

République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان  
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEM  
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de  
l'Univers  
Département d'AGRONOMIE



# MÉMOIRE

Présenté par

KOTBI Douaa & MAOUEDJ Djamila

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de MASTER en Sciences Alimentaires,**

Option : Biologie de la Nutrition

**Thème**

---

## **Étude des activités anti inflammatoire et anti-hémolytique des extraits de cannelle**

---

Soutenu publiquement, le 12 / 06 / 2025, Devant le jury composé de :

Présidente	BABA AHMED FZ	Pr	Université de Tlemcen
Encadreur	BOUANANE Samira	Pr	Université de Tlemcen
Examinatrice	MERZOUK Amel	Dr	Université de Tlemcen

**Année Universitaire 2025-2026**

## Remerciements

*Nous tenons à remercier en premier lieu ALLAH, le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il nous a donné pour l'achèvement de ce travail de recherche.*

*Nous tenons tout particulièrement à adresser nos profonds remerciements et nos sincères gratitudes à notre encadrante Mme BOUANANE S, Professeur à l'université de Tlemcen, nous la remercions pour sa confiance, sa gentillesse, son soutien, son attention, ses conseils, ses encouragements, sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

*Nous remercions les membres de jury :*

*Mme BABA AHMED FZ, Professeur à l'université de Tlemcen & Mme MERZOUK A, maitre de conférences A à l'université de Tlemcen, d'avoir bien voulu accepter de juger ce travail, nous vous en sommes très reconnaissantes et en espérant être à la hauteur de votre confiance.*

*Nous remercions s'adressent aussi à Mr LARROUSSI M, Doctorant à l'université de Tlemcen pour son soutien précieux au sein du laboratoire de recherche PPABIONUT de l'université de Tlemcen.*

*Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidé et soutenu de près ou de loin pour que ce projet soit possible, nous vous disons merci.*

*Merci à vous tous*

# Dédicaces

*Je dédie ce travail :*

*En premier lieu, je remercie Allah qui m'a guidé sur la bonne voie tout au long de mes études et m'a inspiré les bonnes décisions.*

*A mon père, mon meilleur exemple et mon modèle de persévérance pour continuer à progresser et ne jamais céder. En raison de son enseignement constant qui m'enseigne les véritables valeurs de la vie et de ses conseils précieux.*

*A ma mère, pour son amour, sa patience, sa compréhension, sa disponibilité, son écoute constante et son soutien incomparable lors des moments les plus difficiles de ma vie.*

*A mes frères et ma jolie sœur, Je vous remercie pour votre amour, votre soutien et votre confiance, pour vos encouragements et son soutien. Je vous exprime ma gratitude sincère pour tout.*

*A mon binôme, qui a partagé avec moi tous les moments de joie et de bonheur, je vous remercie pour votre amitié et votre soutien, sans elle ce travail n'aurait pas été accompli.*

*À tous Mes amis et à toutes celles et ceux qui m'ont soutenue.*

## Dédicaces

*Je dédie ce travail à l'ensemble de mes collègues, ainsi que toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'accomplissement de ce travail.*

*Merci à tous pour votre accompagnement et votre soutien précieux.*

*MAOUEDJ Djamilia*

# Table des matières

<b>Introduction générale</b>	1
<b>Première partie : Synthèse bibliographique</b>	
<b>Chapitre I</b>	<b>Généralités sur la cannelle <i>Cinnamomum zeylanicum</i></b>
1. Historique et Origine	3
2. Définition	4
3. Distribution géographique, systématique et taxonomie	4
4. Classification botanique	5
5. Description botanique de <i>Cinnamomum zeylanicum</i>	5
5.1. Le cannelier de Ceylan ou arbre à cannelle	5
5.2. Les feuilles du cannelier de Ceylan ( <i>Cinnamomum zeylanicum</i> )	5
5.3. Les fleurs du <i>Cinnamomum zeylanicum</i>	7
5.4. Le fruit du cannelier de Ceylan	7
6. Composition chimique et nutritionnelle de <i>Cinnamomum zeylanicum</i>	8
6.1. Chimique	8
6.2. Nutritionnelle	9
7. Utilisation de la cannelle ( <i>C.zeylanicum</i> )	9
7.1. Utilisation traditionnelle et courante	9
7.2. Utilisations thérapeutiques	11
8. Toxicité de la cannelle	11
9. Conclusion	12
<b>Chapitre II</b>	<b>Aperçus sur les activités biologiques de <i>Cinnamomum zeylanicum</i></b>
1. Propriétés et activités biologiques de cannelle ( <i>C.zeylanicum</i> )	13
1.1. Activité anti-inflammatoire	13
1.1.1. Définition	13
1.1.2. Mécanisme d'action anti-inflammatoire	14
2. Activité anti-hémolytique	15
2.1. Définition	15
2.2. Hémolyse physiologique	15
2.3. Hémolyse pathologique	17
2.4. Mécanisme d'action anti-hémolytique	17
3. Les métabolites secondaires	
3.1. Composés phénoliques	18
3.2. Principales classes de composés phénoliques	18
3.3. Les phénols	19
4. Conclusion	23
<b>Deuxième partie : Etude expérimentale</b>	
<b>Chapitre III</b>	<b>Matériel et méthodes</b>

## Étude des activités anti inflammatoire et anti-hémolytique des extraits de cannelle

1. Matériel d'étude	25
1.1 Matériel végétal	25
1.2 Produits chimiques	25
2. Méthodes	25
2.1. Préparation de la poudre de cannelle	25
2.2. Préparation des extraits	26
2.2.1. Macération	26
2.2.2. Décoction	27
3. Test qualitatif : Screening phytochimique	27
3.1. Test pour les alcaloïdes	28
3.2. Test des Tanins	28
3.3. Test des Stéroïdes	29
3.4. Test des Flavonoïdes	29
3.5. Test des terpénoïdes	29
3.6. Test des glycosides cardiaques	30
3.7. Test des anthocyanes	31
3.8. Test des anthraquinones	31
3.9. Test des huiles volatiles	32
4. Evaluation de l'activité anti inflammatoire in vitro	32
4.1. Inhibition de la dénaturation des protéines	32
4.1.1. Principe	32
4.1.2. Mode opératoire	32
4.2.3. Exploitation des résultats	34
5. Evaluation de l'activité anti hémolytique	34
5.1. Principe	34
5.2. Mode opératoire	35
5.3. Exploitation des résultats	35
Conclusion	36
<b>Chapitre VI</b>	<b>Résultats et Discussion</b>
1. Rendement d'extraction	37
2. Screening phytochimique	38
Discussion	40
3. L'activité anti-inflammatoire	41
3.1. Inhibition de la dénaturation thermique des protéines (BSA)	41
3.2. Discussion	42
4. Activité anti-hémolytique	43
4.1. Innocuité des extraits vis-à-vis de la cellule érythrocytaire	43
4.2. Discussion	44
Conclusion	46
<b>Conclusion générale</b>	<b>47</b>
<b>Résumé</b>	<b>48</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>49</b>

## Liste des figures

## Étude des activités anti inflammatoire et anti-hémolytique des extraits de cannelle

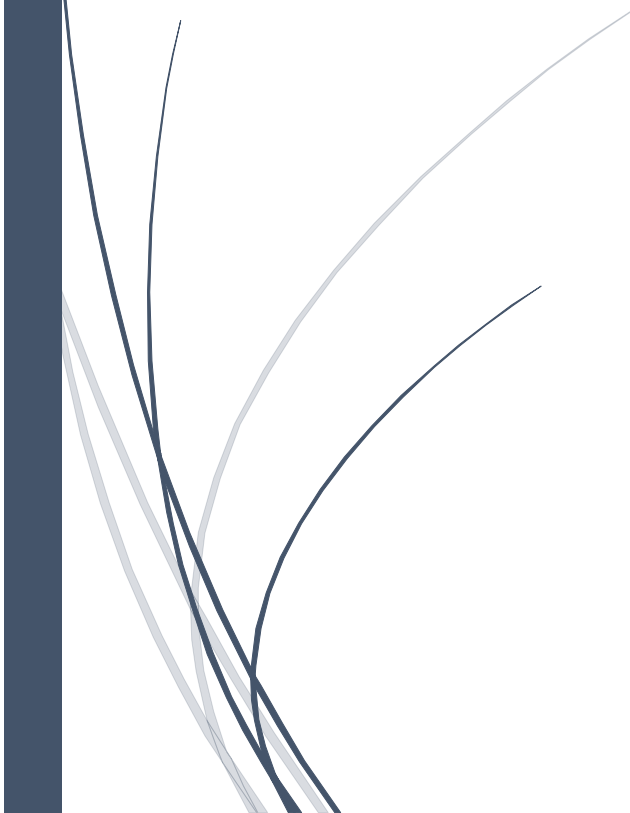
<b>Chapitre I</b>	<b>Généralités sur la cannelle <i>Cinnamomum zeylanicum</i></b>
<b>Figure 1</b> : Situation géographique du Sri Lanka	3
<b>Figure 2</b> : Bâtons et poudre d'écorce de cannelle	4
<b>Figure 3</b> : L'arbre à cannelle	6
<b>Figure 4</b> : Feuilles et inflorescence de <i>Cinnamomum zeylanicum</i>	6
<b>Figure 5</b> : Fleurs de <i>Cinnamomum zeylanicum</i>	7
<b>Figure 6</b> : Baie de <i>Cinnamomum zeylanicum</i>	7
<b>Figure 7</b> : Structure moléculaire des composés phénoliques de la cannelle	8
<b>Chapitre II</b>	<b>Aperçus sur les activités biologiques de <i>Cinnamomum zeylanicum</i></b>
<b>Figure 8</b> : La réaction inflammatoire	13
<b>Figure 9</b> : L'effet anti-inflammatoire de <i>C.zeylanicum</i>	15
<b>Figure 10</b> : Voie de l'hémolyse intratissulaire	16
<b>Figure 11</b> : Structure du noyau phénol	20
<b>Figure 12</b> : Acide coumarique.24	20
<b>Figure 13</b> : Flavonoïde 24	21
<b>Figure 14</b> : Anthocyanidines : pélagonidine (R=H), cyanidine (R=OH).	22
<b>Figure 15</b> : Tanin	22
<b>Figure 16</b> : Saponine	23
<b>Chapitre III</b>	<b>Matériel et méthodes</b>
<b>Figure 17</b> : La cannelle avant et après le broyage (photos personnelles).	26
<b>Figure 18</b> : Les étapes de la macération de cannelle (photos personnelles).	26
<b>Figure 19</b> : Les étapes de la décoction de cannelle (photos personnelles)	27
<b>Figure 20</b> : Schéma récapitulatif du protocole de test alcaloïde.	28
<b>Figure 21</b> : Schéma récapitulatif du protocole de test Tanin.	28
<b>Figure 22</b> : Schéma récapitulatif du protocole de test Stéroïde.	29
<b>Figure 23</b> : Schéma récapitulatif du protocole de test Flavonoïde.	29
<b>Figure 24</b> : Schéma récapitulatif du protocole de test des terpénoides.	30
<b>Figure 25</b> : Schéma récapitulatif du protocole de test Glycoside cardiaque.	30
<b>Figure 26</b> : Schéma récapitulatif du protocole de test Anthocyane.	31
<b>Figure 27</b> : Schéma récapitulatif du protocole de test Anthraquinone.	31
<b>Figure 28</b> : Schéma récapitulatif du protocole de test des huiles volatiles.	32
<b>Figure 29</b> : Evaluation de l'activité anti-inflammatoire par le test de BSA (photos personnelles)	34
<b>Figure 30</b> : Préparation de la suspension érythrocytaire (photos personnelles).	35
<b>Chapitre VI</b>	<b>Résultats et Discussion</b>
<b>Figure 31</b> : Pourcentages d'inhibition de la dénaturation du BSA	42
<b>Figure 32</b> : Pourcentages d'inhibition d'hémolyse.	44

# Liste des tableaux

<b>Chapitre I</b>	<b>Généralités sur la cannelle <i>Cinnamomum zeylanicum</i></b>	
<b>Tableau 1</b> : Classification botanique de cannelle		5
<b>Tableau 02</b> : Valeur nutritionnelle de <i>Cinnamomum zeylanicum</i>		10
<b>Chapitre II</b>	<b>Aperçus sur les activités biologiques de <i>Cinnamomum zeylanicum</i></b>	
<b>Tableau 3</b> : Les principales classes de composés phénoliques		19
<b>Chapitre III</b>	<b>Matériel et méthodes</b>	
<b>Tableau 04</b> : Des produits utilisés et leurs formules brutes.		25
<b>Chapitre VI</b>	<b>Résultats et Discussion</b>	
<b>Tableau 05</b> : Poids d'extrait sec et rendement selon les méthodes d'extraction (Macération / Décoction) de cannelle.		37
<b>Tableau 06</b> : Résultats du screening phytochimique.		38



## Introduction générale



## Introduction :

Depuis des milliers d'années, l'humanité a utilisé diverses ressources trouvées dans son environnement pour traiter et soigner toutes sortes de maladies (Lee, 2004). En effet, les plantes médicinales restent encore le premier réservoir de nouveaux médicaments, elles sont considérées comme source de matière première essentielle pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires à la mise au point de futurs médicaments (Maurice, 1997).

Malgré son ancienneté, l'étude de la chimie des plantes connaît toujours un grand essor, cela tient principalement au fait que le règne végétal représente une source importante d'une immense variété de molécules bioactives. Cette matière végétale contient un grand nombre de molécules qui ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie alimentaire, en cosmétologie et en pharmacie. Parmi ces composés on retrouve, les stéroïdes, les alcaloïdes, les acides phénoliques, les tannins, les terpènes et les flavonoïdes (Bahorun et al., 1996).

Ainsi, l'évaluation des propriétés phytopharmaceutiques, anti-inflammatoires et anti-hémolytiques demeure une tâche très intéressante et utile, en particulier pour une plante dont l'utilisation est rare, moins fréquente ou non connue dans la médecine traditionnelle. Cette plante représente une nouvelle source de composés actifs (Teixeira da Silva, 2004).

La recherche accentuée sur ces molécules a prouvé que ce sont des acteurs privilégiés dans le traitement et la prévention de diverses maladies grâce à leurs activités : antioxydante, anti-inflammatoire, antimutagène, anti-hémolytique, réductrice des risques des maladies cardiovasculaires, du diabète (Bi et al., 2017 ; Kocaadam et Salieri, 2017 ; Surh, 2003).

Pour mener à bien nos objectifs, nous nous sommes consacrés dans ce mémoire à présenter un screening du contenu et de la richesse en métabolites secondaires de différents extraits de notre plante, à savoir la cannelle « *Cinnamomum zeylanicum* », leur identification et leur quantification afin de les soumettre à des essais bio guidés, pour l'évaluation de leur potentiel bioactif.

Pour se faire, nous avons divisé notre mémoire en trois grandes parties :

- Une première partie bibliographique partagée en deux chapitres, dans laquelle sont détaillées l'histoire et l'origine de *Cinnamomum zeylanicum*, les travaux phytochimiques et les propriétés biologiques anti-inflammatoires et anti-hémolytiques.
- Une deuxième partie consacrée aux matériel et méthodes, où nous établirons les différents protocoles nécessaires à : l'extraction, la purification, l'identification, la quantification, et enfin

l'évaluation du spectre anti-inflammatoire et anti-hémolytique comparés aux méthodes d'extraction.

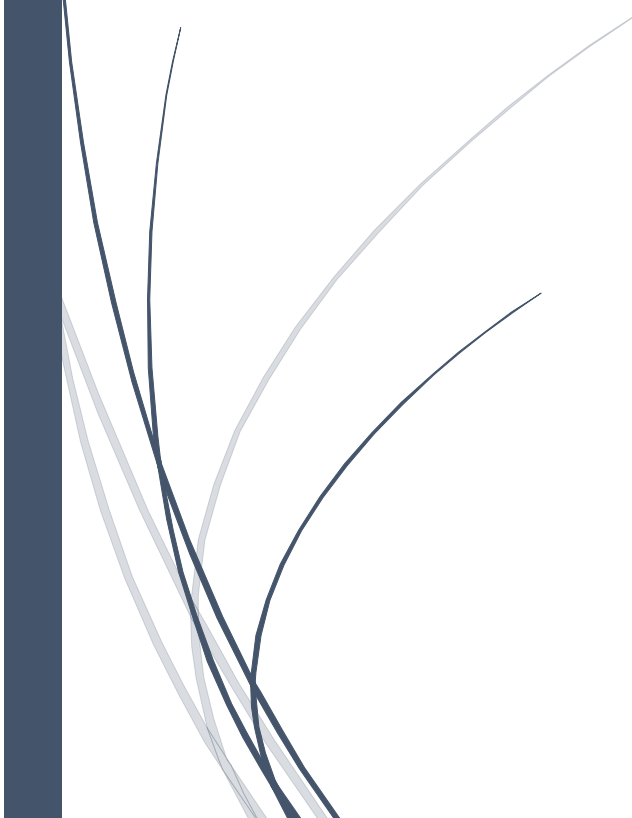
- Une troisième partie qui discutera les résultats obtenus, afin d'aboutir à une conclusion générale sur cette première approche d'étude, tout en projetant d'autres perspectives de recherche pour l'avenir.

