ces extraits sont caractérisés par des aspects différents. Ces extraits sont caractérisés par des aspects différents variant d'un aspect cristallin de couleur marron pour l'extrait obtenu par macération du gingembre sec à un aspect pâteux de couleur jaune pâle pour l'extraction obtenue par le soxhlet à partir du gingembre frais.

**Tableau N° 02: Aspect et couleur des extraits selon la méthode d'extraction appliquée**

	Gingembre sèche			Gingembre frais		
Extrait de la technique	macération	Sous reflux	Soxhlet	macération	Sous reflux	soxhlet
Aspect	Cristal	cristal	Visqueux	cristal	pâteuse	pâteuse
Couleur	Marron	Marron	Marron Foncé	Jaune Pâle	Jaune Pâle	Jaune Pâle

D'après les résultats obtenus dans **la figure N°16 et le tableau N°02**, nous observons que l'extraction du gingembre à l'état sec par la technique sous reflux représente le rendement le plus élevé avec un pourcentage de 35.1% suivi par l'extrait obtenu par macération avec un pourcentage de 21.5% tandis que le rendement le plus faible a été enregistré pour l'extrait obtenu par une extraction par soxhlet 11.2%. Donc nous pouvons classer les extraits obtenus à partir de la forme sèche du gingembre selon le taux de rendement obtenu dans l'ordre suivant : sous reflux > macération > soxhlet.

Tandis que l'extraction de ces racines à l'état frais par la méthode sous reflux a permis d'obtenir le rendement le plus élevé estimé à 2,6% suivi par l'extrait de la technique de soxhlet avec un taux égale à 1,3%. L'extraction par macération représente le taux le plus faible avec un pourcentage de 0.4%.

Nous pouvons classer ainsi les extraits obtenus de la forme fraîche selon la valeur du rendement dans l'ordre suivant : sous reflux > soxhlet > macération.

Il existe une différence claire et bien remarquable entre le rendement des deux formes sèche et fraîche du gingembre obtenu par les différentes méthodes d'extraction. Cela est dû principalement à la quantité d'eau qui est abondante dans la forme fraîche afin d'assurer une bonne conservation mais cette quantité est quantifiable d'après les chercheurs **khoukhi et**

**benadji en 2013** qui au cours de leur étude sur la teneur en eau chez les végétaux, ont trouvé que ces dernières sont riches en eau et cela concerne en priorité leur forme fraîche.

D'après les résultats obtenus par **Curado et son équipe (2006)**, le rendement du gingembre se diffère d'un extrait à l'autre chez la même plante. Ils ont indiqué que cette différence peut être attribuée à plusieurs facteurs dont essentiellement : l'origine, l'espace, le période de récolte, la durée de séchage, la technique d'extraction appliquée, le contenu de chaque extrait en métabolites, la nature d'échantillon (sèche ou fraîche), la nature du solvant utilisé ainsi que leur volume nécessaire, en plus du temps qui diffère d'une technique d'extraction à une autre.

Les travaux de **Su et ses collaborateurs en 2006**, ont montré aussi qu'il existe une relation importante entre la valeur du rendement et l'origine géographique de la plante, la méthode, ainsi que les conditions dans lesquelles l'extraction a été effectuée.

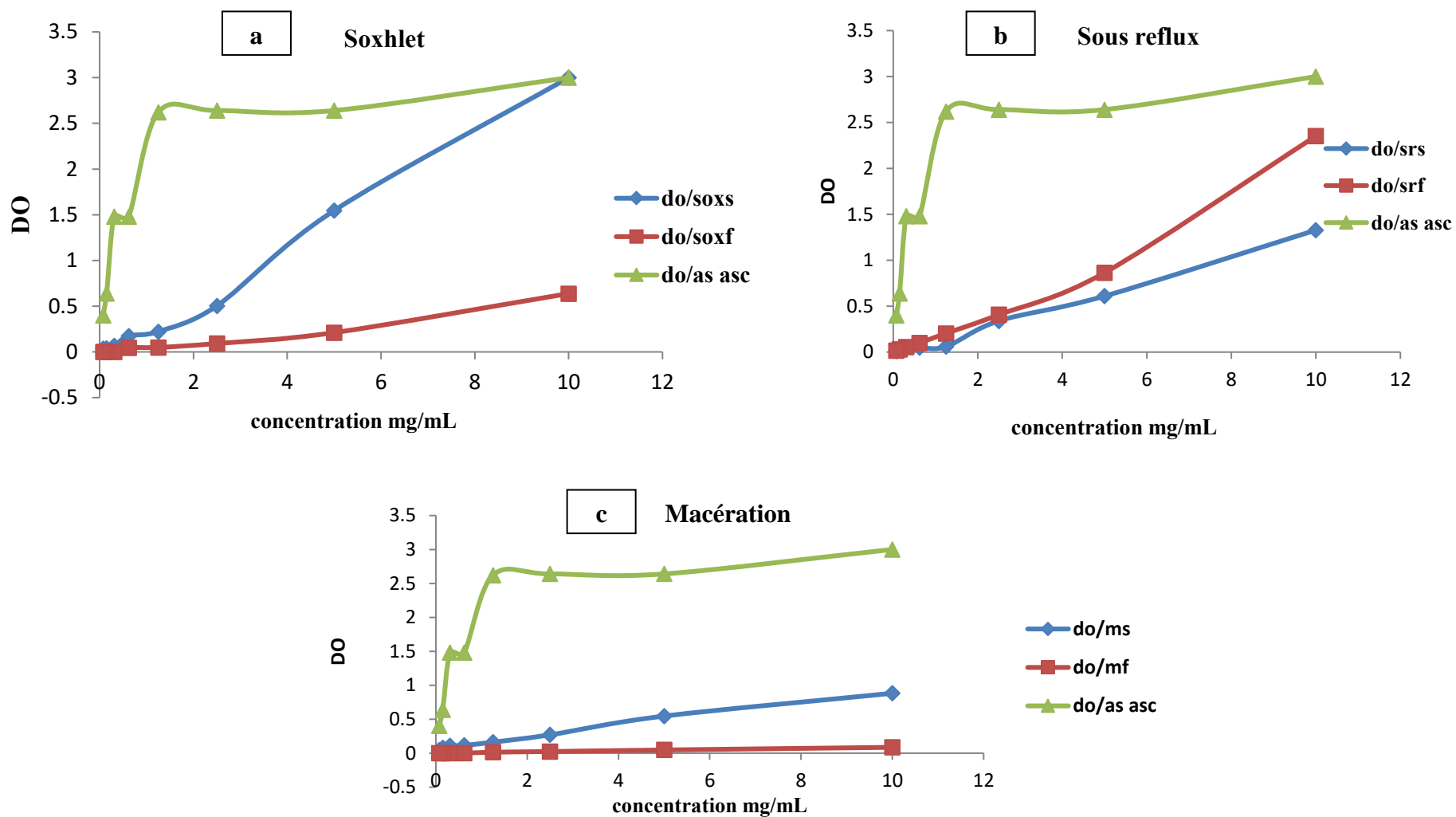
**Benourad en 2018** a cité que la composition chimique est considérée aussi comme un facteur essentiel qui crée cette différence. Elle a constaté que le constituant majeur de ces rhizomes est le gingerol dans le gingembre frais et sa concentration est plus faible dans la forme sèche. Tandis que la concentration de shagaol est élevée dans la forme sèche des rhizomes et diminue dans la forme fraîche. La richesse des extraits du gingembre frais en vitamine C fait aussi la différence puisqu'elle est totalement absente dans la forme sèche des rhizomes.