**Première partie :**  
**Synthèse bibliographique**



*Chapitre I*

Généralités sur la cannelle  
*Cinnamomum zeylanicum*



## 1. Historique et Origine :

La véritable cannelle vient du Sri Lanka. Il s'agit de la cannelle de Ceylan. Elle est produite à partir de l'écorce intérieure du cannelier. Le Ceylan est une île où l'on trouve de grandes quantités de canneliers. Depuis 1972, le Ceylan est devenu le Sri Lanka (Figure 1) (Barbier, 2014).



**Figure 1** : Situation géographique du Sri Lanka (Ceylan) (Barbier, 2014).

Il existe plusieurs types de cannelles, dont la cannelle de Chine qui a des propriétés médicinales proches de celle de Ceylan mais beaucoup moins efficaces. Depuis plus de 5000 ans, la cannelle est utilisée par les plus vieilles médecines du monde ; c'est sans doute la plus ancienne des épices. Dès 1500 ans avant JC, les Égyptiens s'en servaient pour embaumer les cadavres et confectionner des parfums ; c'est d'ailleurs la plus ancienne épice mentionnée dans les papyrus (Dechambre, 1876). En Égypte, pendant leur captivité, les Hébreux apprirent à utiliser les aromates et introduisirent la cannelle dans la formule de l'onguent des Saintes Onctions (Planchon et al., 1946 ; Pacchioni, 2011). Ils lui découvrirent aussi des propriétés apéritives et digestives (Valnet et al., 1978), et était aussi utilisée en tant qu'aphrodisiaque (citée dans les contes des mille et une nuit) (Pacchioni, 2011).

La cannelle est aussi utilisée comme aromate en bâtonnet ou en poudre dans beaucoup de plats salés d'Asie et de desserts Européens (Figure 2). Aujourd'hui, elle est utilisée en plusieurs domaines en confiserie, parfumerie et en cosmétique ainsi que dans l'industrie pharmaceutique. De nos jours, la cannelle est essentiellement cultivée en Indonésie, en Chine, au Sri Lanka, au Vietnam et à Madagascar (Barbier, 2014).

## 2. Définition :

Le mot *cannelle* proviendrait du latin *canna*, signifiant « roseau » ou « tuyau », en référence à la forme que prend l'écorce enroulée lors de sa réception en provenance de l'Extrême-Orient. Connue depuis l'Antiquité, la cannelle est une épice aromatique extraite de l'écorce interne du cannellier (Vernon et al., 1996).



Figure 2 : Bâtons et poudre d'écorce de cannelle (D'andreta, 1969).

## 3. Distribution géographique, systématique et taxonomie :

La cannelle est une espèce résineuse de la famille des lauracées, composée principalement par des arbres ou des arbustes. Le genre *Cinnamomum*, réparti en Asie et Australie, comprend environ 250 espèces (Dechambre, 1876). Une grande variété de cannelle existe à la surface du globe, mais deux d'entre elles sont plus connues et plus usitées : la cannelle de Ceylan (*Cinnamomum Zeylanicum*) et la cannelle de Chine (*Cinnamomum cassia*) (Wilson et al., 2010). L'écorce de l'arbuste cultivé en plantation, se prête à l'écorçage au bout de 3 ou 4 ans, Ceylan est le principal producteur, puisqu'elle couvre plus de 14 000 ha plantés en cannelliers. On la trouve à la fois sur un sol riche et léger qui exige une température moyenne de 30°C où son emplacement de prédilection est au soleil ou légèrement à l'ombre mais à 150 mètres au-dessus du niveau de la mer (Baba Aïssa, 2000). La Chine est un gros producteur, principalement dans trois provinces du Guangxi, Guizhou et Guangdong (FAO). En Algérie, cela occupe une superficie localisée en majorité dans le sud du pays (Glinski, 2008).

**4. Classification botanique** est représentée dans le tableau 01 :

**Tableau 1 :** Classification botanique de cannelle (Perrot et al., 1974) :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Embranchement	Magnoliophyta
Sous-embranchement	Magnoliophytina
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Magnoliidae
Ordre	Laurales
Famille	Lauraceae
Genre	Cinnamomum
Espèce	Cinnamomum zeylanicum

**5. Description botanique de *Cinnamomum zeylanicum* :**

**5.1. Le Cannelier de Ceylan ou arbre à cannelle**

Le cannelier de Ceylan (Figure 03) est un arbre à tronc droit, mesurant entre 10 et 15 mètres de hauteur. Il est très ramifié, toujours vert, et ses jeunes rameaux sont recouverts de courts poils dispersés. Son écorce, épaisse et rugueuse, présente une teinte brun rougeâtre. Cette espèce se développe dans des régions à basse altitude, entre 60 et 150 mètres, où le climat est chaud et humide, avec une température moyenne de 26 à 27° (Dorvault, 1978).

**5.2. Les feuilles du cannelier de Ceylan (*Cinnamomum zeylanicum*) :**

Le feuillage du cannelier (Figure 4) est persistant, vert brillant et aromatique. Les feuilles sont opposées, à limbe entier, coriaces et de forme lancéolée. Elles sont parcourues par trois nervures principales longitudinales (une médiane et deux latérales situées près des bords), plus claires et convergentes au sommet. Il existe parfois cinq nervures au lieu de trois. Les nervures s'atténuent au sommet de façon à disparaître ordinairement avant de l'avoir atteint, sauf la nervure principale qui y parvient, en diminuant peu d'épaisseur (Dechambre, 1876). Les feuilles sont longues de 15 cm et larges de 7 cm, glabres, lisses, luisantes au-dessus avec un revers plus clair et glauque. Elles sont concaves au-dessus et proéminentes au-dessous.

Le pétiole glabre, long de 2 cm est caniculé en dessous. Les jeunes pousses sont rouge vif (Baillon, 1884).



Figure 3 : L'arbre à cannelle (Barbie, 2014).



Figure 4 : Feuilles et inflorescence de *Cinnamomum zeylanicum* (Barbier, 2014).

### 5.3. Les fleurs du *Cinnamomum zeylanicum* :

Les fleurs sont très petites, de forme tubulaire et unisexuée, avec une corolle évasée en entonnoir (figure 5). Elles possèdent six lobes arrondis et une texture douce et veloutée. Elles sont regroupées en panicules terminales, c'est-à-dire en petites grappes coniques situées à l'aisselle d'une bractée, une pièce florale ressemblant à une feuille ou à une fleur, faisant partie de l'inflorescence. Les ramifications de ces panicules sont opposées et disposées en croix, à l'image de celles de la tige. Les fleurs émettent une odeur désagréable (Barbier, 2014).



Figure 5 : Fleurs de *Cinnamomum zeylanicum* (Barbier, 2014).

### 5.4. Le fruit du cannelier de Ceylan :

Le fruit du cannelier (Figure 6) se présente sous forme d'une baie charnue, de couleur noire à pourpre, enveloppée dans une cupule rigide. Sa forme est piriforme ou en massue, avec un diamètre compris entre 1 et 2 cm. Chaque baie renferme une seule graine, protégée par des téguments fins, contenant un embryon volumineux et charnu, à radicule supère, dépourvu d'albumen (Paris, Moyse, 1965).

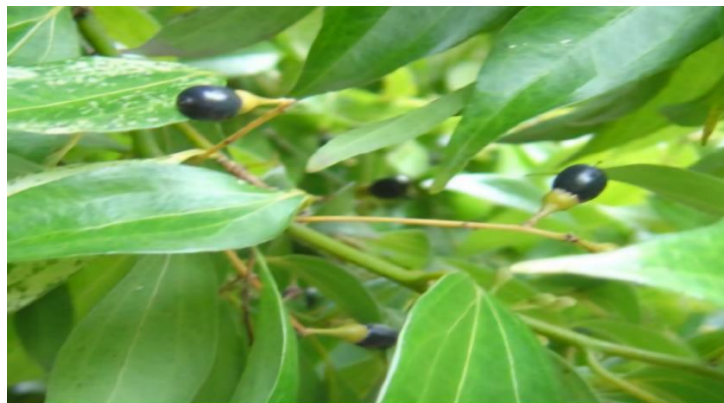


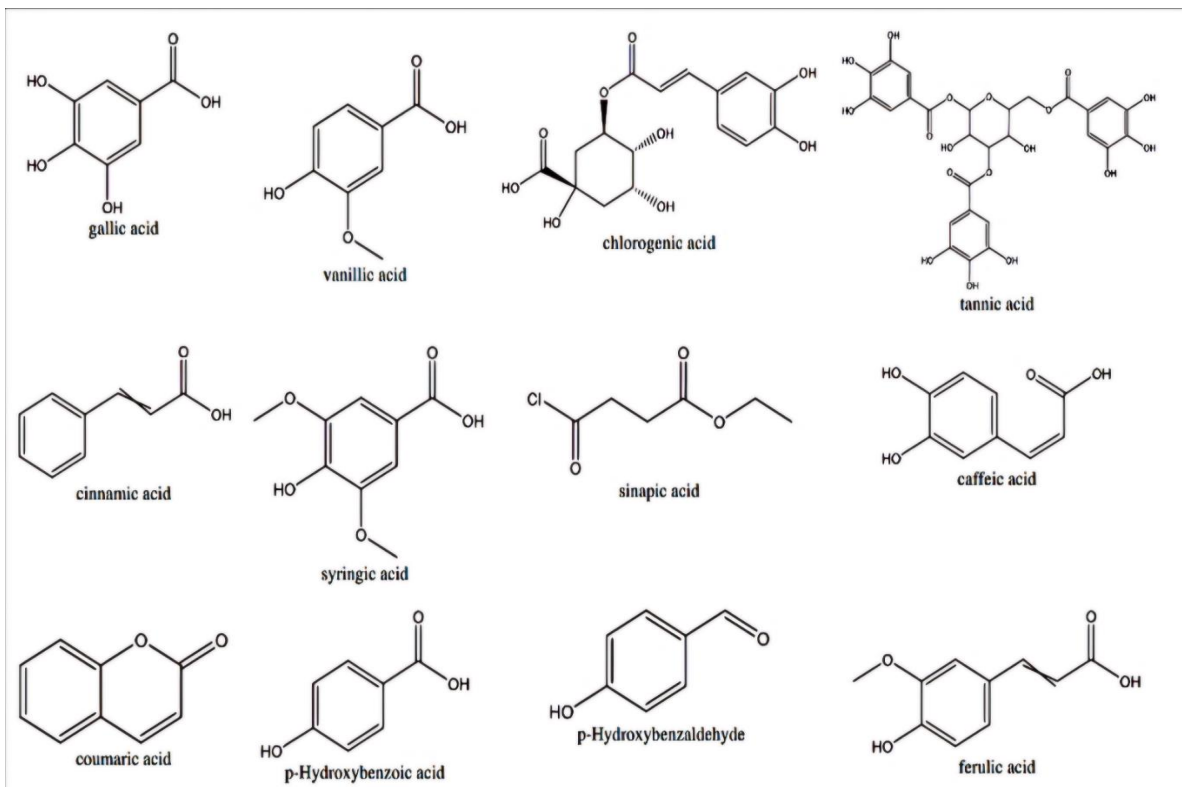
Figure 6 : Baie de *Cinnamomum zeylanicum* (Barbier, 2014).

## 6. Composition chimique et nutritionnelle de *Cinnamomum zeylanicum* :

### 6.1. Chimique :

La cannelle renferme une grande diversité de composés phénoliques, notamment la rutine, l'acide protocatéchique, l'acide cinnamique, l'épicatéchine, la quercétine ainsi que des aldéhydes cinnamiques. Son écorce contient entre 60 et 80% de cinnamaldéhyde et environ 2% d'eugénol. Par ailleurs, l'analyse de l'extrait de cannelle a révélé que les principaux constituants sont le cinnamaldéhyde (64%) et les tanins condensés, comprenant 23% de proanthocyanidines et 4% d'épicatéchine (Klejdus & Kováčik, 2016).

L'extrait phénolique de la cannelle est caractérisé par la présence des flavonoïdes proanthocyanidine (procyanidine tétramère, procyanidine dimère, procyanidine trimère), la catéchine, l'epigallocatechin gallate et l'acide férulique (Lv et al., 2012). L'acide cinnamique et d'autres polyphénols tels que la coumarine et le cinnamaldéhyde (Figure 7) (Durak et al., 2014).



**Figure 7** : Structure moléculaire des composés phénoliques de la cannelle (Muhammad & Dewettinck, 2017).

## 6.2. Nutritionnelle :

Les plantes aromatiques, notamment la cannelle, sont une source de protéines, de fibres, de composés volatils, de vitamines, de minéraux ainsi que de substances chimiques reconnues pour leurs effets bénéfiques sur la santé et leur rôle préventif (**Ribeiro-Santos et al., 2017**) (tableau 2). La variation de la teneur en macronutriments et micronutriments peut être attribuée en grande partie aux différences entre les espèces, les conditions de croissance, les variétés, les périodes de récolte, les propriétés du sol, du climat, de l'origine, des paramètres géographiques et les conditions environnementales (**Al-Numair et al., 2007 ; Gul & Safdar, 2009**).

## 7. Utilisation de la cannelle (*C.zeylanicum*) :

### 7.1. Utilisation traditionnelle et courante :

Outre son utilisation comme épice et agent aromatisant, la cannelle de Chine est également incorporée dans les gommes à mâcher en raison de ses propriétés rafraîchissantes pour l'haleine. Traditionnellement, elle a été employée sous forme de poudre dentaire pour soulager les douleurs bucco-dentaires et traiter divers problèmes dentaires. Tant en Inde qu'en Europe, la cannelle est reconnue pour ses vertus réchauffantes, particulièrement en cas de refroidissement, et est souvent associée au gingembre. Elle favorise la circulation sanguine, notamment au niveau des extrémités (doigts et oreilles). De plus, elle constitue un remède traditionnel contre divers troubles digestifs tels que les nausées, les vomissements et les diarrhées, ainsi que contre les douleurs musculaires et les affections hivernales comme le rhume.

La cannelle de Chine est également réputée pour soulager les troubles digestifs et est particulièrement recommandée en cas d'asthénie. Par ailleurs, elle peut favoriser l'apparition des menstruations et est parfois utilisée comme agent contractant après l'accouchement (**Paul, 2001 ; Pasupuleti et al., 2014**).

**Tableau 02** : Valeur nutritionnelle de *Cinnamomum zeylanicum* (Ribeiro-Santos et al., 2017).

<b>Ecorce de cannelle, brute</b> (valeur nutritive pour 100 g)		
<b>Energie (kcal)</b> 247	<b>Vitamine (mg)</b>	<b>Minéraux (mg)</b>
Eau (g) 10,6	Rétinol (Vit A) 295 IU	Fer 8.32
Cendres (g) 3,6	α-tocophérol (Vit E) 2.32	Zinc 1.83
<b>Hydrate de carbone (g)</b> 80.59	Phylloquinone (Vit K) 0.0312	Cuivre 0.339
Sucre 2,17		
Fibres 53.1	Thiamine (Vit B1) 0.002	Manganèse 17.466
	Riboflavine (Vit B2) 0.041	Magnésium 60
<b>Protéine totale (g)</b> 3.99	Niacine (Vit B3) 1.332	Potassium 431
<b>Lipide totale (g)</b> 1.24	AC. pantothénique (Vit B5) 0.558	Sodium 10
AC. Gras saturé 0.345		
AC. Gras monosaturé 0.25		
AC. gras polyinsaturé 0.07	Pyridoxine (VitB6) 0.16	Sodium 10
	AC. Folique (Vit B9) 6	Sodium 10
	AC. Ascorbique (Vit C) 3.8	Calcium 1002

## 7.2. Utilisations thérapeutiques :

La cannelle est employée à des fins thérapeutiques depuis l'Antiquité. L'ensemble des parties du cannelier (écorce, feuilles, fleurs, fruits et racines) est utilisé en médecine pour traiter divers troubles. Elle est principalement reconnue pour ses propriétés astringentes, anti-inflammatoires et anti-hémolytiques. Toutefois, ses applications s'étendent au traitement de l'impuissance, de la frigidité, des inflammations oculaires, de la vaginite, de la névralgie, des rhumatismes, ainsi qu'à la cicatrisation des plaies et au soulagement des douleurs dentaires. En outre, elle est utilisée dans la prise en charge de la bronchite chronique, de certaines affections respiratoires, digestives et gynécologiques (**Ranasinghe et al., 2013 ; Singletary, 2019**).