### 3. Evaluation de l'activité antioxydante

#### 3.1. Réduction du fer : FRAP (*Ferric reducing antioxidant power*) :

C'est une méthode de mesure de la puissance des substances de nos extraits à réduire le fer ferrique  $Fe^{+3}$  en fer ferreux  $Fe^{+2}$  qui est l'un des mécanismes antioxydants. C'est une technique rapide, facile et reproductible. La capacité réductrice d'un composé peut servir comme un indicateur significatif de son activité antioxydante potentielle (**Bentabet et al., 2014**).

Dans notre travail, nous avons évalué par la méthode de FRAP, l'activité antioxydante de différents extraits du gingembre sous ses deux formes. L'acide ascorbique, qui est un puissant antioxydant a été choisi comme témoin. La mesure quantitative des absorbances des extraits a permis de tracer les courbes de DO en fonction des différentes concentrations en extraits. Les résultats expérimentaux sont représentés dans **la figure N°17**.



**Figure N° 17:** Pouvoir antioxydant par la méthode de FRAP des extraits de *Zingiber officinale* issus de différentes techniques extractions.

a- Soxhlet b- Sous reflux c- Macération.

Les résultats obtenus à partir des courbes représentées dans la **figure N°17**, montrent une réduction du  $\text{Fe}^{+3}$  en  $\text{Fe}^{+2}$  qui est proportionnelle avec l'augmentation de la concentration en extraits.

D'après le graphe **de la figure N°17 (a)**, nous remarquons que le pouvoir réducteur des extraits secs et frais obtenus par soxhlet augmente avec l'élévation de la concentration dont la forme sèche représente l'activité la plus importante par rapport à la forme fraîche qui est plus faible et ne dépasse pas une DO de 0.63 à une concentration de 10 mg/mL. Cependant, les deux extraits de la plante présente une aptitude à réduire le fer qui reste inférieur à celle de l'acide ascorbique.

Dans **la figure N°17 (b)**, nous remarquons que les deux formes des extraits de gingembre obtenus par la technique sous reflux représentent une activité de réduction de fer presque identique aux concentrations inférieures à 5 mg/mL. Au delà de cette concentration, l'activité réductrice de la forme fraîche est supérieure à celle de la forme sèche et atteint une valeur maximale de DO égale à 2,35 contre une DO de 1.32 pour les racines sèches.

Cependant, la capacité de réduction du fer de la forme fraîche reste toujours inférieurs par rapport à l'acide ascorbique qui atteint pour une concentration de 10 mg/mL, une DO maximale égale à 3.

Concernant le graphe de **la figure N°17 (c)**, les deux formes d'extraits de gingembre obtenus par la même méthode de macération, présentent une capacité à réduire le fer largement inférieure à celle de l'acide ascorbique. Cependant, le macérât obtenu à partir de la forme sèche présente une activité réductrice de fer qui reste supérieure à celle du macérât dérivé de la forme fraîche et qui atteignent des valeurs maximales de DO égales à 0.882 et 0.086 respectivement à une concentration de 10 mg/mL.

Si on classe les extraits obtenus à partir des rhizomes de *Zingiber officinale* selon la puissance de réduction du fer par rapport à l'acide ascorbique on obtiendra l'ordre suivant : Acide ascorbique > soxhlet/forme sèche > Sous reflux forme sèche > Sous reflux forme fraîche > Macération forme sèche > Soxhlet forme fraîche > Macération fraîche.

A partir de ce classement obtenu, nous pouvons déduire que les extraits du gingembre dérivé de sa forme sèche se caractérisent par une forte activité antioxydante comparée à ceux obtenus à partir de la forme fraîche. Mais, l'activité réductrice de ces extraits reste toujours inférieur à celle de l'acide ascorbique qui est considéré comme un puissant antioxydant.

Les résultats obtenus dans la méthode de FRAP par les équipes de **Siddhuraju et Becker en 2007 et Sharififar et al., en 2008**, montrent que le gingembre possède une puissante activité antioxydante. Cela est justifié par la présence des groupements hydroxyles dans les composés flavonoïques. Ce résultat est en accord avec notre travail dans le quel nous avons trouvé que les extraits de rhizome possèdent une activité de réduction de fer avec une priorité pour la forme sèche. Cette capacité de réduction est probablement due à la présence des groupements réducteurs dans nos échantillons. Les travaux effectués par **Hamasalih et Abdulrahman en 2019** ont confirmé la richesse du rhizome en métabolites secondaires tels que le gingerol, le paradol et le shogunal.