## 8. Toxicité de la cannelle :

La cannelle peut être utilisée sans danger en tant qu'épice et/ou agent aromatique. Il a été rapporté que la cannelle a des effets toxiques et indésirables minimes (**Ranasinghe et al., 2013**). Par ailleurs, la posologie couramment recommandée pour les compléments alimentaires à base de cannelle se situe entre 1 et 4 g par jour. Les doses usuelles varient de 50 à 200 mg par jour. Il convient de noter qu'aucun effet indésirable n'a été observé pour des doses allant jusqu'à 6 g par jour (**Yun et al., 2018 ; Sharifi-Rad et al., 2021**).

L'usage répandu de la cannelle dans l'alimentation (épice, additif ou agent aromatisant) suggère qu'elle est généralement considérée comme sûre. Néanmoins, une consommation excessive peut entraîner divers effets indésirables, notamment une détresse respiratoire, une tachycardie, une sudation excessive, suivies d'épisodes dépressifs et de somnolence. De plus, une utilisation abusive pourrait aggraver les symptômes de la rosacée et augmenter le risque de développer un cancer buccal (**Gowder, 2014**).

Ainsi, la consommation prolongée de quantités élevées de cannelle nécessite une surveillance rigoureuse. La présence naturelle de coumarine dans la cannelle soulève des préoccupations en raison de ses effets potentiellement hépatotoxiques. Par conséquent, les individus présentant des pathologies hépatiques doivent éviter une consommation excessive (**Sharifi-Rad et al., 2021**). La dose journalière tolérable de coumarine, fixée à 0,1 mg par kilogramme de poids corporel, est généralement considérée comme sûre pour une consommation quotidienne de cannelle sans effets indésirables. Toutefois, une ingestion excessive peut entraîner des interactions avec certains médicaments, susceptibles de provoquer

des atteintes hépatiques (**Abraham et al., 2010**). Cependant, des niveaux élevés de coumarine et de cinnamaldéhyde pourraient être liés à des lésions hépatiques et à une hypoglycémie (**Deng, 2012**), à des lésions buccales (**Vivas & Migliari, 2015**), au risque de cancer, à des problèmes respiratoires et à des interactions avec certains médicaments (**Abraham et al., 2010**). En règle générale, les effets indésirables de la cannelle doivent être surveillés lorsque des doses élevées ou de longues durées sont utilisées à des fins médicales (**Shang et al., 2021**).

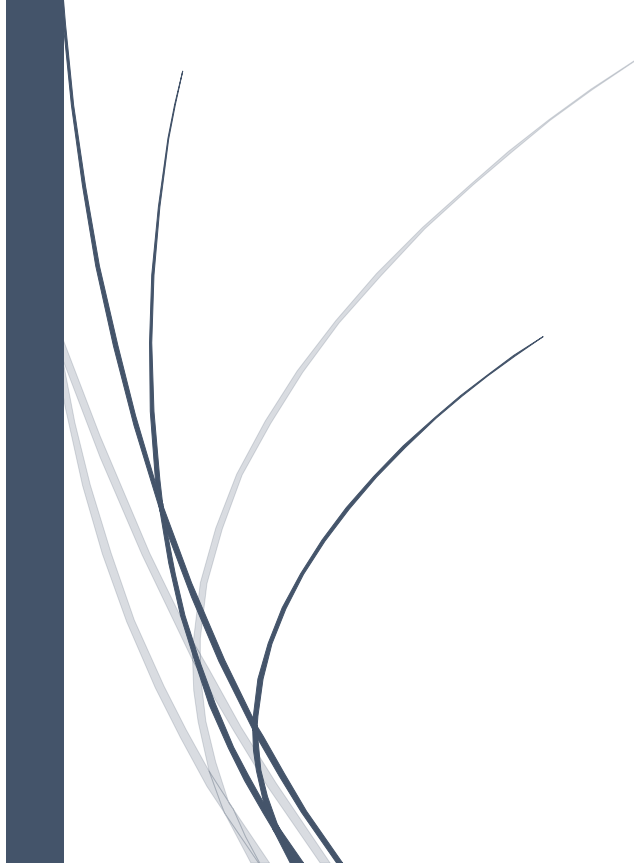
## **Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté des généralités sur la cannelle, plus précisément sur l'espèce *Cinnamomum zeylanicum*, souvent appelée cannelle de Ceylan. Nous avons suivi son parcours historique et géographique, soulignant son rôle culturel et économique à travers les siècles. La cannelle, reconnue pour ses multiples applications, se distingue par ses caractéristiques aromatiques, nutritionnelles et thérapeutiques.

L'analyse de sa composition chimique et nutritionnelle a mis en évidence une richesse en composés phénoliques, comme le cinnamaldéhyde et les flavonoïdes, qui lui attribuent diverses propriétés médicinales, y compris anti-inflammatoires et anti-hémolytiques.

## Chapitre II

# Aperçus sur les activités biologiques de *Cinnamomum zeylanicum*



## 1. Propriétés et activités biologiques de cannelle (*C.zeylanicum*)

### 1.1. Activité anti-inflammatoire :

#### 1.1.1. Définition :

L'inflammation est un moyen de défense naturelle des organismes supérieurs contre toute agression extérieure provoquée par des facteurs physicochimiques (Irradiations, brûlure, traumatismes mécaniques...), des infections microbiennes (Bactériennes, virales ou parasitaires). Elle peut également être déclenchée par des facteurs endogènes, notamment des médiateurs produits au cours de la réponse immunitaire, tels que les complexes immuns, les anticorps cytotoxiques ou encore les cytokines (figure 8). Le processus inflammatoire vise principalement à éliminer l'agent pathogène responsable de l'agression et à favoriser la réparation des tissus endommagés (Yougbaré-Ziébro et al., 2016 ; Taïba et al., 2017).

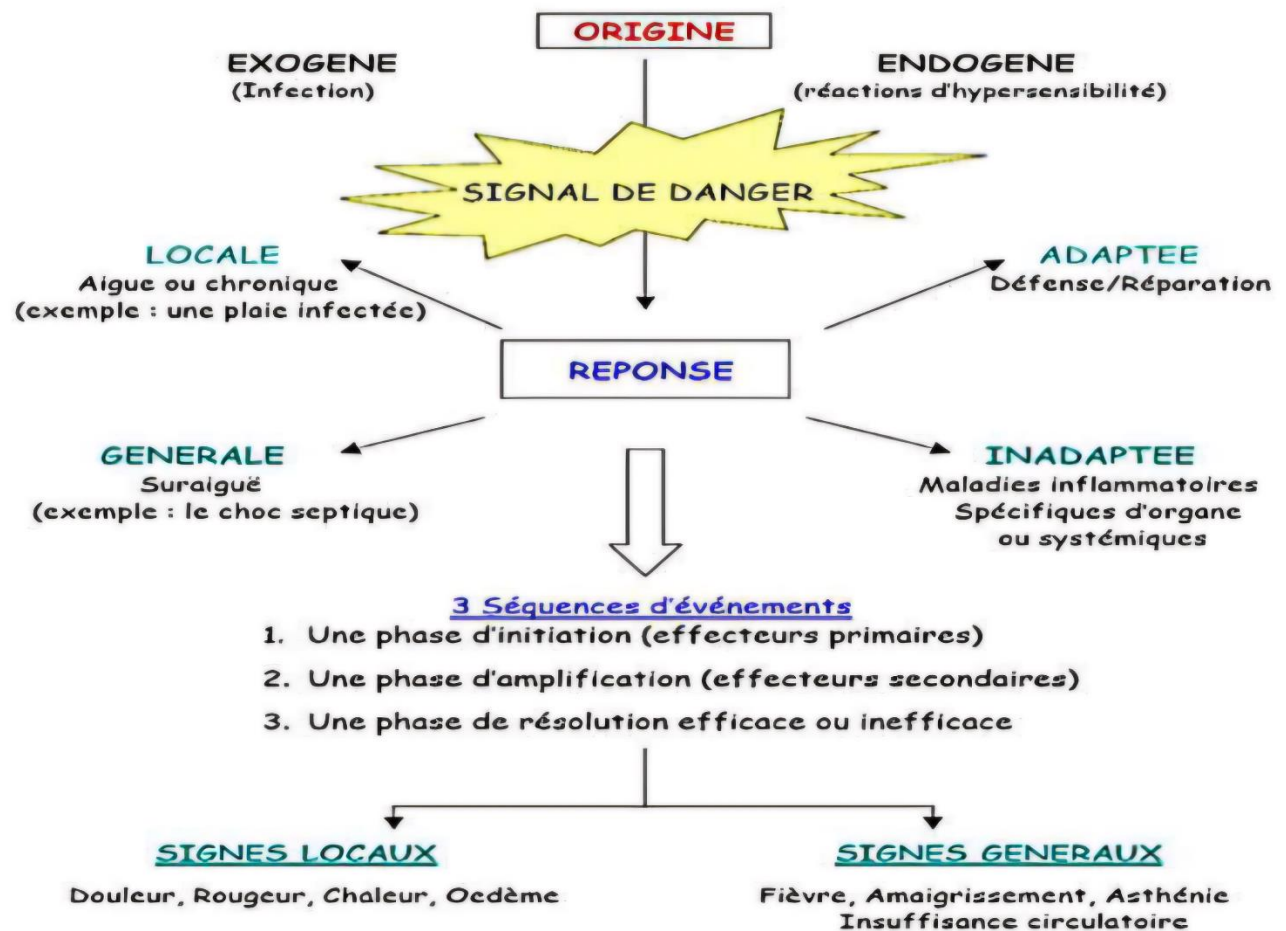


Figure 8 : La réaction inflammatoire (Prin et al., 2009).

## Étude des activités anti inflammatoire et anti-hémolytique des extraits de cannelle

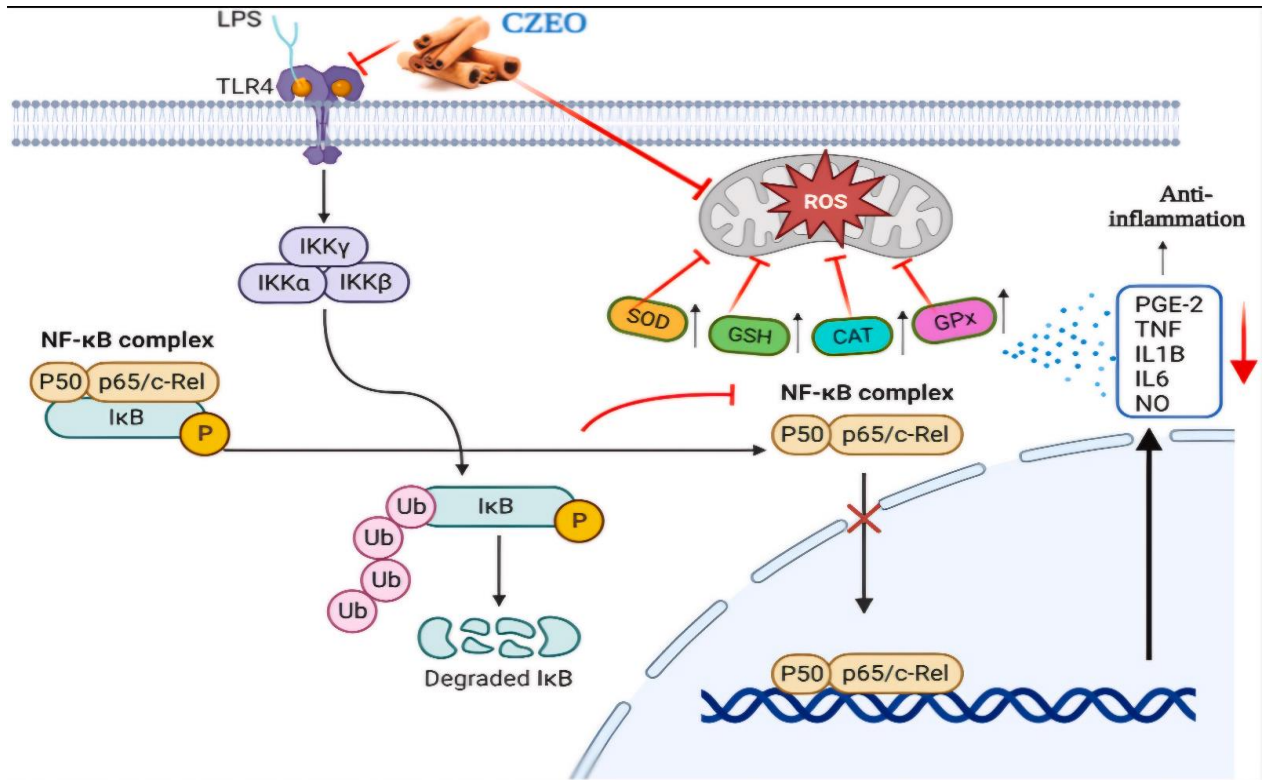
### 1.1.2. Mécanisme d'action anti-inflammatoire :

La réponse immunitaire déclenchée par une infection peut être de nature innée, lorsqu'il s'agit d'un premier contact avec l'antigène, ou acquise, lorsqu'elle résulte de la mémoire immunitaire (**Miles et al., 2021**). Ce type de réponse est généralement considéré comme une inflammation bénéfique, car elle induit une activation spécifique des lymphocytes T dirigée contre l'antigène. Cependant, si cette réponse devient prolongée et non régulée, elle peut conduire à des maladies inflammatoires chroniques, voire à certains types de cancer (**Rossi et al., 2021**).

L'activation des lymphocytes T s'accompagne de la production de cytokines telles que l'interféron gamma (IFN- $\gamma$ ), l'interleukine 2 (IL-2) et l'interleukine 4 (IL-4), ainsi que de modifications dans l'expression des molécules de signalisation cellulaire (**Lee et al., 2011**). Dans ce cadre, l'extrait aqueux de cannelle a démontré sa capacité à réduire les niveaux d'IFN- $\gamma$  et à inhiber plusieurs protéines kinases telles que p38, JNK (kinases N-terminales de c-Jun), ERK (kinases régulées par signaux extracellulaires), ainsi que les facteurs de transcription STAT4 et STAT6, sans altérer l'inhibiteur de kappa B (I $\kappa$ B $\alpha$ ) (**Shubrata et al., 2023**).

De plus, cet extrait a permis de réduire les taux de TNF- $\alpha$  induits par le lipopolysaccharide (LPS) dans le sérum, via l'inhibition de l'activation des voies de signalisation impliquant p38, JNK/ERK1/2 et I $\kappa$ B $\alpha$  (**Hong et al., 2012**). Le LPS agit en se liant à des récepteurs de type Toll (TLR), qui reconnaissent des motifs microbiens caractéristiques et déclenchent une réponse immunitaire. Cette réponse est principalement régulée par les voies de signalisation NF- $\kappa$ B et MAPK (**Shubrata et al., 2023**) (figure 9).

Dans une étude menée à la fois in vivo et in vitro, il a été observé que de faibles doses d'extrait aqueux de cannelle étaient efficaces pour réduire les concentrations sériques de TNF- $\alpha$  et d'IL-6 (**Hong et al., 2012**). Les affections inflammatoires chroniques se manifestent par une réponse initiale induite par l'IFN- $\gamma$ , suivie de la libération d'autres médiateurs pro-inflammatoires. L'extrait aqueux de cannelle, tout comme sa fraction riche en polyphénols, possède des propriétés anti-inflammatoires, qui se traduisent par une inhibition des voies de signalisation impliquant l'IFN- $\gamma$ , le NF- $\kappa$ B et les MAPK, ainsi qu'une diminution de l'expression des cytokines IL-6, IL-8 et TNF- $\alpha$  (**Hong et al., 2012 ; Ben lagha et al., 2021**).