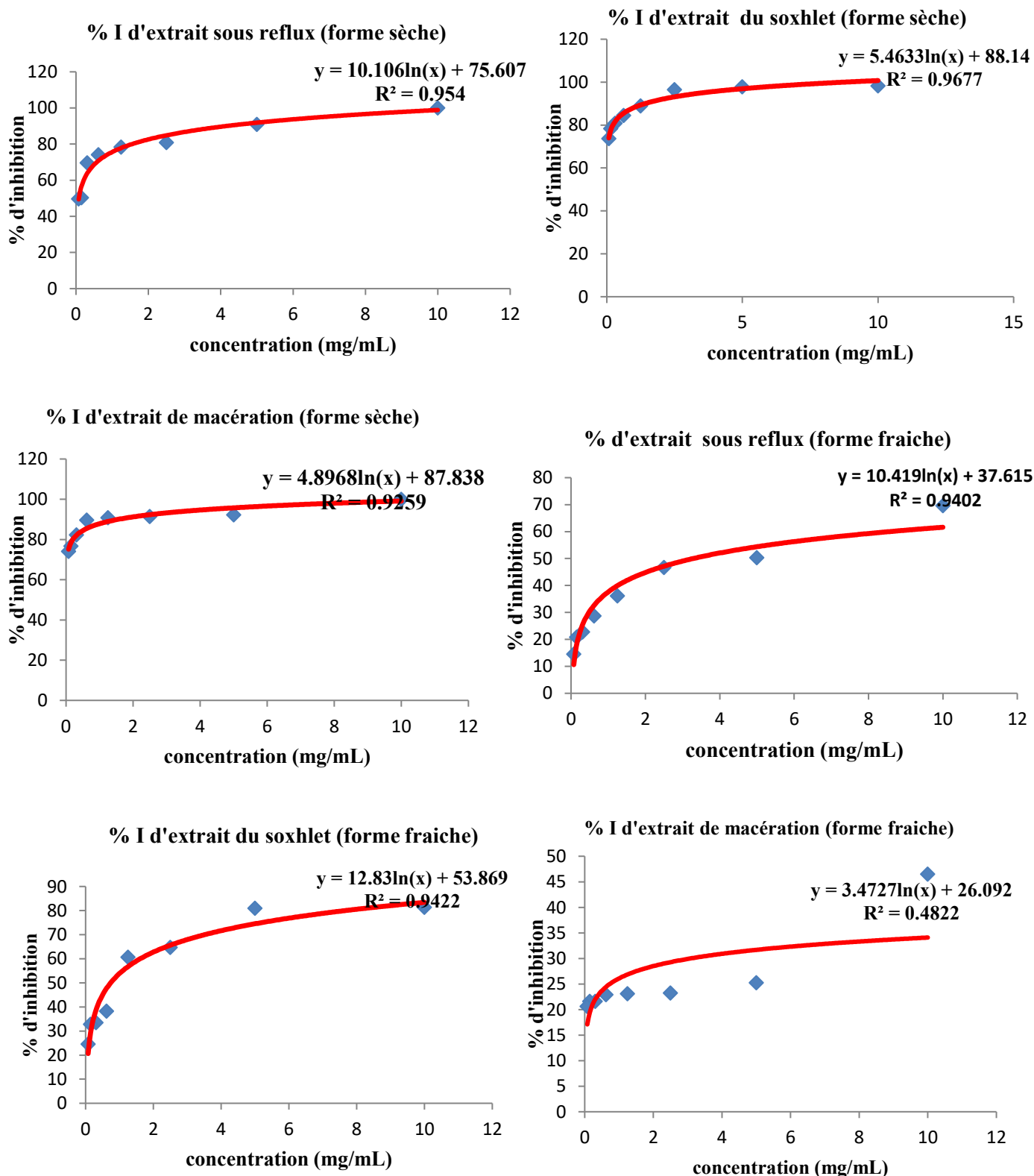
Dans le même cadre de recherche qui s'intéresse au principe de l'activité réductrice du fer par les extraits, **Hamasalih et Abdulrahman en 2019**, ont trouvé que la capacité de réduction de fer des extraits de gingembre est liée à la teneur de la plante en composés phénoliques qui possèdent une relation proportionnelle avec l'activité antioxydante.

Selon **Kalt et ses collaborateurs en 1999** dans leur étude ont démontré que la présence des groupements phénoliques dans la plante médicinale joue un rôle primordiale dans leur capacité antioxydante. Cette efficacité antioxydante du gingembre le classe comme une source importante d'antioxydants additifs et il pourrait être utilisé à des fins thérapeutiques.

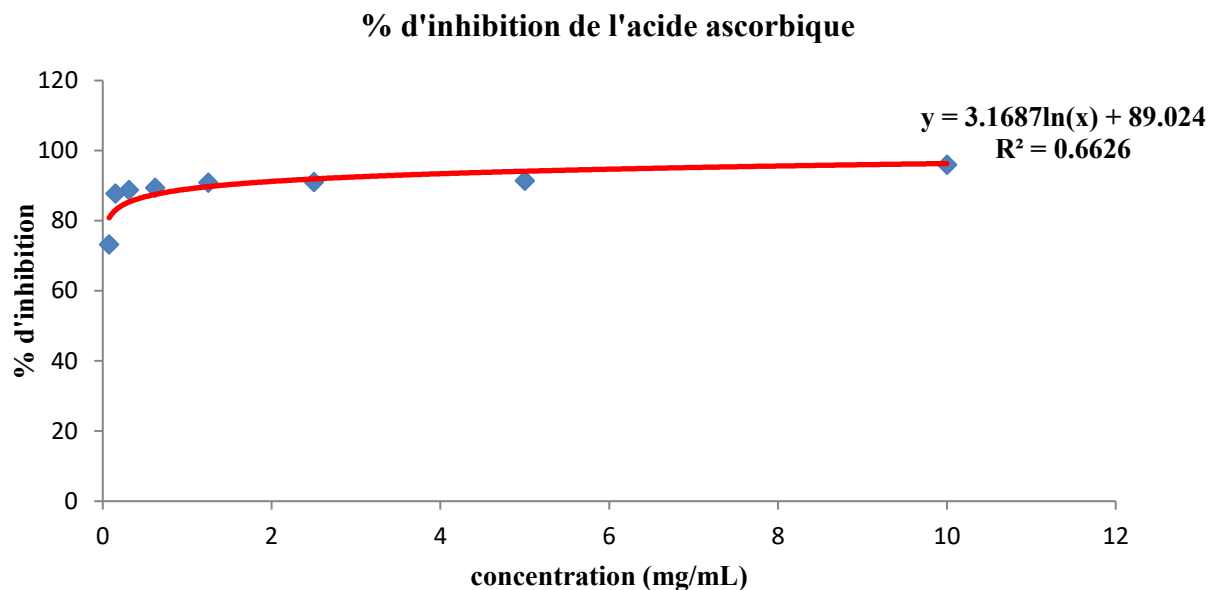
### 3.2. Test de piégeage du radical libre DPPH

Le DPPH (**2,2-diphényl 1-picrylhydrazyl**) est généralement le substrat le plus utilisé pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radical libre et sa simplicité de l'emploi. Il absorbe dans le visible à la longueur d'onde de 517 nm. C'est une méthode qui présente plusieurs avantages du fait qu'elle est simple, rapide et disponible. Du même, l'avantage d'employer ce test est dû à la grande stabilité du radical DPPH et sa forme commerciale et prête à l'emploi (**kholkhal et al., 2013**).

Lors de notre travail, l'évaluation de l'activité antioxydante des rhizomes de *Zingiber officinale*, avec ses deux formes sèche et fraîche, a été réalisée par la technique du piégeage du radical libre DPPH. La mesure de l'absorbance des extraits préparés à différentes concentrations, nous a permis de tracer des courbes et cela après avoir effectué des calculs de pourcentages d'inhibition en utilisant la formule citée dans le protocole. Les courbes présentent la variation des pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des concentrations des extraits obtenus. Les résultats sont résumés dans **la figure N°18**.