**Figure 9** : L'effet anti-inflammatoire de *C.zeylanicum* (Debajani et al., 2024).

Par ailleurs, une autre étude utilisant un modèle cellulaire d'inflammation intestinale a montré que l'extrait aqueux de cannelle, contenant des composés actifs tels que l'acide cinnamique et le cinnamaldéhyde, joue un double rôle : il améliore la perméabilité des jonctions serrées et diminue la production de médiateurs inflammatoires tels qu'IL-6, IL-8, TNF- $\alpha$  et NF- $\kappa$ B. Par ailleurs, les souris traitées avec cet extrait ont présenté une plus grande diversité du microbiote intestinal par rapport aux témoins non traités (Kim et al., 2019).

## 2. Activité anti-hémolytique :

### 2.1. Définition :

L'hémolyse vient des mots grecs : haema : sang et lyse : perturbation (Beris et Picard, 2015). C'est un terme médical qui décrit la destruction des globules rouges par des mécanismes de lyse de leurs membranes (Anastasiou et al., 2018).

### 2.2. Hémolyse physiologique :

L'hémolyse est un processus physiologique irréversible qui marque la fin du cycle de vie des hématies, celles-ci ayant une durée de vie moyenne d'environ 120 jours. Ce phénomène

## Étude des activités anti inflammatoire et anti-hémolytique des extraits de cannelle

entraîne une perte quotidienne naturelle d'environ 1/120e de la masse globulaire totale, correspondant au renouvellement normal des globules rouges (Loustau et al., 2011).

Ce phénomène est essentiellement intratissulaire, juste une faible partie (10 à 20%) est intravasculaire (Meftah, 2016). Les hématies âgées devenues appauvries en enzymes et peu déformables, se bloquent dans les sinusoides où l'hypoxie et l'acidification aggravent leur altération. Elles sont ensuite phagocytées par les macrophages, principalement ceux de la moelle osseuse, mais aussi du foie et de la rate.

L'hémoglobine est catabolisée : l'hème est séparé de la globine. La globine subit une protéolyse, tandis que l'hème est dégradé par l'hème oxydase, libérant du fer (stocké dans la ferritine) et de la biliverdine. Cette dernière est convertie en bilirubine par la biliverdine réductase. La bilirubine, liée à l'albumine dans le plasma, est captée par le foie, conjuguée par une glycuronyl transférase, puis excrétée dans la bile. Dans l'intestin, elle est transformée en urobilinogène (éliminé par les urines) et stercobilinogène (éliminé par les selles), avec réabsorption partielle dans un cycle entérohépatique (Figure 10) (Meftah, 2016).

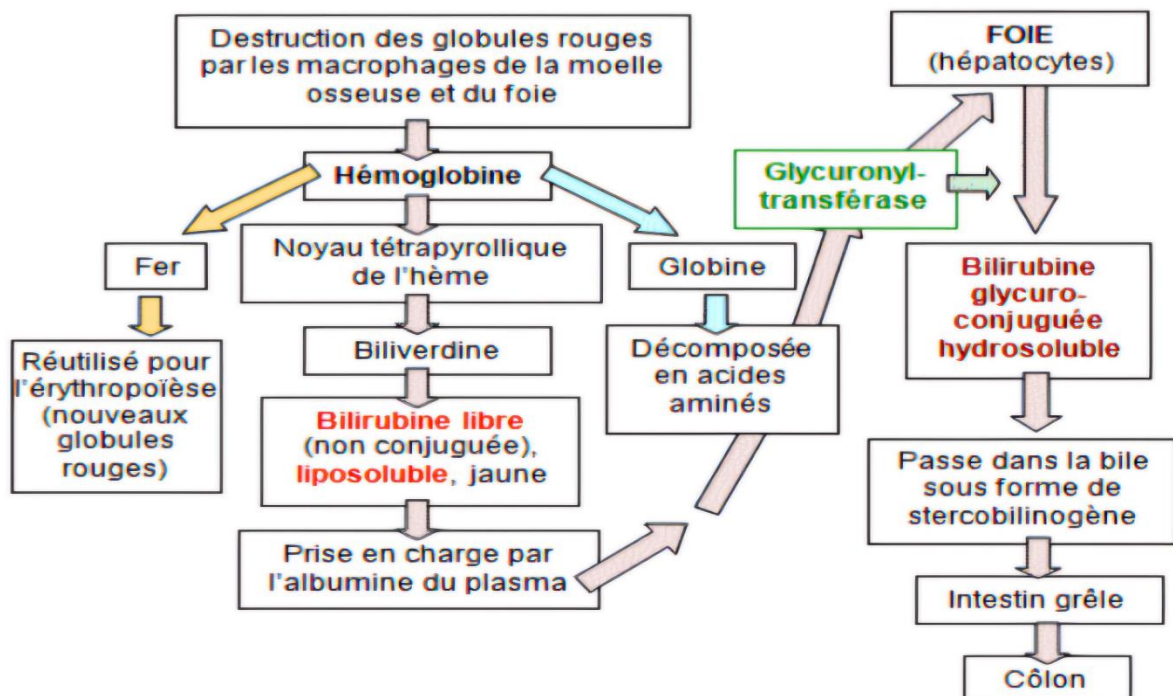


Figure 10 : Voie de l'hémolyse intratissulaire (Meftah, 2016).

## **Étude des activités anti inflammatoire et anti-hémolytique des extraits de cannelle**

### **2.3. Hémolyse pathologique :**

L'hémolyse est pathologique lorsque la destruction des hématies survient après une durée de vie raccourcie (**Burnat et al., 1998**). Cette rupture membranaire entraîne une libération excessive des constituants intracellulaires des érythrocytes, notamment l'hémoglobine (Hb) dans le plasma. Ce phénomène confère à ce dernier une coloration rougeâtre plus ou moins prononcée, observable après centrifugation (**Mezzou et al., 2006**). Lorsque le taux d'hémolyse devient supérieur à la capacité de régénération médullaire, un déséquilibre s'installe, pouvant conduire à une anémie hémolytique. Apparaît alors le syndrome d'anémie hémolytique (AH) définie par une Hb inférieure à 130 g/L chez l'homme, et inférieure à 120 g/L chez la femme (**Burnat et al., 1998**). Elle peut être extra- ou intravasculaire. Ceci dépend du mécanisme causal et de la brutalité avec laquelle la membrane érythrocytaire est attaquée (**Meftah, 2016**).

### **2.4. Mécanisme d'action anti-hémolytique :**

En raison des effets secondaires et des complications associés à certains traitements médicamenteux, la recherche scientifique s'oriente de plus en plus vers l'identification de substances anti-hémolytiques d'origine végétale, parmi lesquelles *C.zeylanicum* dont le mécanisme exact de leur action demeure en cours d'investigation, où il est largement suggéré que les polyphénols jouent un rôle essentiel dans la stabilisation de la membrane des érythrocytes face à la lyse osmotique.

L'intégration de composés phénoliques dans la membrane cellulaire pourrait altérer sa fluidité, créant ainsi une barrière stérique qui limite la diffusion des radicaux libres et ralentit la cinétique des réactions radicalaires (**Suwalsky et al., 2007**). L'activité anti hémolytique peut également être due à la présence d'une faible quantité de composés terpéniques qui, à faibles concentrations, jouent un rôle anti hémolytique (**Silva et al., 2017**).

## **3. Les métabolites secondaires :**

Une des originalités majeures des végétaux réside dans leur capacité à produire des substances naturelles très diversifiées (**Macheix et al., 2005**). En effet, en plus des métabolites primaires classiques tels que les glucides, les protides et les lipides, les végétaux accumulent fréquemment des métabolites dits secondaires. Bien que leur rôle physiologique ne soit pas toujours clairement établi, ces composés constituent une source précieuse de molécules

## **Étude des activités anti inflammatoire et anti-hémolytique des extraits de cannelle**

d'intérêt pour l'être humain, notamment dans des domaines variés tels que la pharmacologie ou l'agroalimentaire (**Herbert, 1989**).

Les métabolites secondaires peuvent être regroupés en plusieurs grandes catégories, parmi lesquelles figurent les composés phénoliques, les terpènes et stéroïdes, ainsi que les composés azotés, incluant notamment les alcaloïdes. Chaque classe regroupe une vaste diversité de molécules présentant une large gamme d'activités biologiques chez l'être humain.

### **3.1. Composés phénoliques :**

Malgré leur grande diversité structurelle, les composés phénoliques partagent tous la présence d'un ou de plusieurs cycles benzéniques substitués par une ou plusieurs fonctions hydroxyles. Cette classe regroupe plus de 8 000 molécules connues, largement répandues dans le règne végétal. Elle inclut notamment les flavonoïdes, les tanins, les dérivés phénylpropanoïdes tels que les lignanes, ainsi que les esters et amides hydroxybenzoïques, les stilbènes, les coumarines, les acides hydroxybenzoïques, les xanthones. De nouveaux composés continuent d'être identifiés régulièrement (**Marouf, 2000 ; Hopkins, 2003 ; Georgé et al., 2005**).

### **3.2. Principales classes de composés phénoliques :**

Les composés phénoliques se répartissent en plusieurs grandes classes, différenciées principalement par la complexité de leur squelette carboné, qui peut varier d'un noyau aromatique simple de type C6 à des structures hautement polymérisées.

Cette classification tient également compte du degré de modification de ce squelette de base, notamment en termes d'oxydation, d'hydroxylation ou de méthylation. Par ailleurs, ces composés peuvent se lier à d'autres types de biomolécules tels que les glucides, les lipides ou les protéines (**Herbert, 1989 ; Beta et al., 2005 ; Macheix et al., 2005**). Les structures les plus simples incluent des composés allant du phénol en C6 aux flavonoïdes en C15 et à d'autres molécules apparentées (Tableau 3).

## Étude des activités anti inflammatoire et anti-hémolytique des extraits de cannelle

**Tableau 3** : Les principales classes de composés phénoliques (**Harborne, 1980 ; Macheix et al., 1990**).

Squelette Carboné	Classe	Exemple
C6	Phénols simples	Catéchol
C6 - C1	Acide Hydroxybenzoïque	p-Hydroxybenzoïque
C6 – C3	Acides Hydroxycinnamiques Coumarines	Acides caféique, féulique          Scopolétine, esculétine
C6 – C4	Naphtoquinones	
C6 – C2 – C6	Stilbènes	
C6 – C3 – C6	Flavonoïdes - Flavonols - Anthocynes - Flavanones - Flavanones - Isoflavonoïdes	Kaempférol, quercétine Cyanidine, pèlargonidine Catèchine, èpicatèchine Naringène Dèidzèine
(C6-C3)2	Lignanes	Pinorèsinol
(C6-C3) n	Lignines	
(C15) n	Tannins	

### 3.3. Les phénols :

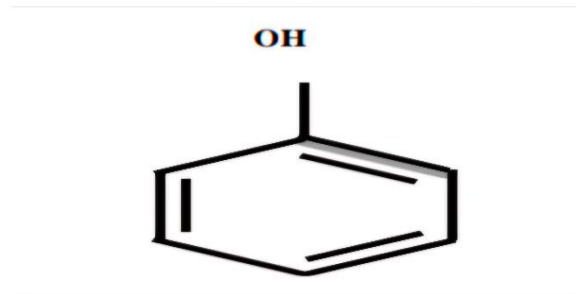
Le terme "phénol" désigne quelques 10000 composés naturels organiques identifiés (**Martin et Andriantsitohaina, 2002 ; Druzyuka et al., 2007**). Leur structure de base repose sur la présence d'au moins un noyau phénolique à six atomes de carbone (figure 11), auquel est directement attaché au moins un groupe hydroxyle (OH), soit sous forme libre, soit engagé dans une fonction chimique telle qu'un éther, un ester ou un hétéroside (**Balasundram et al., 2006**). Les polyphénols sont produits par le métabolisme secondaire des plantes et ont acquis une importance croissante en raison de leurs effets bénéfiques sur la santé (**Stanley et al., 2003**).

#### - Les coumarines :

Les coumarines sont des composés appartenant à la famille des 2H-1-benzopyran-2-ones, issues des lactones des acides ortho-hydroxy-Z-cinnamiques. On en dénombre près d'un

## Étude des activités anti inflammatoire et anti-hémolytique des extraits de cannelle

millier, les formes les plus simples étant largement répandues dans le règne végétal, tandis que les structures plus complexes sont principalement observées chez les Apiaceae et les Rutaceae (figure 12).

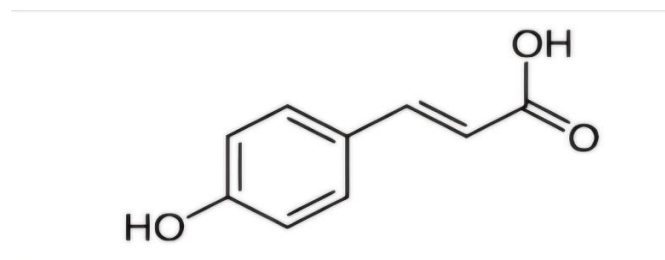


**Figure 11** : Structure du noyau phénol (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

Elles présentent fréquemment un hydroxylation en position 7, avec des groupements hydroxyles pouvant être méthylés ou engagés dans des liaisons hétérosidiques.

L'esculoside, extrait de l'écorce du Marronnier d'Inde, possède des propriétés vasculoprotectrices et veinotoniques, et constitue le principe actif de certains traitements contre les hémorroïdes.

La prénylation du noyau aromatique des coumarines conduit à la formation de furano- et pyranocoumarines, responsables de la phototoxicité de certaines espèces végétales, notamment chez les Apiaceae et les Rutaceae. Cette phototoxicité se manifeste par une dermatite aiguë en cas d'exposition à la lumière. Le bergaptène, l'un de ces dérivés, est utilisé dans le traitement du psoriasis, et d'autres coumarines entrent dans la composition de produits solaires. La coumarine est aussi antimicrobienne, antifongique, anticoagulante et Antispasmodique (<http://www.maplante.com/>).



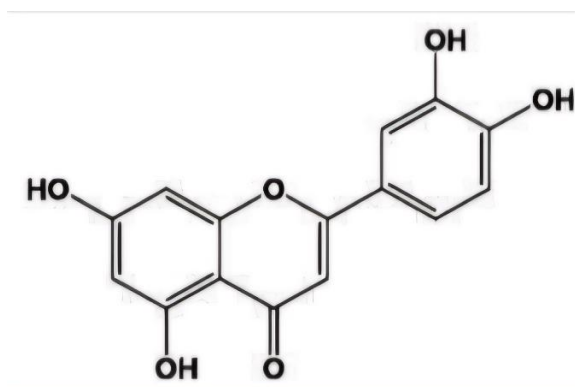
**Figure 12** : Acide coumarique.

## Étude des activités anti inflammatoire et anti-hémolytique des extraits de cannelle

- Les flavonoïdes (figure 13) :

L'ensemble des flavonoïdes de structure générale en C15 (C6-C3-C6) comprend à lui seul plusieurs milliers de molécules regroupées en plus de dix classes (**Harborne, 1980**).

Ces composés se présentent sous forme d'hétérosides (**Heller et al., 1998**), dont certains revêtent une importance biologique et technologique majeure. Parmi eux, on distingue les anthocyanes, pigments responsables des teintes rouges à bleues, les flavones et flavonols, de couleur crème à jaune pâle, les flavanes, précurseurs d'un groupe significatif de tanins condensés, ainsi que les isoflavones, reconnues pour leur rôle bénéfique dans la santé humaine (**Medic-Saric et al., 2004 ; Macheix et al., 2005**).



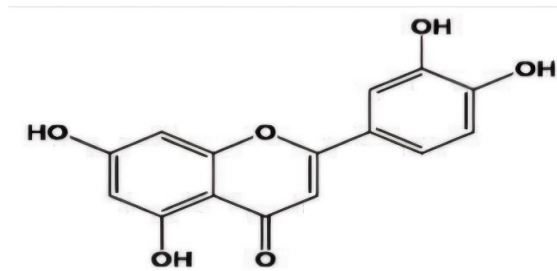
**Figure 13** : Flavonoïde

Les flavonoïdes exercent une activité antioxydante qui contribue à la protection du système cardiovasculaire en renforçant et en réparant les parois vasculaires, tout en améliorant la résistance au stress oxydatif. Par ailleurs, ils présentent des propriétés anti-inflammatoires, hépatoprotectrices, antitumorales, antivirales et hypotensives. Des flavonoïdes tels que le kaempférol, la myricétine et la quercitrine, présents dans diverses plantes, jouent un rôle protecteur contre les maladies cardiovasculaires et sont utilisés dans le traitement des troubles vasculaires, notamment l'insuffisance veineuse, les ecchymoses, les hémorroïdes et les épistaxis (<http://www.maplante.com/>).