**Figure N°18 : Pouvoir antioxydant par la méthode de réduction du radical libre DPPH· des différentes concentrations en extraits de *Zingiber officinale* issus de différentes techniques extractions.**



**Figure N°19 : Pouvoir antioxydant par la méthode de réduction du radical libre DPPH· des différentes concentrations de l'acide ascorbique**

D'après les graphes obtenus dans la **figure N°18**, nous observons que l'extrait obtenu par la technique sous reflux dérivé de la plante sèche représente une activité de piégeage du radical DPPH la plus élevée comparée aux autres extraits testés. Ceci est marqué par un taux de pourcentage d'inhibition très élevé à des concentrations très faibles. Pour les mêmes concentrations utilisées précédemment, l'extrait frais obtenu par la même technique marque un pourcentage d'inhibition du radical libre très inférieure à celui de la forme sèche et qui atteint une valeur maximale de l'ordre de 70% à une concentration de 10 mg/mL.

En deuxième ordre, nous remarquons que le macérât de la forme sèche des rhizomes possède un pourcentage d'inhibition estimé à 80% pour la même concentration de 10 mg/mL. Contrairement à l'état sec, le macérât frais représente un % d'inhibition maximale égale à 45% à la concentration de 10mg/mL. Cet extrait est considéré comme celui présentant la plus faible activité d'inhibition des radicaux libres DPPH· comparée aux autres extraits.

Concernant les extraits obtenus par la technique utilisant le soxhlet, ils présentent une activité très importante dans les deux formes testées. Ceci est montré par une phase stationnaire des courbes qui représente une réduction presque totale du radical DPPH· en sa forme non radicalaire dès une concentration de 2,5 mg/mL.

En se basant sur les résultats trouvés dans **la figure N°18**, nous déduisons que tout les extraits du gingembre quelque soit leurs formes sèche ou fraîche obtenus par les trois techniques



d'extractions, présentent une activité de piégeage de radical DPPH. Cette dernière augmente avec l'élévation des concentrations. Cette activité reste inférieure à celle de l'acide ascorbique représentée dans **Figure N°19**. Cet effet antioxydant varie de la forme sèche à la forme fraîche d'où il est plus faible.

Nos résultats montrent que le pouvoir antiradicalaire est influencé par la technique d'extraction. Si nous classons nos extraits selon l'action du piégeage du radical DPPH, nous obtiendrons l'ordre suivant pour les deux formes du gingembre : Macération sèche > Soxhlet sèche > Soxhlet frais > Sous-reflux sèche > Sous-reflux frais > Macération frais.

L'étude de **Schaich et ses collaborateurs en 2015** sur l'activité antioxydante des extraits de gingembre a montré que la réaction DPPH est sensible à son environnement réactionnel, à savoir aux solvants, au pH, à l'oxygène et à l'exposition à la lumière.

Au début de la réalisation de notre expérience, le DPPH est sous sa forme radicalaire présentant une intense coloration violette. Après l'ajout de nos extraits issus du gingembre, la couleur du mélange va changer du violet au jaune. Nous déduisons ainsi la capacité des extraits à piéger les radicaux libres. Nos résultats obtenus rejoignent ceux trouvés par **Masuda et al., (1999)** qui ont affirmé que la disparition de la couleur du DPPH ou sa décoloration est le résultat du contact de ce dernier avec les extraits du gingembre. Nous pouvons déduire ainsi que nos extraits sont des capteurs de radicaux donneurs de protons. Ce résultat met en évidence le pouvoir antiradicalaire de nos échantillons et démontre que le gingembre est un excellent antiradicalaire naturel.

Nos résultats sont en accord aussi avec ceux de **Stoilova et al., en 2007** qui ont montré que l'évaluation des extraits isolés du gingembre présentent une forte capacité de capture des radicaux libres. Cela est dû principalement à la présence de substances bioactives naturelles représentées par les groupements phénoliques.

Les équipes de **Ghasemzadeh en 2010** et **Maizura en 2011** dans leurs études sur le gingembre ont lié le pouvoir antiradicalaire au teneur en polyphénols et en flavonoïdes qui ont pour rôle de réduire et de décolorer le DPPH. Cette capacité de neutralisation des radicaux libres est attribuée principalement à la présence des groupements OH.

Les mêmes résultats ont été trouvés par **Sokol et Ossmianki (2007)** qui ont montré dans leurs études que les composés phénoliques semblent être de bons candidats pour l'activité

antioxydante, en raison de l'existence de nombreux groupements hydroxyles ayant la capacité de réagir avec les radicaux libres.

➤ *Calcul des concentrations 50 " IC50"*

L'activité antiradicalaire des différents extraits du gingembre est déterminée à partir des IC50, qui correspondent à la concentration en extrait nécessaire pour réduire 50% du radical DPPH (**Bentabet et al., en 2014**).

Le test DPPH nous aide à déterminer graphiquement la concentration correspondante à 50% d'inhibition (IC50) de chaque extrait et dont les valeurs sont regroupées dans **le tableau N°03**.

**Tableau N°03: Valeurs des IC<sub>50</sub> trouvées pour les extraits de *Zingiber officinale* et de l'acide ascorbique.**

Extrait	IC 50 (mg/mL)
Macération des racines sèches	0.000441
Macération des racines fraîches	9.87
Sous-reflux des racines sèches	1.6491
Sous-reflux des racines fraîches	3.2251
Soxhlet des racines sèches	0.000929
Soxhlet des racines fraîches	0.74
Acide ascorbique	0.1446

D'après les résultats d'IC50 enregistrées dans **le tableau ci-dessus**, nous observons que les valeurs de tous les extraits présentent une variation claire, ce qui conduit à dire que chacun d'eux possède une activité antioxydante bien déterminée.

Les extraits issus de la macération sèche (IC<sub>50</sub>=  $4.41 \times 10^{-4}$  mg/mL) et du soxhlet de la forme sèche (IC<sub>50</sub>= $9.29 \times 10^{-4}$  mg/mL ) ont respectivement une capacité d'élimination des radicaux libres supérieur à celle de l'acide ascorbique (antioxydant de référence) qui possède un IC50 égale à  $1.45 \times 10^{-1}$  mg/mL. Tandis que la plus faible activité a été enregistrée dans l'extrait issu de la macération fraîche dont l'IC50 est estimé à 9.87 mg/mL.

## Résultats et discussion

---

En comparant les différents extraits préparés, nous remarquons que l'activité des rhizomes secs est mieux que celle des racines fraîches sauf qu'on a enregistré une exception pour l'extrait frais issu de la méthode du Soxhlet qui possède une valeur d'IC<sub>50</sub> de l'ordre de 0.74 mg/mL.

L'expérience réalisée par **Meghessi et Dali en 2018**, a montré que la différence des valeurs d'IC<sub>50</sub> entre les extraits est due aux multiples facteurs tels que la diversité géographique, les méthodes d'extractions appliquées, et l'état des rhizomes secs ou frais.

En plus de ces facteurs qui sont responsables de la distinction entre les capacités antioxydantes, il peut y avoir d'autres éléments qui sont pris en considération, représentés majoritairement par les composés phénoliques dont **Mariod et al., (2009)** ont prouvé que l'activité antiradicalaire est corrélée avec le taux des polyphénols et des flavonoïdes présents dans les extraits des plantes médicinales.



**CONCLUSION ET  
PERSPECTIVES**

Les plantes médicinales font l'objet de nombreux travaux vu leur importance comme étant une source fiable de principes actifs connus par leur potentialité biologique. Du fait de leur forte capacité à guérir certaines pathologies, notre travail a visé à étudier l'effet antioxydant des extraits du gingembre à l'état sec et frais, en utilisant trois techniques d'extraction différentes à savoir une macération, le sous reflux et le soxhlet, à partir des rhizomes d'origine Chinoise.

D'une manière générale, nous avons remarqué que le rendement de l'extraction change selon la technique d'extraction appliquée et selon la nature de l'échantillon soit sèche ou fraîche. Les résultats du rendement des extraits issus des trois méthodes d'extraction montrent que le rendement le plus élevé est enregistré par la technique d'extraction sous reflux 35,1% pour l'échantillon dérivé de la forme sèche.

La différence en rendement entre les extraits peut s'expliquer par plusieurs paramètres tel que : la composition en eau et en métabolites secondaires, le solvant utilisé et le temps d'extraction.

L'évaluation de l'activité antioxydante du *Zingiber officinale* a été déterminée par deux techniques de références : la capacité de piéger le radical libre DPPH qui a démontré un pouvoir anti radicalaire plus important dans la forme sèche par rapport à la forme fraîche, ainsi que le test FRAP qui permet la réduction de  $Fe^{3+}$  en  $Fe^{2+}$  et dont l'extrait de gingembre sec obtenu par soxhlet a présenté la meilleure activité antioxydante.

En guise de conclusion et en fonction des résultats enregistrés durant notre étude, il serait intéressant d'ouvrir la voie à des futures recherches afin de développer des approches appropriées dans le but d'une éventuelle application du gingembre en multiples secteurs.

Cette étude mérite donc d'être poursuivie pour mieux cerner les bienfaits du gingembre d'où nous souhaitons que la consommation ainsi que la commercialisation des préparations à base des plantes dites médicinales deviennent une culture de vie.

Néanmoins, cette étude reste préliminaire et peu indicative. Pour cette raison, il reste impératif de l'approfondir par des études complémentaires, tel qu' :

- ✓ une étude phytochimique qualitative et quantitative des différents extraits du rhizome ;
- ✓ une détermination de la composition chimique exacte de chaque extrait par la technique chromatographique liquide de haute performance (HPLC).
- ✓ un élargissement du spectre des activités biologiques étudiées ;
- ✓ une étude des mécanismes moléculaires intervenant dans les effets antioxydants observés ;
- ✓ une amélioration des conditions de manipulation ;



**RÉFÉRENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**

## A

-**Andyopadhyay D, Chattopadhyay A, Ghosh G, Datta AG (2004)**. Oxidative stress-induced ischemic heart disease: protection by antioxidants. *Curr Med Chem*, **11**, 369-387. Doi : 10.2174/0929867043456016.

-**Anne. P (2018)**. Médecine par les plantes: des traitements à manier avec prudence.

-**Antwerpen P. V. (2006)**. Contribution à l'étude du pouvoir antioxydant de divers agents d'intérêt thérapeutique: Ciblage du système myclopéroxydase / Peroxyole d'hydrogène / Chlorure. Thèse de Doctorat en Science Pharmaceutiques Bruxelles.

-**Azam R, Jabeen A, Alam T, Mushtaq S, Mohmad SH. (2014)**. Zanjabil (*Zingiber officinalis*): A Review. *J. Pharm. Sci.Innov.*, 3(4): 278-282. Doi:10.7897/2277-4572.034156.

-**Azzi A. (2007)**. Molecular mechanism of alphas-tocopherol action. *Free Radic Biol Med*: 43: 16-21. Doi: [10.1016/j.freeradbiomed.2007.03.013](https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2007.03.013).

## B

-**Bartley J, Jacobs, A (2000)**. Effect of drying on flavor compounds in Australian grown ginger (*Zingiber officinale*). *J Sci Food Agric* 80: 209–215.

-**Ben Aissa. F, Fennira. F (2019)**. Biochemical evaluation and exploration of the antioxidant, antibacterial and anticancer potential of ginger officinale *Journal of new sciences*, Volume:54(1),3561-3568.Repéré,à <https://www.researchgate.net/publication/336719654>.

-**Benjamin. L (2018)**. Les contre-indications du gingembre. Une description des différentes précautions à prendre avant de consommer du gingembre.

-**Benourad. D. (2018)**. Influence de différentes méthodes d'extraction sur le rendement, la composition chimique et l'activité antioxydante des extraits de *zingiber officinale* (Formes fraîche & sèche). Mémoire de fin d'études. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.

-**Ben Moussa. (2007)**. Phytothérapie. Département de pharmacie Batna Laboratoire de pharmacognosie (3ème année).

-**Bentabet,N.Boucherit-Otmani,K.Boucherit.(2014)**.Composition chimique et activité antioxydante d'extraits organiques des racines de *Fredolia aretioides* de la région de Béchar en Algérie. *Phytothérapie* © Springer-Verlag France. Doi: 10.1007/s10298-014-0834-x.

-**Bertoncelj J., Dobersek U., Jamnik M. et Golob T. (2007)**. Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*, 105 : 822-828.

-**Bézanger-B.L, Pinkas. M, Torck. M. (1986)**. Les plantes dans la thérapeutique moderne, 2ème édition révisée.

-**Birlouez E., (2012)**, La quête des épices, moteur de l’histoire, *Phytothérapie*, 10,74–79.

-**Bonnefont. R. D, Théron. P, Delattre. J. (2003)**. Radicaux libres et antioxydants. *Biochimie pathologique*. Mémoire de fin d’études Flammarion, Paris.

-**Bourgou .S, Serairi-Bejir. R, Medini. F, Ksouri. R. (2016)**. Effet du solvant et de la méthode d’extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes d’*Euphorbia helioscopia*. Volume 28(12).

-**Boveris. A, Chance. B. (1973)**. The mitochondrial generation of hydrogen peroxide. General properties and effect of hyperbaric oxygen. *Biochemist*.134, 707-716. Doi :[10.1042/bj1340707](https://doi.org/10.1042/bj1340707).

-**Brigelius-Flohe. R. (2009)**. Vitamin E: the shrew waiting to be tamed. *Free Radical Biol Med*; 46: 543-54. Doi: [10.1016/j.freeradbiomed.2008.12.007](https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2008.12.007).

-**Bruneton. J. (1995)**. Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales; Editions : Technique & Documentation, Paris, p 1120.

-**Belkhiri. F et Baghiani.A. (2017)**. Plantes médicinales activité antioxydantes et antibactériennes. Etude de cas : *Tamus communis* et *Carthamus caecarulus*. Sétif, Algérie. Edition universitaire européennes.