- Les anthocyanes :

Le terme « anthocyanes » à une valeur générale désignant, soit les formes naturelles glycosylées, soit les molécules non glycosylées (**Macheix, 2005**). Chez les anthocyanes, en plus de la position 3 qui est toujours glycosylée, il y a aussi préférentiellement la position 5 qui est aussi glycosylée (figure 14).

## Étude des activités anti inflammatoire et anti-hémolytique des extraits de cannelle



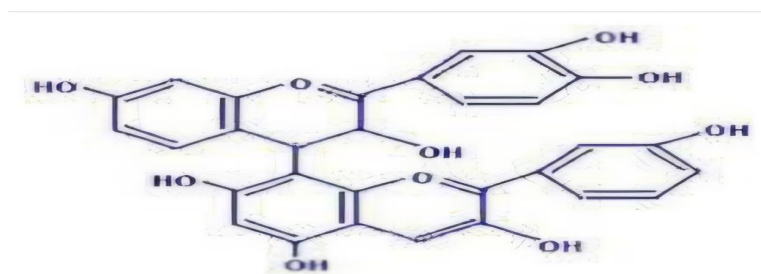
**Figure 14** : Anthocyanidines : pélagonidine (R=H), cyanidine (R=OH).

Elles sont favorables à notre santé et notamment en ce qui concerne le vieillissement cellulaire, elles améliorent la densité et l'élasticité de la peau. Les anthocyanes évitent aussi les rougeurs en renforçant la résistance des petits vaisseaux sanguins de l'épiderme, améliorent globalement la vision nocturne et l'acuité visuelle (<http://www.espritsante.com/>).

- Les tanins :

Il est classique de distinguer deux grands groupes de tanins, différents à la fois par leur réactivité chimique et par leur composition (**Haslam, 1989**).

Les tanins hydrolysables sont des esters de glucose et d'acide gallique (**Guignard, 2000**). Ils se distinguent par leur capacité à subir une hydrolyse chimique, souvent enzymatique, qui conduit à la libération d'une fraction non phénolique – généralement un sucre tel que le glucose – et d'une fraction phénolique (figure 15). Cette dernière correspond soit à l'acide gallique, soit à un dimère de celui-ci, connu sous le nom d'acide ellagique (**Guignard, 2000**). Les tanins condensés sont constitués d'oligomères ou de polymères de flavane-3-ol, dérivés de la (+) - catéchine ou de ses divers isomères (**Harborne, 1980 ; Awika & Rooney, 2004**). Leur aptitude à précipiter les protéines du derme explique leur emploi traditionnel dans le processus de tannage des peaux (**Guignard, 2000**).



**Figure 15** : Tanin

Ils représentent le plus grand nombre de polyphénols. Elles sont connues pour leurs propriétés astringentes et antioxydantes (<http://www.maplante.com/>).

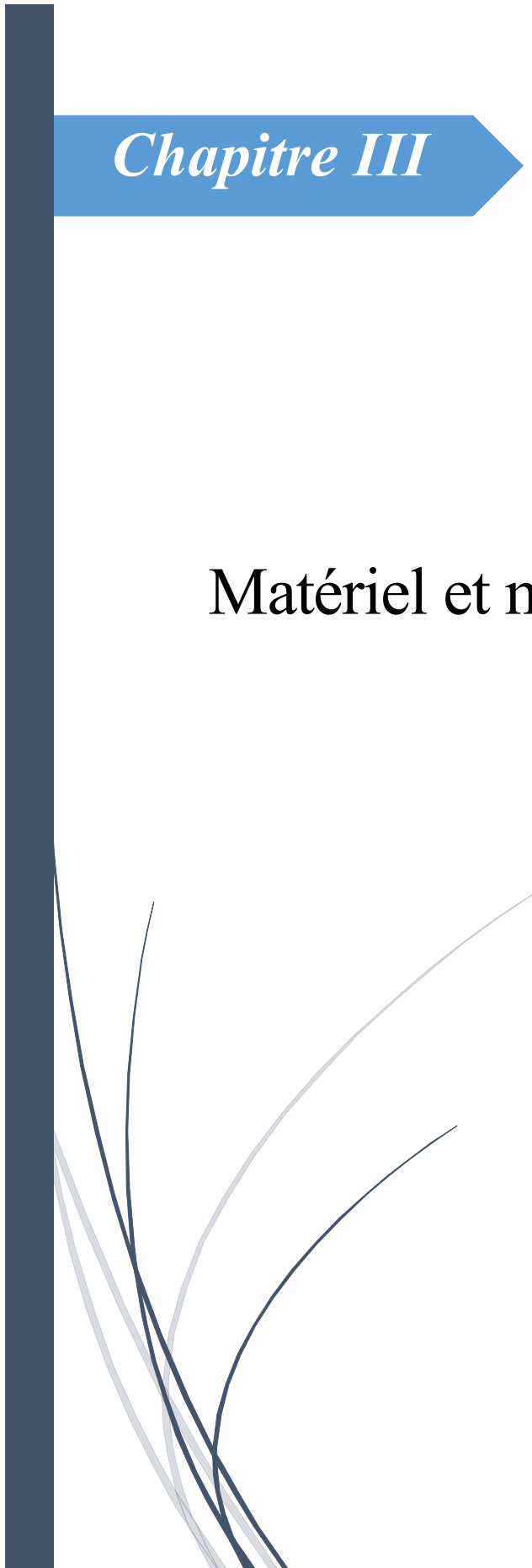


**Deuxième partie :**  
**Etude expérimentale**



*Chapitre III*

Matériel et méthodes



Les travaux ont été réalisés, sur une période de trois semaines (23 février – 12 mars 2025), au sein du laboratoire de recherche PPABIONUT, département de Biologie, faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen.

Ce travail consiste en une étude *in vitro* qui vise à déterminer la composition chimique des extraits de *Cinnamomum zeylanicum* (cannelle), ainsi que les propriétés anti-inflammatoires et anti-hémolytiques.

## 1. Matériel d'étude :

### 1.1. Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé dans cette étude correspond à l'espèce de cannelle sous le nom de *Cinnamomum zeylanicum*, est obtenu chez un herboriste de la wilaya de Tlemcen.

### 1.2. Produits chimiques :

Les réactifs et les solvants utilisés sont reportés dans le tableau 4 :

**Tableau 04** : Des produits utilisés et leurs formules brutes.

Nom du produit	Formule
Méthanol	CH <sub>3</sub> OH
D'iodure de potassium	KI
D'iode	I <sub>2</sub>
Chlorure ferrique	FeCl <sub>3</sub>
D'anhydrique acétique	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>
L'acide sulfurique	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
L'acide chlorhydrique	HCL
Chloroforme	CHCL <sub>3</sub>
D'hydroxyde de sodium	NaOH
Ammoniac	NH <sub>4</sub> OH
La protéine albumine du sérum bovine	BSA
Tampon phosphate	H <sub>2</sub> KO <sub>4</sub> P
Solution hyposaline	NaCl
Acide gallique	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub>
Magnésium	Mg <sup>2+</sup>
Diclofénac sodique	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> Cl <sub>2</sub> NNaO <sub>2</sub>
Tris-HCL	C <sub>4</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>3</sub>

## 2. Méthodes :

### 2.1. Préparation de la poudre de cannelle :

Dans un mortier et à l'aide d'un pilon 200 mg d'écorce de cannelle de Ceylan ont été broyées jusqu'à l'obtention d'une poudre fine (figure 17).



**Figure 17** : La cannelle avant et après le broyage (photos personnelles).

## 2.2. Préparation des extraits :

### 2.2.1. Macération :

Technique qui consiste à laisser séjourner un corps solide dans un liquide ou dans un milieu humide, pour extraire certains principes actifs ou nutritifs de ce corps ou pour obtenir une modification de celui-ci, état d'un corps soumis à cette action.

50g de la poudre de la cannelle Ceylan, est mise en macération dans 100ml d'éthanol (80/20 ; V/V) pendant 24h à température ambiante. Cette opération est répétée en 03 fois avec renouvellement du solvant. Les macéras sont à chaque fois filtrés sur papier filtre et les 3 filtrats sont réunis. La majeure quantité du solvant est éliminée du filtrat sous vide à 40°C à l'aide d'un Rota vapeur, et le reste est éliminé à l'aide de l'étuve à 40°C (figure 18).



**Figure 18** : Les étapes de la macération de cannelle (photos personnelles).

### 2.2.2. Décoction :

C'est une méthode d'extraction des principes actifs et/ou des arômes d'une préparation généralement végétale par dissolution dans l'eau bouillante. Elle s'applique généralement aux parties les plus dures des plantes : racines, graines, écorce, bois.

50 grammes de matériel végétal (la poudre de cannelle) sont pesés et mélangés avec 500 ml d'eau distillée dans un erlenmeyer et bouillis pendant 30°C minutes. Ensuite, le refroidir puis le filtrer à l'aide d'un papier filtre. Le filtrat est séché dans l'étuve 30 pendant trois jours pour éliminer l'eau résiduelle ; le résidu obtenu est entreposé dans un récipient hermétiquement fermé (figure 19).



Figure 19 : Les étapes de la décoction de cannelle (photos personnelles)

### 3. Test qualitatif : Screening phytochimique :

Le screening phytochimique est une méthode permettant de détecter la présence des principaux groupes de composés chimiques au sein d'une substance végétale donnée (El-Haoud et al., 2018). Ce test permet une analyse qualitative basée sur des réactions de coloration et/ou de précipitation en utilisant des réactifs spécifiques (Harborne et al., 1973 ; Boudjema et al., 2021).

Ce screening a été réalisé sur les décoctions et les extraits surchauffés de cannelle en poudre permettant de déceler l'existence d'une variété de métabolites secondaires ; les résultats ont été évalués comme suit : +++ : Fortement positif ; ++ : Moyennement positif ; + : Faiblement positif ; - : Négatif ; ND : non déterminé

### 3.1. Test pour les alcaloïdes :

Le test est réalisé par la préparation de réactif de Wagner (2g d'iodure de potassium KI avec 1,27 g d'iode  $I_2$  et 100ml d'eau distillée) auquel est ajouté 2ml de chaque extrait. L'apparition d'un précipité blanc jaune indique la présence des alcaloïdes (figure 20).

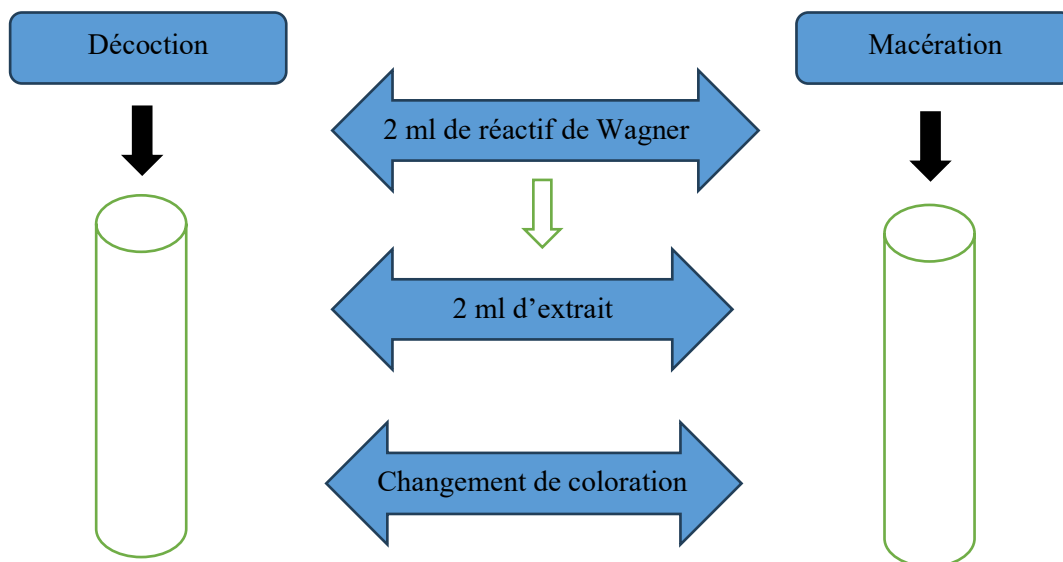


Figure 20 : Schéma récapitulatif du protocole de test alcaloïde.

### 3.2. Test des Tanins :

La présence des tanins est mise en évidence en ajoutant à 2ml de l'extrait méthanolique, 1 à 2 gouttes de solution de chlorure ferrique ( $FeCl_3$ ) diluée à 0,1%. L'apparition d'une coloration vert foncé indique la présence de tanins catéchiques ou bleu vert indique la présence des tanins galliques (figure 21).

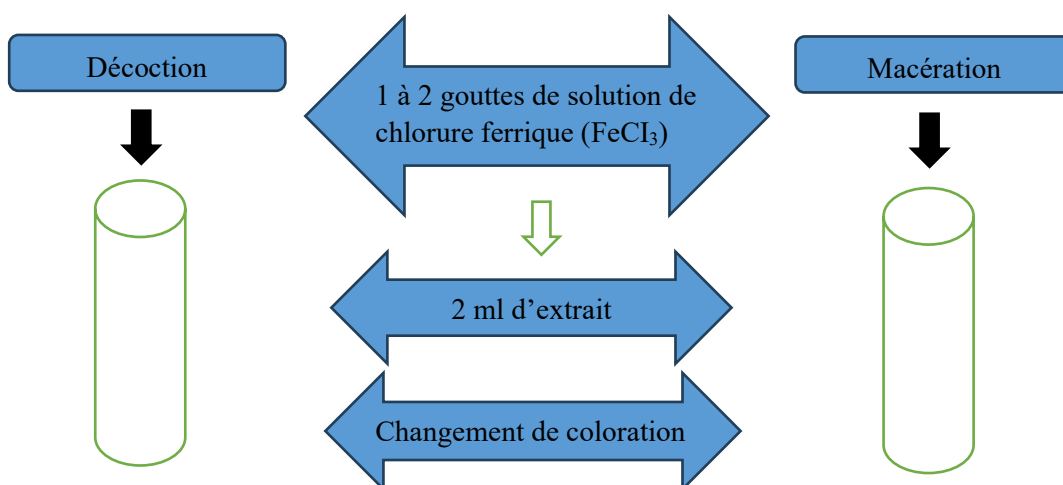


Figure 21 : Schéma récapitulatif du protocole de test Tanin.

### 3.3. Test des Stéroïdes :

La présence des stéroïdes a été mise en évidence par l'ajout à 5 ml de l'extrait, 5ml d'anhydride acétique dans une capsule, puis reprise dans un tube à essai dans lequel sont coulés 0,5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré. L'apparition d'une coloration violette qui vire au bleu puis au vert indique une réaction positive (figure 22).

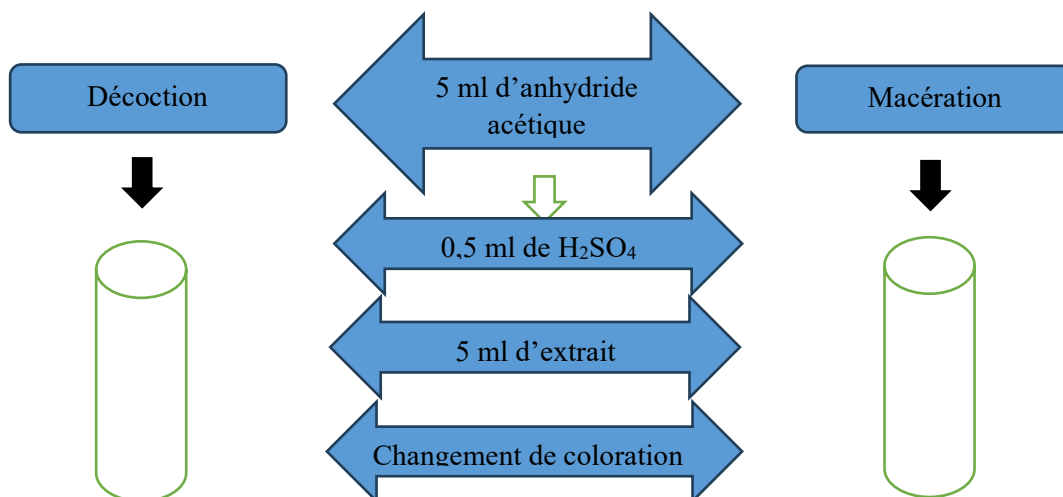


Figure 22 : Schéma récapitulatif du protocole de test Stéroïde.