## C

-**Chen. D, Daniel. KG, Kuhn. DJ, Kazi. A, (2004)**. Green tea and tea polyphenols in cancer prevention. *Front Biosci* 9: 2618-31. Doi : [10.2741/1421](https://doi.org/10.2741/1421).

-**Chira .K, J.-H. Suh, C. Saucier, P.-L. Teissedre . (2008)**. Phytothérapie Phytonutrition fondamentale. Les polyphénols du raisin. 6: 75–82. Doi : [10.1007/s10298-008-0293-3](https://doi.org/10.1007/s10298-008-0293-3).

-**Couillet. (2013)**. La plantation de gingembre.

-**Curado. M. A (2006)**. Environmental factors influence on chemical polymorphism of the essential oils of *Lychnophora ericoides*. *Phytotherapy*, 67: 2363-2369. Doi : [10.1016/j.phytochem.2006.08.002](https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.08.002).



## D

**-Delattre. J, Beaudeau. J. L, Bonnefont. D. et Rousselot. (2005).** Radicaux libres et stress oxydant. Aspects biologiques et pathologiques, 87-108 p.

**-Donatien. K. S. (2018).** Enquête ethnobotanique de six plantes médicinales maliennes: extraction, identification des alcaloïdes -caractérisation, quantification de polyphénols : étude de leur activité antioxydante.

**-Dorta, D.J. Curti, C. & Rodrigues, T. (2006).** Effects of flavonoids on mitochondria: An overview on pharmacological and toxicological aspects. In Moreno, A. Oliveira, P. & Palmeira, C. Eds: Mitochondrial Pharmacology and Toxicology, pp. 147-161, ISBN Transworld Research Network, Kerala, India.

## F

**-Fabri R.L., Nogueira M.S., Braga F.G., Coimbra E.S. et Scio E. (2009).** *Mitracapus frigidus* aerial parts exhibited potent antimicrobial, antileishmanial, and antioxidant effects. *Bioresource Technology*, 100: 428-433.

**-Faivre. R. Lejeune, Staub. H. (2006).** Phytothérapie *Zingiber officinale* Roscoe CI 2:99-102\_9. Doi : 10.1007/s10298-006-0162x.

**-Finaud. J, Lac. G, Filaire. E. (2006) .** Oxidative Stress, Relationship with Exercise and Training. *Sports med*, 36(4): 327-358 p. Doi: [10.2165/00007256-200636040-00004](https://doi.org/10.2165/00007256-200636040-00004).

**-Francis G, Kerem Z, Makkar HPS et al. (2002).** The biological action of saponins in animal systems: a review. *Br J Nutr* 88:587–605. Doi: [10.1079/BJN2002725](https://doi.org/10.1079/BJN2002725).

**-Frankel. EN, Kanner. J, German. JB, (1993).** Inhibition of *in vitro* Oxidation of human low-density lipoprotein with phenol substances in red wine. *Lancet* 341: 454-7.

## G

**-Gigon. (2012).** Article original .Phytothérapie clinique .Le gingembre, une épice contre la nausée. 10:87–91p.

**-Goto. M, Ueda. K, Hashimoto. T, Fujiwara. S, Matsuyama. K, Kometani. T, Kanazaw. K. (2008).** A formation mechanism for 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine mediated by peroxidized 2'-déoxythymidine. *Free Radical Biology and Medicine*, 45: 1318-1325 p.

## H

-**Hagerman. A, Muller-Harvey. E, Makkar. I.(2000).** Quantification of tannins in tree foliage. Jint FAO/IAEA. Division of Nuclear techniques in Food and Agriculture. Vienna, 26p.

-**Halliwell B., J. M. C. Gutteridge. (2008).** Free Radicals in Biology and Medicine. Citer dans la Thèse de Doctorat (2015): Implication du stress oxydant dans plusieurs affections du cheval athlète. Oxford University. Press: revue bibliographique , Fourth Edition. 44-61 p.

-**Hamasalih. R. M, Abdulrahman. Z. F. (2019).** Antibiofilm Potency of Ginger (*Zingiber Officinale*) and quercetin against Staphylococcus aureus isolated from Urinary Tract Catheterized Patients. Department of Biology, Salahaddin-University-Erbil, Erbil, Iraq. 18(1):219-236. DOI: [http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1801\\_219236](http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1801_219236).

-**Hervé. N, Mahama.O et Mahamadou. S. (2015).** Caractérisation du système de production du gingembre (*Zingiber officinale Rose*) au Burkina Faso : Potentialités, contraintes et perspectives Journal of Biological and Chemical Sciences Int. J. Biol. Chem. Sci. 9(2): 861-873. Repéré à <http://ajol.info/index.php/ijbcs>.

-**Huang.T.T .(2001).**Genetic modification of prenatal lethality and dilated cardiomyopathy in Mn superoxide dismutase mutant mice. Free Radic. Biol. Med 31: 1101-1110 p. Doi: 10.1016/s0891-5849(01)00694-3.

- **Hubert A.J., (2006).** Caractérisation biochimique et propriétés biologiques des micronutriments du germe de Soja. Etude des voies de sa valorisation en nutrition et santé humaine. Thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de Toulouse, école doctoral des sciences écologiques, vétérinaires, agronomiques et bioingénieries, spécialité : qualité et sécurité des aliments, p 174.

## I

-**ISANH. (2006).** Third international Conference on Polyphenols Applications. The International Society for Antioxidants in Nutrition and Health.

-**Irma. P, Agnieszka. G, Danuta. S. (2010).** Phytochem Rev Saponins as cytotoxic agents: a 9:425–474. Doi: 10.1007/s11101-010-9183-z.

## J

**-Jatoi. SA, Kikuchi. A, Mimura. M, Yi. SS, Watanabe. N. (2008).** Relationship of *Zingiber* species and genetic variability assessment in ginger (*Zingiber officinale*) accessions from ex-situ genebank, onfarm and rural markets. *Breed. Sci.*, 58:261-270. Doi: 10.1270/jsbbs.58.261.

**-Jean-François. L. (2011).** Vitamine E et physiologie du tissu adipeux ; 18(2) : 83-87. Doi : 10.1684/ocl.2011.0370.

**-Jensen. SK, Lauridsen. C. (2007).** Alpha-tocopherol jstereoisomers. *Vitam Horm*: 76: 281- 308. Doi: 10.1016/s0083-6729(07)76010-7.

**-Jesus. C. (2014).** Mis à jour le 24 juillet 2019: Directeur médical de Doctissimo, Révision médicale.

## K

**-Kalt. W, Forney. C. F, Martin. A, et Prior. R. L. (1999).**Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47, 4638–4644. Doi: 10.1021/jf990266t.

**- Karagözler A., Erdag C.S. et Çalmaz Emek Y. (2008).** Antioxydant activity and proline content of leaf extracts from *Dorystoechas hastate*. *Food Chemistry*, 111 : 400-407.