### 3.4. Test des Flavonoïdes :

Dans un tube à essai, 1ml de l'extrait à tester est mélangé avec 1ml d'acide chlorhydrique (HCl) concentré et 3 copeaux de magnésium. L'apparition d'une coloration rose, rouge ou jaune indique la présence des flavonoïdes (figure 23).

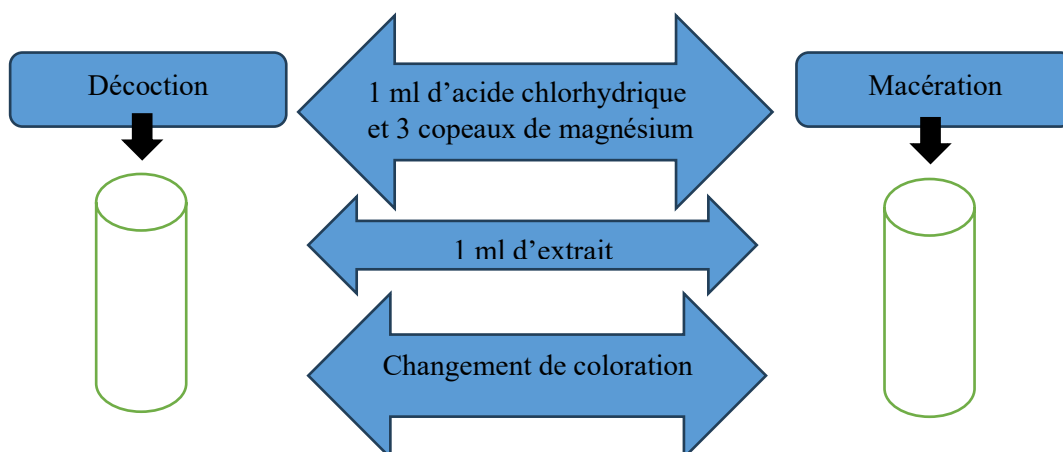
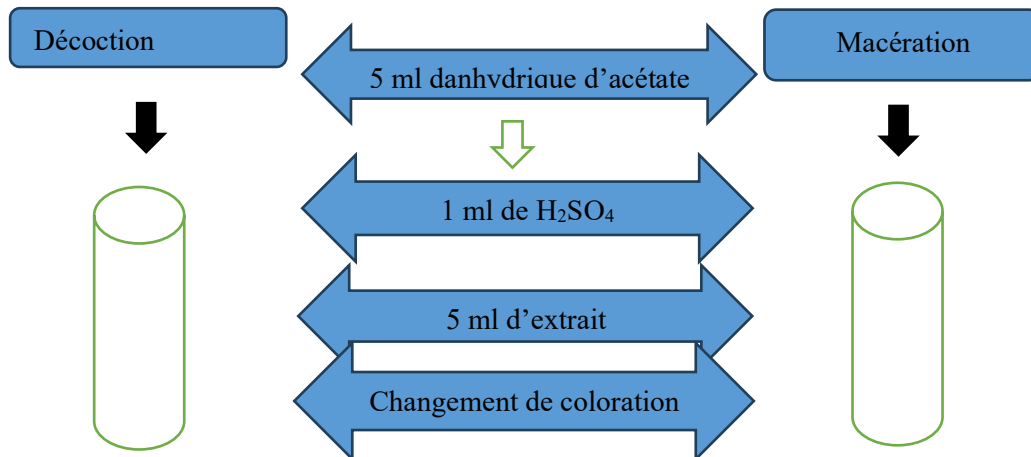


Figure 23 : Schéma récapitulatif du protocole de test Flavonoïde.

### 3.5. Test des terpénoïdes :

La mise en évidence de l'existence des terpénoïdes est réalisée par la réaction de Liebermann-Buchard, on ajoute à 5ml d'extrait, 5ml d'anhydride d'acétate ; ensuite 1ml d H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> est ajouté

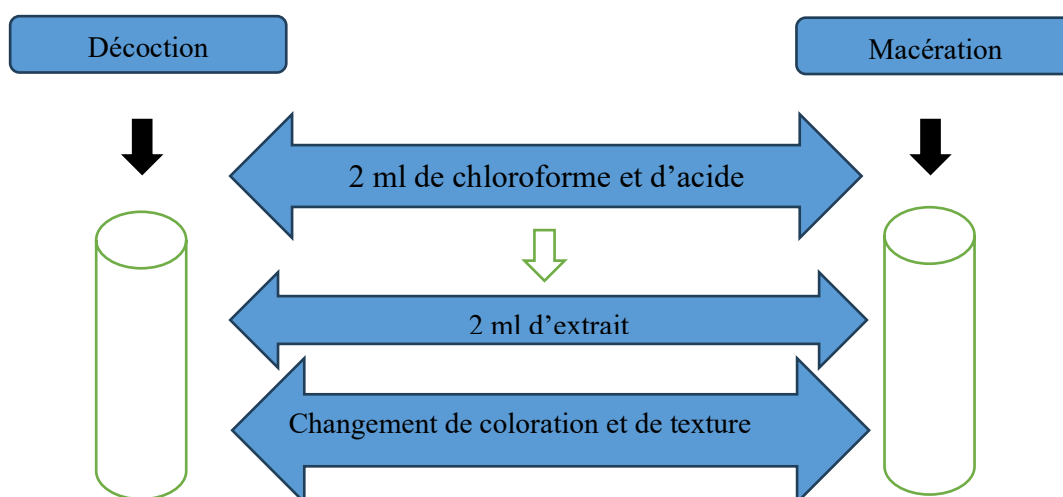
au fond du tube sans agitation. La formation d'un anneau brunâtre à la zone de contact des deux liquides et d'une coloration violette de la couche surnageante révèlent la présence des stéroïls et des triterpènes (figure 24).



**Figure 24** : Schéma récapitulatif du protocole de test des terpénoïdes.

### 3.6. Test des glycosides cardiaques :

Un volume de 2ml de chaque extrait a été dissous avec 2ml de chloroforme et d'acide sulfurique concentré ajouté avec précaution pour former une couche rougeâtre foncée de couleur brune à l'interface de l'anneau stéroïde ce qui indique la présence de glycoside cardiaque (figure 25).



**Figure 25** : Schéma récapitulatif du protocole de test Glycoside cardiaque.

### 3.7. Test des anthocyanes :

Les anthocyanes sont révélés par l'ajout de 1ml d'extrait, 3ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 10% et 1ml de NH<sub>4</sub>OH à 10%, si la coloration s'accroît par acidification puis vire au bleu en milieu basique, on peut conclure la présence des anthocyanes (figure 26).

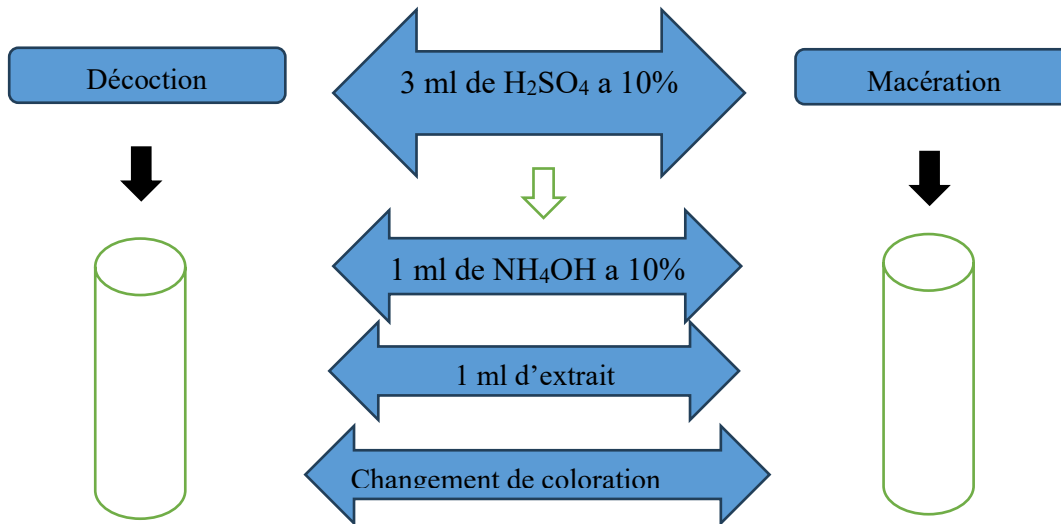


Figure 26 : Schéma récapitulatif du protocole de test Anthocyane.

### 3.8. Test des anthraquinones :

Un volume de 5ml de solution ammoniacale sont ajoutés au 5ml de filtrat. La présence de la coloration rose ou violette à la phase ammoniacale indique la présence des quinones (figure 27).

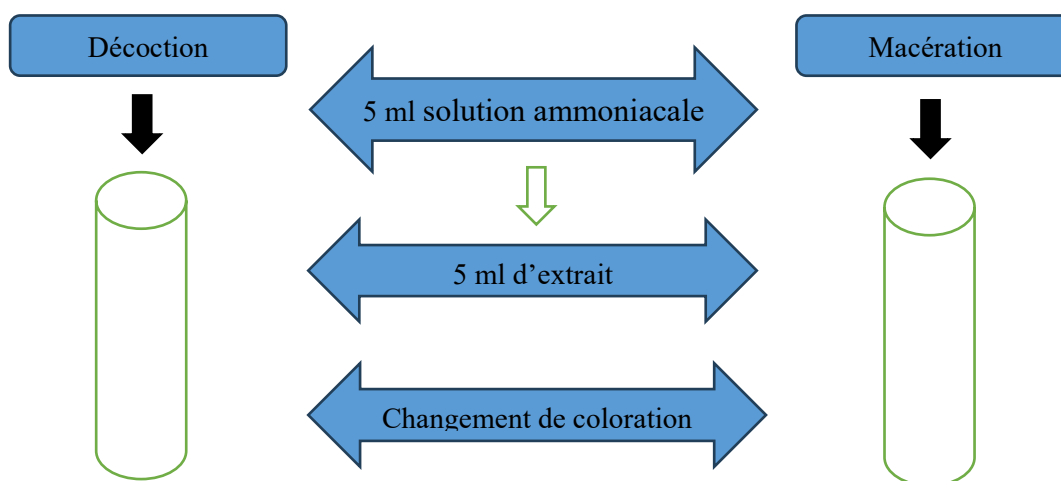
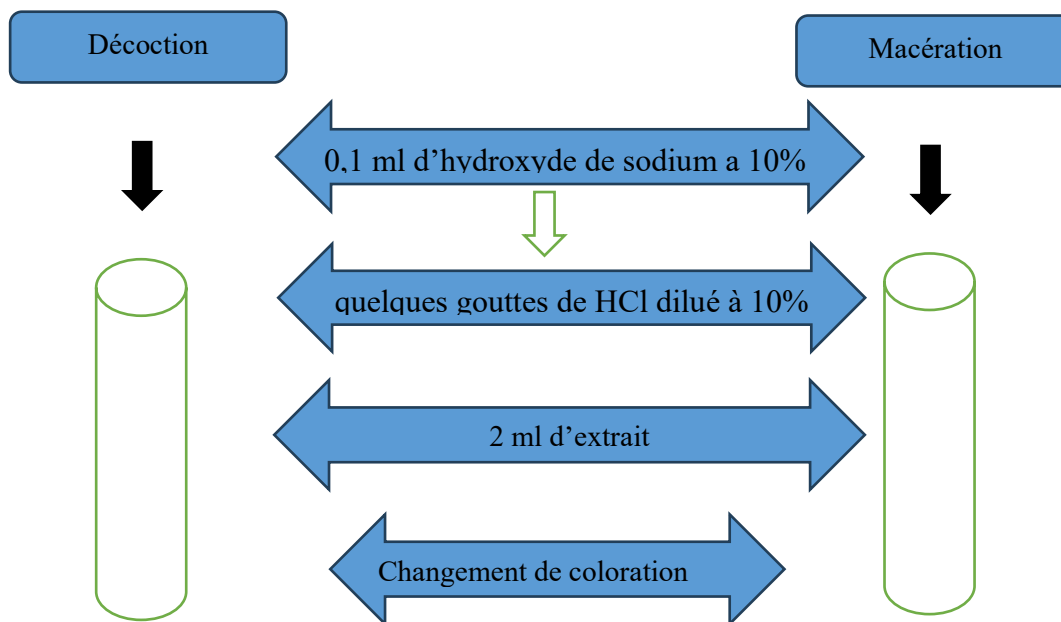


Figure 27 : Schéma récapitulatif du protocole de test Anthraquinone.

### 3.9. Test des huiles volatiles :

On ajoute à 2ml d'extrait, 0,1 ml d'hydroxyde de sodium (10%) et quelques gouttes de HCl dilué à 10%, la formation d'un précipité blanc indique la présence d'huiles volatiles (figure 28).



**Figure 28** : Schéma récapitulatif du protocole de test des huiles volatiles.

## 4. Evaluation de l'activité anti inflammatoire in vitro

### 4.1. Inhibition de la dénaturation des protéines :

#### 4.1.1. Principe :

Afin d'évaluer l'activité inflammatoire des extraits de plante, nous avons appliqué le test d'inhibition de la dénaturation des protéines in vitro. Le principe consiste à l'inhibition de dénaturation de la protéine albumine du sérum bovine (BSA) par la chaleur à 72°, pour les extraits.

#### 4.1.2. Mode opératoire :

Préparations des solutions

- Préparation du Tris-HCl 0,05 M pH : 6,6

1g est dissous dans 200 ml d'eau distillée. Le pH est par la suite ajusté à 6,6 avec l'HCl.

- Préparation des blancs

Pour chaque concentration d'extrait de plante, un blanc extrait est préparé dans lequel 0,1ml d'extrait est ajouté à 1 ml de Tris-HCl (ce blanc a pour but de soustraire l'absorbance de l'extrait des résultats obtenus).

Un blanc BSA contenant 1 ml de la solution de BSA ajouté à 1 ml du solvant utilisé pour les extraits (le résultat obtenu correspond à la dénaturation totale du BSA en absence de substance inhibitrice)

- Préparation de la solution BSA 0,2%

0,2 g de BSA est dissoute dans 100 ml de tampon Tris-HCL

- Préparation des extraits

Préparer une solution mère de 10 mg/ml de chaque extrait

- Préparation du standard

Préparer une solution mère de 0,5 mg/ml de Diclofénac sodique

$C1V1 = C2V2$

• Pour 100 µg/ml : prélever 2 ml de la solution mère et compléter à 10 ml.

• Pour 150 µg/ml : prélever 3 ml de la solution mère et compléter à 10 ml.

• Pour 250 µg/ml : prélever 5 ml de la solution mère et compléter à 10 ml.

• Pour 500 µg/ml : c'est le volume de la solution mère

- préparation des extraits (macération et décoction) à des concentrations variées (100, 150, 250, 500 µg/ml).

1 ml de chaque concentration d'extrait ou du standard a été ajouté à 1 ml de solution de BSA 0,2 % préparé dans le Tris HCl à pH : 6,6 Le mélange est ensuite incubé à 37°C pendant 15 min. Puis dans un bain marie à 72°C pendant 5 min. À la fin de l'incubation, le mélange est refroidi rapidement, puis son absorbance est mesurée à 660 nm dans un spectrophotomètre à cuve. Dans ce test, du diclofénac sodique a été utilisée comme anti-inflammatoire de référence.

- Préparation des échantillons :

Ajouter 1 ml de chaque concentration d'extrait ou du standard (par exemple, diclofénac sodique) à 1 ml de la solution de BSA préparée à 0,2 %. Ainsi des mélanges avec différentes concentrations d'extrait ou de standard sont obtenus.

- Incubation initiale :

Incuber chaque mélange à 37°C pendant 15 minutes. Cette incubation permet de faciliter l'interaction entre les composés (extrait/standard) et la BSA.

- Chauffage dans le bain-marie :

Après l'incubation à température ambiante, les échantillons sont placés dans un bain-marie à 72 °C pendant 5 minutes. Ce chauffage permet de favoriser les réactions ou les changements de conformation dans les protéines ou les extraits.