**-Kholkhal.F, Lazouni.H.A, Bendahou.M, Boublenza.I, Sari.D.C, Chaouch.T. (2013).** étude phytocimique et évaluation de l'activité anti-oxydante de *Thymus cilliatus* ssp. *Coloratus*. Université de Tlemcen, Algérie). *Afrique* : 09(1), 151 – 158. Repéré à : <http://www.afriquescience.info>.

**-Khoukhi. N et Buenadji. H. (2013).** « L'extraction et la caractérisation de l'huile essentiel de THYM (*Thymus Vulgaris*) de Miliana et l'etude de l'activité antibactérienne », these de Master ; Université de Khemis Miliana. -Kress WJ, Prince LM, Williams KJ. (2002). The phylogeny and a new classification of the gingers (*Zingiberaceae*): evidence from molecular data. *Americ. J. Bot.* 89: 1682-1696..

## L

**-Lahsissene.H, Kahouadji.A, Tijane.M, et Hseini.S. (2009).** Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de zaër (Maroc occidental). Les éditions de lejeunia 0457-4184.

**-Laughton. MJ, Evans. PJ, Moroney. MA, (1991).** Inhibition of Mammalian 5-lipoxygenase and cyclo-oxygenase by flavonoids and phenolic dietary additives. Relationship to antioxidant activity and to iron ion-reducing ability. *Biochem Pharmacol.* 42(9): 1673-81. doi: 10.1016/0006-2952(91)90501-u.

**-Lehucher-Michel. M P, Lesgards. JF, Delubac. O, Stocker. P, Durand. P, Prost. M. (2001).** Stress oxydant et pathologies humaines. *Press Med,* 30, 1076-1081.

**-Linnaeus. C. (1753).** *Espèce plantarum exhibentes plantas rite cognitatas ad genera relatas cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis naturales, secundum systema sexuale digestas.* Holmiae [Stockholm], Laurent Salvius, 1753, 2 vol. [réimp: *Espèce Plantarum. Un fac-similé de la première édition 1753, Ray Society, Londres 1957, 2 vol.*].

**-Lucienne-Bézanger. B. (2014).** Les alcaloïdes dans les plantes, *Bulletin de la Société Botanique de France,* 105:5-6, 266-291. DOI: 10.1080/00378941.1958.10837879.

## M

**- MANANDHAR N.P., (1995).** Substitute spice in Nepal. *Journal of Herbs. Spices and Medicinal Plants.* 3; 7-77.

**-Marxen K., Vanselow K.H, Lippermeir S., Hintze R., Ruser A., Hansen U.P., (2007).** Determination of DPPH radical oxidation caused by methanolic extracts of some microalgal Species by Linear regression analysis of spectrophotometric measurements. *Sensors,* 7 : 2080-2095.

**-Mates/. J.M. et Sanchez-Jimenez. F.M. (2000).** Role of reactive oxygen species in apoptosis: implications for cancer therapy. *Int J Biochem Cell Biol* 32: 157-170. Doi:10.1016/s1357-2725(99)00088-6.

**-Matsuda. T, Tanaka. H, Shimazaki. S. (1992).** High dose vitamin C therapy for extensive deep dermal burns. *Burn,* 18(2), 127-131. Doi: 10.1016/0305-4179(92)90009-j.

-**Marc. N, Maudet. M. (2000).** Caroténoïdes et vitamine A. Actualités Carotenoids and vitamin A. Latest data Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Les vitamines liposolubles : Numéro 3, 266-70. Doi:10.1051/ocl.2000.0266.

-**Mariod. A.A, Ibrahim. R.M, Ismail. M, et Ismail. N. (2009).** Antioxidant activity and phenolic content of phenolic rich fractions obtained from black cumin (*Nigella sativa*) seedcake. Food Chemistry, 116: 306-312. Doi:10.1016/j.foodchem.2009.02.051.

-**Max. W, Rober. A. (1999).** Plantes thérapeutiques tradition, pratique officinale, science et thérapeutique Technique et documentation.

-**Med, Sies. H. (1991).** Oxidative stress: from basic research to clinical application, 91, 31S-38S. Doi:10.1016/0002-9343(91)90281-2.

-**Meghezzi. S et Dali. M. (2018).** Etude in vitro de l'activité antioxydante de *gingembre* « *Zingiber officinale* » mémoire de fin d'études Université des Frères Mentouri Constantine.

-**Mosango M., Szafranski F (1985).** Plantes sauvages à fruits comestibles dans les environs de Kisangani (Zaïre). In: Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée. 32 pp. 177-190. Doi : <https://doi.org/10.3406/jatba.1985.3935>.

## N

-**Niki. L, Reynaert. S. W, Aesif. T. M, Amy. B., Emiel. F. M, Wouters. C. G, Irvin, Yvonne. M. W, et Janssen. H. (2007).** Catalase over expression fails to attenuate allergic airways disease in the mouse. The journal of Immunology, 178, 3814 – 3821.

## O

-**Orgogozo. J.M, Dartigues. J.F, Lafont. S, (1997).** Wine consumption and dementia in the elderly: a prospective community study in the Bordeaux area. Rev Neurol (Paris) 153(3): 185-92.

- **Oyaizu M. (1986).** Studies on products of browning reaction prepared from glucose amine. *Japanese Journal of nutrition*, 44 : 307-315.

## P

**-Panpatil. V.V, Tattari. S, Kota. N, Nimgulkar. C, Polasa. K. (2013).** In vitro evaluation on antioxidant and antimicrobial activity of spice extracts of ginger, turmeric and garlic. *J Pharm Phytochem* 3:143-148.

**-Parthasarathy. V.A, Srinivasan. V, Nair. R.R, John. Z.T, Kumar. A, Prasath D. (2012).** Ginger: Botany and Horticulture. Indian Institute of Spices Research Indian Council of Agricultural Research: Kerala, India.

**-Paul. I. (2001).** Larousse des plantes médicinales identification, préparation, soin, paris, Edition larousse imprimes.

**- Penchev Petko Ivanov, (2010).** .Etude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions, P129.

**- Parejo I., Viladomat F. et Bastida J . (2003).** Investigation of bolivian plant extracts for their radical scavenging activity and antioxidant activity. *Life Sci*, 73 :1667-81. *pharmacologyonline* 2:1243–9.

**-Perrot. E, Paris. R. (1974).** Les plantes médicinales Presses universitaires de France, Nouvelle édition, tomes 1 et 2, Ed.

**-Philippe. B, Banga. B. GUESSAN. N, Adou. F, Yapo, Jean. D N. et Allico. J. (2011).** L'activité antioxydantes de dix plantes médicinales de la pharmacopée ivoirienne. Article original , sciences & Nature. Vol.8 N : 1 :1-11.