- Refroidissement :

À la fin de l'incubation à 72°C, les échantillons sont refroidis rapidement pour stopper les réactions thermiques, probablement à température ambiante ou en les plaçant dans un bain de glace.

- Mesure de l'absorbance :

Une fois les échantillons refroidis, l'absorbance est mesurée à 660 nm dans un spectrophotomètre. Cette longueur d'onde est souvent utilisée pour analyser les interactions protéiques ou pour des essais colorimétriques spécifiques. Il est important d'utiliser des cuves propres et adaptées pour les mesures.

- Contrôle :

Diclofénac sodique est utilisé comme anti-inflammatoire de référence. Cela signifie que l'efficacité des extraits ou des standards est comparée à celle du Diclofénac (figure 29).



**Figure 29** : Evaluation de l'activité anti-inflammatoire par le test de BSA (photos personnelles).

#### 4.2.3. Exploitation des résultats :

Le pourcentage d'inhibition de la dénaturation de la protéine a été calculé par :

Le pourcentage d'inhibition =  $100 - (At - Ac) / At * 100$

At = Absorbance de solution d'essai (extrait testé).

Ac = Absorbance du contrôle.

## 5. Evaluation de l'activité anti hémolytique

### 5.1. Principe :

L'effet anti-hémolytique d'un extrait est évalué in vitro par l'utilisation de modèle érythrocytaire.

Ce dernier est facile à isoler du sang et sa membrane présente des similitudes avec d'autres membranes cellulaires (Shobana et Vidhya, 2016). L'exposition des globules rouges à certains paramètres physicochimiques tel que le milieu hypotonique, l'utilisation d'un perturbateur membranaire comme les détergents ou les espèces réactives oxygénées, provoque une rupture de sa membrane cytoplasmique provoquant ainsi la libération de l'hémoglobine qui sera alors dosée par spectrophotométrie d'absorbance visible à 560 nm.

### 5.2. Mode opératoire :

La suspension érythrocytaire est obtenue après centrifugation du sang à 3000rpm /5min, le culot récupéré est lavé 3 fois avec de l'eau physiologique, le culot obtenu est resuspendu dans l'eau physiologique à raison de 1 volume du culot à 9 volumes de l'eau physiologique, permettant ainsi d'obtenir un hémocrite à 10% (Rani et al., 2014). Dans des tubes à essais, 0,5 ml d'extrait aqueux ou méthanolique (dissous dans NaCl 0,9 %), 1,5 ml du tampon phosphate (0,15 M, pH 7,4) et 2 ml de la solution hyposaline (NaCl à 0,36 %) ont été mélangés et incubés, à 37 °C pendant 20 min (figure 30). Par la suite, un volume de 0,5 ml de la suspension des érythrocytes (10 %) a été rajouté pour chaque tube, enchaîné d'une incubation, à 56 °C pendant 30 min. Les tubes ont été mis dans de l'eau froide pendant 20 min, afin d'arrêter la réaction ensuite centrifugé, à 3000 rpm pendant 5 min. La lecture d'absorbance du surnageant est faite à 560 nm, à l'aide d'un spectrophotomètre. Le contrôle consiste en un mélange de 2 ml de la solution hyposaline, 2 ml du tampon PBS, 0,5 ml de la suspension de globules rouges et 0,5 ml d'eau physiologique. L'acide gallique est utilisé comme molécule de traitement anti-inflammatoire, avec les mêmes concentrations que l'extrait (100, 150, 250, 500µg/ml).

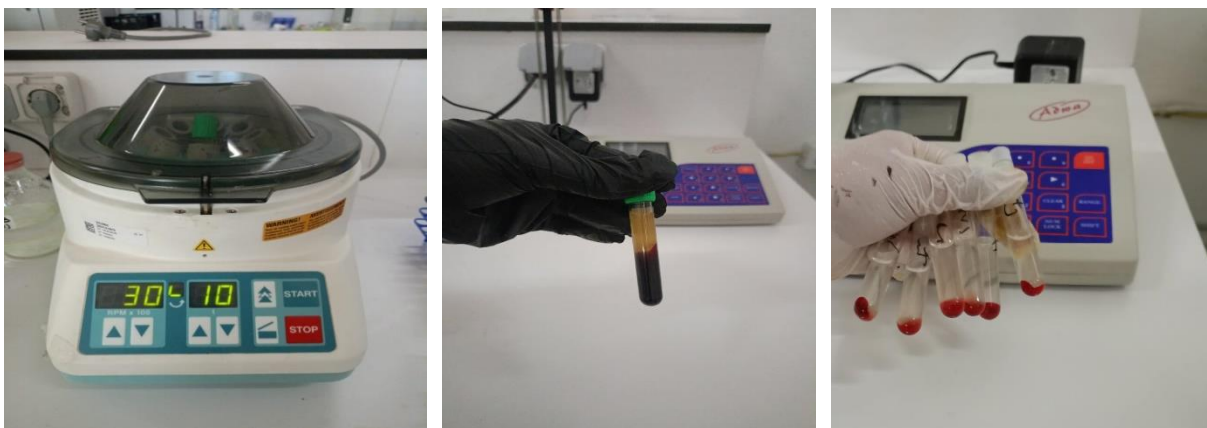


Figure 30 : Préparation de la suspension érythrocytaire (photos personnelles).

### 5.3. Exploitation des résultats :

Le pourcentage d'hémolyse a été calculé selon l'équation suivante :

Inhibition de l'hémolyse% =  $[(Ac - At) / Ac] * 100$

Ac : absorbance de control ; At : absorbance de l'échantillon (test).

### Conclusion

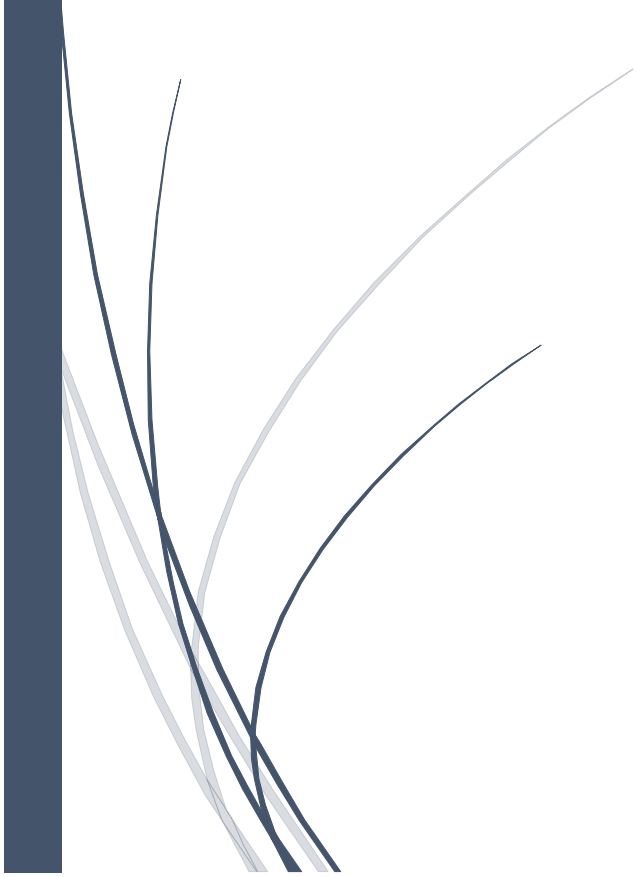
Ce chapitre a exposé toutes les procédures expérimentales déployées pour évaluer les caractéristiques anti-inflammatoires et anti-hémolytiques des extraits de *Cinnamomum zeylanicum*. En utilisant une approche méthodique pour la préparation des extraits par macération et décoction, ainsi qu'une analyse phytochimique détaillée, nous avons réussi à identifier plusieurs métabolites secondaires bioactifs (comme les flavonoïdes, les tanins et les stéroïdes), qui pourraient être impliqués dans les effets pharmacologiques remarquables.

Cette étude expérimentale souligne l'importance des extraits de cannelle comme source potentielle de composés naturels à activité thérapeutique, particulièrement en ce qui concerne les domaines de l'inflammation et la protection cellulaire.



*Chapitre IV*

Résultats et Discussion



La technique d'extraction est une étape très importante dans l'isolement et la récupération des composés phytochimiques existants dans le matériel végétal (Quy Diem Do et al., 2014). Elle est influencée par sa nature chimique, la méthode utilisée, la taille d'échantillon étudié, ainsi que la présence de substances interférentes (Stalikas, 2005).

Dans ce travail, nous avons utilisé deux méthodes d'extraction : Extraction par macération (méthanol aqueux, 80/20%), et extraction par décoction (eau bouillante, 30 min). L'étude comparative des ces deux méthodes d'extraction porte sur :

- Le rendement d'extraction des composés
- Le dosage quantitatif et qualitatif des composés
- L'activité anti-inflammatoire
- L'activité anti-hémolytique

### 1. Rendement d'extraction :

Les rendements représentant le poids de l'extrait par rapport au poids du matériel végétal utilisé sont calculés, dans cette étude le rendement a été déterminé par rapport à 50g de broyat de cannelle et les résultats sont illustrés dans le tableau suivant :

**Tableau 05** : Poids d'extrait sec et rendement selon les méthodes d'extraction (Macération / Décoction) de cannelle.

Méthode d'extraction	Poids d'extrait sec (g)	Rendement (%)
Macération (méthanol aqueux, 80/20%)	3,2	6,4
Décoction (eau bouillante, 30min)	2,9	5,8

D'après ces résultats, nous pouvons déduire que :

Le rendement le plus élevé a été obtenu par la méthode d'extraction avec méthanol aqueux par rapport à la deuxième méthode (décoction).

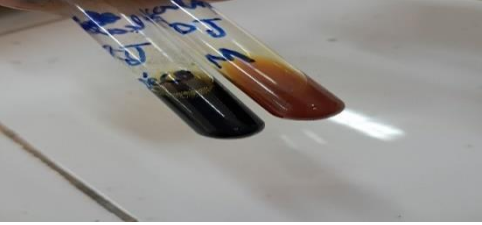

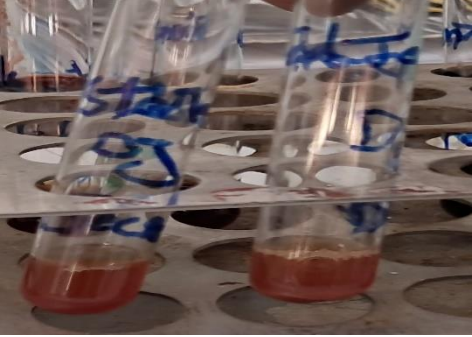
Le rendement d'extraction correspond au rapport entre la quantité de substances naturelles extraites par l'action d'un solvant et la quantité totale de ces substances présentes dans la matière végétale. Ce rendement dépend de plusieurs paramètres, notamment le type de solvant utilisé, le pH, la température, la durée de l'extraction, ainsi que la composition de l'échantillon.







Selon certains auteurs, l'association de l'eau avec un solvant organique peut favoriser l'extraction, de composés chimiques solubles aussi bien dans l'eau que dans les solvants organiques (Quy Diem Do et al., 2014).

## 2. Screening phytochimique :

Les analyses phytochimiques qualitatives ont été réalisées sur l'extrait de *Cinnamomum zeylanicum* (décoction et macération) pour détecter ses métabolites primaires et secondaires. Les tests phytochimiques consistent à détecter les différentes familles de composés contenus dans les extraits par les réactions qualitatives caractérisés par la coloration ou la présence d'un précipité du milieu réactionnel spécifiquement au composé à détecter (Tableau 6).

**Tableau 06** : Résultats du screening phytochimique.

Les testes	Les extraits		Observation
	Macération	Décoction	
Alcaloïdes	++	+	
Tanins	++	+	
Stéroïdes	-	-	

Flavonoïdes	+++	+++	
Terpénoides	+++	+++	
Glycosides cardiaques	+++	+++	
Anthocyanes	-	-	
Antraquinones	+	+	
Les huiles volatiles	+	+	

(+++): Présence en quantité importante / (++) : Présence en quantité moyenne/ (+) : Présence/ (-) : Absence.

Selon les résultats du tableau 06, il apparaît que les extraits de cannelle sont pourvus de tous les métabolites étudiés à l'exception des stéroïdes et anthocyanes qui sont absents. Les teneurs en flavonoïdes, les glycosides cardiaques et les terpénoïdes semblent importantes chez la cannelle.

Les extraits montrent des différences remarquables dans leurs teneurs en métabolites, il apparaît à partir du tableau que, les alcaloïdes et les tanins sont présents en quantité moyenne dans l'extrait décoction que l'extrait de macération. Concernant les anthocyanes et les huiles volatiles sont faiblement présents avec une teneur égale dans les deux extraits.

### **Discussion :**

Les analyses phytochimiques réalisés sur les extraits de *Cinnamomum zeylanicum* est une étape préliminaire d'une grande importance puisqu'elle révèle la présence ou l'absence des constituants connus par leurs activités anti-inflammatoires et anti-hémolytiques et possédant des vertus médicinales (Sofowora, 1993). La richesse de la cannelle en métabolites est décrite également par Toubal et al. (2012). L'étude comparative des extraits de cannelle obtenus par décoction et macération révèle une composition phytochimique variée, caractérisée par la présence de plusieurs groupes de métabolites secondaires. La similitude globale entre les deux profils indique que les deux méthodes d'extraction sont efficaces pour isoler un certain nombre de composés solubles dans l'eau.

Les flavonoïdes, glycosides cardiaques et terpènes sont abondamment extraits par les deux procédés, ce qui met en évidence le potentiel biologique de la cannelle. Leur forte présence suggère une bonne affinité avec le solvant aqueux, indépendamment de la méthode utilisée.

L'absence totale de stéroïdes et d'anthocyanes dans les deux extraits peut s'expliquer par une très faible concentration de ces composés dans la plante ou par l'inadéquation du solvant utilisé. Des techniques d'extraction alternatives pourraient être envisagées pour permettre leur détection et leur valorisation. Les alcaloïdes et tanins sont présents en quantité modérée dans les deux extraits, sans écart significatif entre la décoction et la macération. Cela indique que la température appliquée dans la décoction ne semble pas affecter de manière notable l'extraction de ces composés.

Concernant les huiles volatiles, bien qu'elles soient peu représentées dans les deux extraits, une légère augmentation est observée dans celui obtenu par décoction. L'action de la chaleur

pourrait faciliter la libération de ces substances, mais elle peut également entraîner des pertes dues à leur instabilité thermique ou à leur évaporation.

Ces résultats montrent que le choix de la méthode d'extraction influence certains aspects qualitatifs des extraits, bien que la composition générale reste relativement stable. Une combinaison de méthodes ou l'ajustement de certains paramètres d'extraction (temps, température, nature du solvant) pourrait permettre d'obtenir des extraits plus riches ou mieux ciblés. Enfin, une analyse quantitative serait nécessaire pour appuyer ces résultats et orienter leur exploitation dans un cadre thérapeutique.

### 3. L'activité anti-inflammatoire :

#### 3.1. Inhibition de la dénaturation thermique des protéines (BSA) :

La dénaturation des protéines constitue l'un des mécanismes impliqués dans le déclenchement de la réponse inflammatoire (Barros et al., 2008 ; Bagad et al., 2011). En effet, la formation d'auto-antigènes observée dans diverses pathologies inflammatoires pourrait résulter de la dénaturation des protéines in vivo. Ce processus implique la perturbation des interactions stabilisant la conformation tridimensionnelle des protéines, notamment les liaisons électrostatiques, hydrogène, hydrophobes et disulfures (Mizushima, 1964 ; Barros et al., 2008).

Il a été démontré que certains anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS), tels que la phénylbutazone et l'indométacine, n'agissent pas uniquement par inhibition de la biosynthèse des prostaglandines pro-inflammatoires, mais qu'ils exercent également un effet inhibiteur sur la dénaturation des protéines (Sangeetha et al., 2011). Ces composés empêchent notamment la dénaturation de l'albumine induite par la chaleur à pH physiologique.

La figure 31 représente la variation du pourcentage de protection vis-à-vis de la dénaturation thermique du BSA en fonction des différentes concentrations en extrait. Ces résultats sont comparés à ceux enregistrés pour le diclofénac, considéré dans ce test comme molécule de référence.