**-Pincemail. J, Meurisse. M, Limet. R, et Defraigne J. (1999).**"Espèces oxygénées activées, antioxydants et cancer." *Medi-Sphere*, 97, 29-33.

**-Powers. S. K, Jackson. M. J. (2008).** Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiological Reviews*, 88(4): 1243-1276 p.

## Q

**-Quezel. P, Santa. S. (1963).** Nouvelle flore de l'Algerie et des régions désertiques et Méridionales, Tome II. Edition CNRS, Paris, France.

## R

**-Rao. A.V, Gurfinkel. D.M. (2000).** The bioactivity of saponins:triterpenoid and steroid glycosides. *Drug Metab Drug Interact.* 17:211–235. doi:10.1515/dmdi.2000.17.1-4.211.

**-Rebbas. K, R. Bounar. R. Gharzouli. M. Ramdani. Y. Djellouli. D. (2012).** *Alatou Phytothérapie* 10:131–142.

**-Riaz. H, Begum. A, Rasa. S. A, Khan. Z. M, Yousaf .H, Tariq. A. (2015).** Antimicrobial property and phytochemical study of ginger foun in local area of Punjab. Pakistan. *International current. Pharmaceutical Journal.* 4 :405-409. Doi : <https://doi.org/10.3329/icpj.v4i7.23591>.

## S

**-Saiah. W. (2018).** Effet du traitement par le gingembre sur la vascularisation Gastro-intestinale au cours du syndrome dyspeptique chez le RAT WISTAR. Thèse de Doctorat. Université des sciences et de la technologie HOUARI-BOUMEDIENE.

**- Sanchez-Moreno C., Larrauri J.A., Saura-Calixto F., (1998)** *Sci Food. Agr.* 76 : 270.

**- Schaich. K.M, Tian. X, Xie. J. (2015).** *Funct Foods.* 14: 111—125 (Narayanasamy sabari arul, 2019 two Dimentional Transition MetalIndichalcogenides Seoul,Korea(Republic of). Vellalalayam DEvaraj Nithya Editors.

**-Scherer R., Goboy H.T. (2009).** Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chemistry,* 112 :654-658.

**-Sereme. A, Millogo. R. J, Guinko. S, Nacro. M. (2008).** Propriétés Thérapeutiques des plantes à Tanins du Burkina-Faso. *Pharmacopée et Médecine traditionnelle Africaines.* 15 : 41 – 49.

**-Sergio. A. R , Paiva. M. D, et Robert M, Russell. M. D. (1999).**  $\beta$ -carotène et autres caroténoïdes comme Antioxydants. *Journal de l'American Collège of Nutrition.* Volume 18, Pages 426-433. Repéré à <https://doi.org/10.1080/07315724.1999.10718880>.

**-Shariffar. F, Nudeh-Dehghn.G, Mirtajaldini. M. (2009).** Major flavonoids with antioxidant activity from *Teucrium polium* L. *Food chemistry,* 112:885-888. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.064>.

**-Shirin Adel P. R. et Jamuna Prakash. (2010).** Chemical composition and antioxidant properties of ginger root (*Zingiber officinale*). *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 4(24), pp. 2674-2679, Doi: 10.5897/JMPR09.464.

**-Siddhuraju. P et Becker. K. (2007).** The antioxydant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) seed extracts. *Food Chemistry*, 101: 10-19. Doi:10.1016/j.foodchem.2006.004.

**-Siddiqui. M. H, Mohamed Al-Whaibi. H, Mohammed Basalah. O. (2010).** Role of nitric oxide in tolerance of plants to abiotic stress. *Protoplasma*. 248(3):447-55. Doi: 10.1007/s00709-010-0206-9.

**-Silvia. M, Dominika. N, Michal. K. (2015).** Antioxidant activity of ginger extract and identification of its active components. Department of Nutrition and Food Assessment, Faculty of Chemical and Food Technology, Radlinského. 9, 812, 37. Bratislava, Slovakia. Vol. 8, No. 2, pp. 115—119. DOI: 10.1515/acs-2015-0020.

**-Soong. Y, Rong. J. L, Yu. T.Y, Jun. Y. L, Chung. Y. C. (2011).** A new phenylalkanoid from 873 the rhizomes of *Zingiber officinale*. *Nat. Prod. Res.* 26: 1318-1322. Repéré à <https://doi.org/10.1080/14786419.2011.576396>.

**-Stanley. F, Wainapel. M. D, MPH, Avital Fast MD. (2003).** Antioxidants and the Free Radical Theory of Degenerative Disease. New York In: Alternative Medicine and Rehabilitation, Demos Medical Publishing.

**-Stoilova. I, Krastanov. A, Stoyanova. A, Denev. P, et Gargova. S. (2007).** Antioxidant activity of a ginger extracts (*Zingiber officinale*). *Food Chem.* 102:764–770. Doi:10.1016/j.foodchem.2006.06.02.

**-Su.X, Duan. J, Jian.Y, Shi. J, Kakuda. Y. (2006).** Effect of soaking conditions on the antioxidant potentials of oolong tea. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 348-353. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.02.005>.

## T

**-Thierry. C, Christian. P, Annette. Ch, Jacques. F. (1999).** Effets pro- et antioxydants de l'ascorbate. Laboratoire de biochimie, faculté de médecine, 15, rue Ambroise-Parie, 42023 Saint-ff, tienne cedex 2, France. Vol 13: 115-20.

**-Traber. MG, Atkinson. J. (2007).** Vitamin E, antioxidant and nothing more. *Free Radical Biol Med* ; 43 : 4-15. Doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2007.03.024.

## V



-**Vincent. A. M, Russell. J. W, Low. P, et Feldman. E. L. (2004).**"Oxidative stress in the pathogenesis of diabetic neuropathy." *Endocrine reviews*, 25(4), 612-628. Doi:10.1210/er.2003-0019.

### W

-**Wissen. Aidi. W, Brahim Marzouk. (2006).** Research progress of Tunisian medical plants Used For acute diabetes, Review article. *Journal of Acute Disease*, Volume 5, Issue 5, Pages 357-363. Doi : <http://dx.doi.org/10.1016/j.joad.2016.08.001>.

### Y

-**Yohan. R. (2004).** Antioxydants naturels végétaux Burgundy Botanical Extracts, Actiparc de Pont de Vaux, Les Chapelles Sud, 01190 Reysouze – France. VOL. 11 N° 6. 419 – 424p. Doi: <https://doi.org/10.1051/ocl.2004.0419>.

-**Yuva. B. (2014).** Total antioxidant activity and antimicrobial potency of the essential oil and oleoresin of *Zingiber officinale Roscoe*. By the Asian Pacific Journal of Tropical Disease. Faculty of Life and Nature Sciences, à Mira University, Bejaia, 06000, Algeria. Volume 4(1): 40-44 , Doi: 10.1016/S2222-1808(14)60311-X.