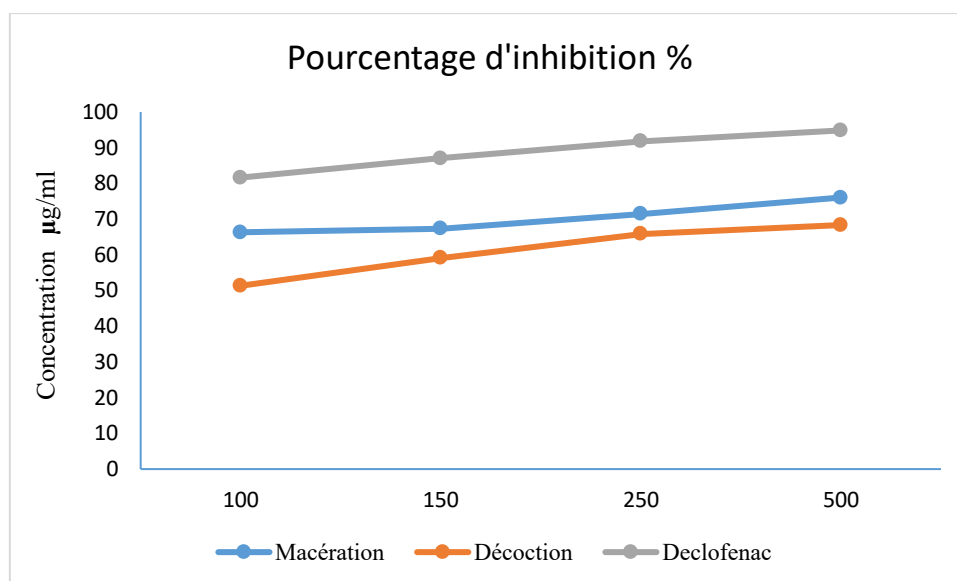


Figure 31 : Pourcentages d'inhibition de la dénaturation du BSA

### 3.2. Discussion :

Les résultats obtenus suggèrent l'existence d'une relation proportionnelle entre l'augmentation de la concentration et le pourcentage d'inhibition de la dénaturation de la BSA, tant pour le diclofénac que pour les deux extraits aqueux des plantes étudiées.

L'analyse comparative révèle que, quelle que soit la concentration testée, le pourcentage d'inhibition de la dénaturation de la BSA induit par les extraits végétaux demeure inférieur à celui observé avec le diclofénac. À une concentration de 500 µg/ml, ce dernier a montré une inhibition maximale de  $94,86 \pm 5,78$  %. En revanche, à une concentration de 500 µg/ml, l'extrait de macération a présenté un taux d'inhibition de  $76,06 \pm 4,43$  %, tandis que celui de l'extrait de décoction s'élevait à  $68,35 \pm 7,67$  %.

L'analyse des résultats met en évidence une relation clairement dose-dépendante entre la concentration des extraits testés et le taux d'inhibition observé. Cette relation positive, caractéristique des interactions pharmacologiques, indique que l'augmentation de la concentration des composés bioactifs présents dans les extraits conduit à une intensification progressive de leur effet inhibiteur. Ce phénomène traduit un mécanisme d'action cumulatif, où la probabilité d'interaction avec les cibles biologiques augmente proportionnellement à la quantité de principe actif disponible.

La macération, qui s'effectue à température ambiante ou légèrement chauffée, préserve mieux l'intégrité des composés thermosensibles tels que les flavonoïdes, les polyphénols et autres

métabolites secondaires, reconnus pour leurs propriétés pharmacologiques anti-inflammatoires. En revanche, la décoction soumet les extraits à des températures élevées sur une durée prolongée, favorisant ainsi la dégradation thermique et la transformation chimique de ces molécules actives, ce qui se traduit par une réduction de l'efficacité pharmacologique et une variabilité accrue des résultats expérimentaux.

Il convient également de souligner que la plus grande variabilité observée avec la décoction, reflétée par un écart type plus élevé, met en lumière l'importance de la standardisation des méthodes d'extraction. En effet, les paramètres tels que la durée d'extraction, la température, le type de solvant, ainsi que la qualité et la provenance des matières végétales peuvent considérablement influencer la composition chimique et la concentration des principes actifs. L'absence de standardisation rigoureuse peut donc compromettre la reproductibilité et la constance de l'activité biologique des extraits.

De nombreuses études ont montré que les flavonoïdes possèdent une activité anti-inflammatoire puissante dans les modèles des inflammations aiguës et chroniques en inhibant la peroxydation des lipides, l'agrégation plaquettaire et la perméabilité capillaire (Falleh et al., 2008 ; Hussain et al., 2016 ; Li et al., 2016).

D'après ces résultats, on peut conclure que les deux extraits de *Cinnamomum zeylanicum* possèdent une activité anti-inflammatoire par inhibition de la dénaturation des protéines. Les deux sont donc capables d'inhiber la production d'auto-antigènes protéiques induisant une réponse immunitaire et participant ainsi à l'entretien de l'inflammation ce qui a pour incidence de nombreuses maladies inflammatoires (Sharma, 2011 ; Habibur et al., 2015).

#### **4. Activité anti-hémolytique :**

##### **4.1. Innocuité des extraits vis-à-vis de la cellule érythrocytaire :**

Les taux d'hémolyse obtenus après incubation des érythrocytes en présence des extraits de cannelle sont calculés en référence à un témoin positif (GR avec l'eau distillée) et à un témoin négatif (l'extrait avec le tampon phosphate salin). Ces résultats, représentés dans la figure 32, indiquent la variation du pourcentage d'inhibition de l'hémolyse en fonction des différentes concentrations en extrait. Ces résultats sont comparés à ceux enregistrés pour l'acide gallique, considéré dans ce test comme molécule de référence.

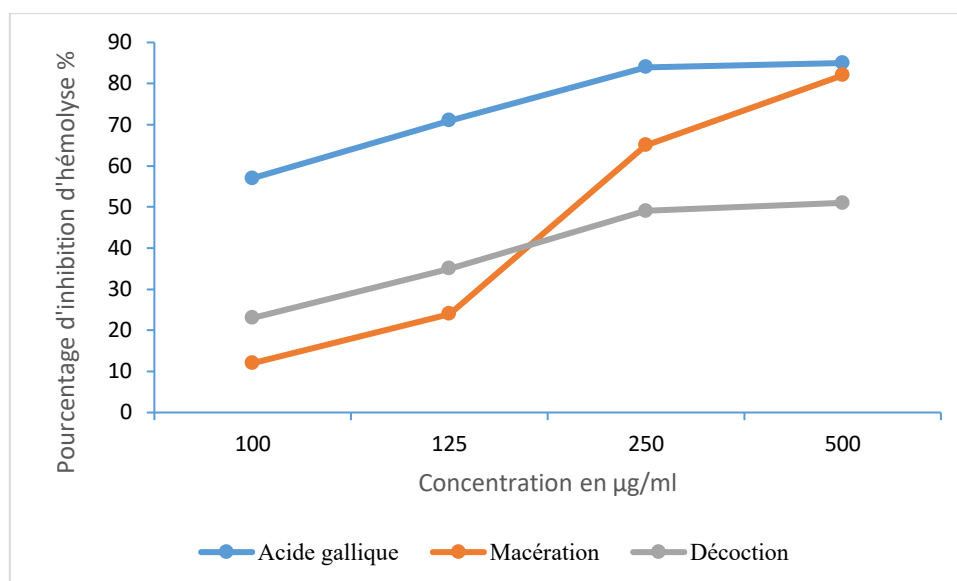


Figure 32 : Pourcentages d'inhibition d'hémolyse.

#### 4.2. Discussion :

L'étude de l'activité anti-hémolytique des extraits végétaux obtenus par macération et décoction, comparée à l'acide gallique, révèle des différences marquées en fonction des méthodes d'extraction et des concentrations utilisées. L'analyse des résultats met en évidence une corrélation positive entre la concentration des extraits et le pourcentage d'hémolyse, traduisant une activité dose-dépendante.

À faible concentration (100 µg/ml), l'activité hémolytique de l'acide gallique est significativement plus élevée (57%) comparée aux extraits par macération (12%) et décoction (23%). Ce résultat suggère que l'acide gallique, en tant que composé pur, exerce une action plus directe et efficace sur la lyse des globules rouges que les extraits complexes. Cependant, l'activité relativement modérée des extraits à cette concentration pourrait être attribuée à la faible quantité de composés bioactifs libérés ou à la présence de composés antagonistes.

Lorsque la concentration augmente à 125 µg/ml et 250 µg/ml, on observe une hausse progressive de l'hémolyse pour tous les types d'échantillons. Notamment, l'extrait de macération atteint 65% à 250 µg/ml, se rapprochant ainsi de l'efficacité de l'acide gallique (84%), tandis que la décoction atteint seulement 49%. Ce différentiel peut s'expliquer par la meilleure conservation des métabolites thermosensibles, tels que les polyphénols et les flavonoïdes, lors de la macération. En effet, ces composés sont connus pour interagir avec les

membranes cellulaires, altérant leur stabilité et augmentant la perméabilité membranaire, ce qui peut favoriser l'hémolyse dans un contexte expérimental contrôlé.

À la concentration maximale (500 µg/ml), l'extrait de macération présente une activité hémolytique quasi équivalente à celle de l'acide gallique (82 % contre 85 %), tandis que la décoction plafonne à 51 %. Ce résultat corrobore l'hypothèse selon laquelle la macération est une méthode plus favorable à l'extraction des principes actifs responsables de l'activité hémolytique. La faible performance de la décoction pourrait être due à la dégradation thermique de ces molécules actives, comme le suggèrent plusieurs études antérieures (**Lu et al., 2006 ; Bonarska-Kujawa et al., 2011**).

Par ailleurs, l'évolution des courbes illustrant le pourcentage d'hémolyse montre une pente plus marquée pour la macération, indiquant une montée rapide de l'activité en fonction de la concentration. À l'inverse, la décoction présente une progression plus lente et une activité globalement inférieure, traduisant une efficacité réduite. Ces résultats mettent en évidence l'importance cruciale du choix de la méthode d'extraction dans l'optimisation des effets pharmacologiques des extraits végétaux.

**Chaudhuri et al. (2007)** suggèrent que les polyphénols peuvent être responsables de cet effet anti-hémolytique, en stabilisant la membrane des érythrocytes contre la lyse osmotique. Ils suggèrent également que les flavonoïdes inhibent la peroxydation lipidique dans les membranes érythrocytaires et en même temps améliorent leur intégrité contre la lyse hypotonique.

En résumé, l'acide gallique se distingue par sa forte activité hémolytique à toutes les concentrations testées, ce qui confirme son potentiel en tant que composé de référence. L'extrait issu de la macération démontre une efficacité croissante et proche du standard à forte concentration, tandis que la décoction présente des performances moindres, probablement liées à la dénaturation thermique des composés actifs. Ces observations soulignent l'intérêt d'une standardisation des procédés d'extraction afin de garantir l'obtention d'extraits phytopharmaceutiques à forte valeur biologique.

## Conclusion

Ce chapitre a permis d'évaluer et de comparer deux méthodes d'extraction (macération et décoction) appliquées à la cannelle (*Cinnamomum zeylanicum*), en mettant en lumière leurs impacts sur le rendement, la composition phytochimique et les activités biologiques. Les résultats démontrent que la macération, utilisant un solvant méthanol-eau (80/20 %), offre un rendement d'extraction légèrement supérieur (6,4 %) par rapport à la décoction (5,8 %), tout en préservant mieux les composés thermosensibles, tels que les flavonoïdes et les polyphénols.

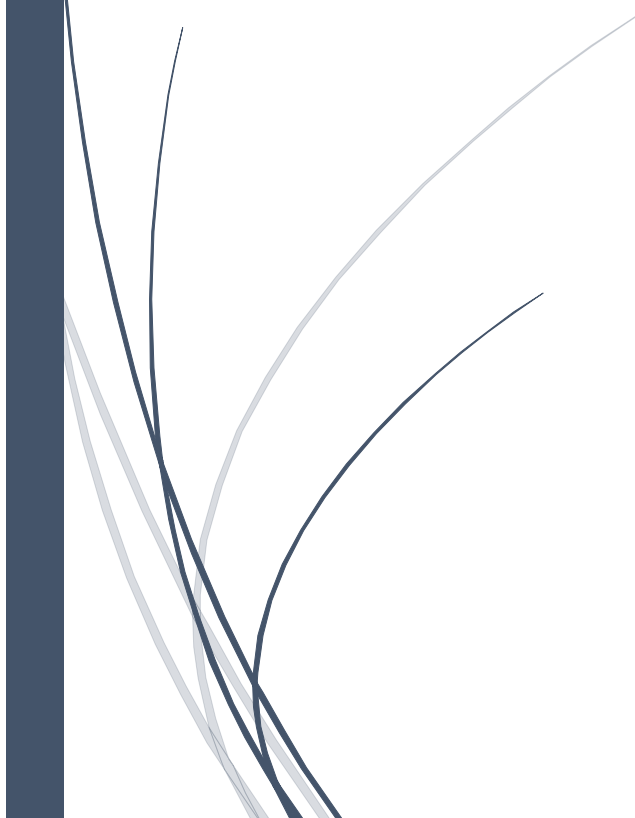
Le screening phytochimique révèle une richesse en métabolites secondaires (flavonoïdes, terpénoïdes, glycosides cardiaques) dans les deux extraits, avec des variations quantitatives notables. Les alcaloïdes et tanins sont modérément présents, tandis que les stéroïdes et anthocyanes sont absents, suggérant soit leur faible concentration dans la plante, soit l'inadéquation des solvants utilisés.

Sur le plan biologique, les extraits montrent une activité anti-inflammatoire significative, inhibant la dénaturation thermique des protéines (BSA), avec une efficacité supérieure pour la macération (76,06 % à 500 µg/ml) comparée à la décoction (68,35 %). De même, l'activité anti-hémolytique, dose-dépendante, est plus marquée pour la macération (82 % à 500 µg/ml), approchant celle de l'acide gallique, référence utilisée. Ces différences s'expliquent par la dégradation thermique des composés actifs lors de la décoction.

En conclusion, la macération apparaît comme une méthode plus adaptée pour extraire et préserver les principes actifs de la cannelle, notamment dans un contexte d'exploitation thérapeutique. Toutefois, la standardisation des paramètres d'extraction (température, durée, solvant) reste cruciale pour optimiser la reproductibilité et la qualité des extraits. Des études complémentaires, incluant des analyses quantitatives et l'exploration de méthodes alternatives, pourraient enrichir ces résultats et valoriser davantage le potentiel médicinal de cette plante.



## **Conclusion générale**



---

Aujourd'hui, la phytothérapie représente un véritable patrimoine de l'humanité dans le domaine de la santé publique. Cette approche repose sur une diversité remarquable de propriétés biologiques, étroitement liées aux vertus thérapeutiques attribuées à une vaste gamme de molécules bioactives synthétisées par les plantes.

Le but de notre travail est la comparaison entre les extraits de *Cinnamomum zeylanicum* issus de macération et décoction à travers l'étude phytochimique, l'étude de leur activité anti-inflammatoire et anti-hémolytique.

La différence dans l'obtention des deux extraits, est que la macération a été obtenue en mélangeant la poudre de *Cinnamomum zeylanicum* avec du solvant (méthanol-eau) et la laisser macérer pendant 24h à température ambiante répétant 3 fois ; tandis que la décoction, la poudre mélangée avec l'eau est mise sur une plaque chauffante pour ébullition (100°C) pendant 30 min.

Les résultats de l'étude comparative montrent que le rendement d'extraction de ces composés le plus élevé a été obtenu par la méthode de macération, suivi par la décoction.

L'étude phytochimique a permis d'affirmer que les deux extraits partagent les mêmes composés chimiques (alcaloïdes, tanins, terpénoïdes, flavonoïdes, glycosides cardiaques, anthraquinones, huiles volatiles) mais avec des résultats différents.

Par ailleurs, l'évaluation de l'activité anti-inflammatoire et anti-inflammatoire a montré que la macération a une capacité anti-inflammatoire et anti-hémolytique plus grande que la décoction.

Au terme de ce travail, on peut conclure que les extraits de *Cinnamomun zeylanicum* ont révélé une capacité anti-inflammatoire et anti-hémolytique potentielle principalement par la macération. Ceci explique et confirme l'utilisation de cette plante en médecine traditionnelle pour guérir ou prévenir des maladies était l'une des premières pratiques thérapeutiques dans l'histoire de l'humanité. Cependant, cette recherche est encore au stade préliminaire et nécessite des recherches plus approfondies, sur ses ingrédients actifs et à des tests d'autres activités biologiques.

## Résumé :

L'élaboration des essais orientés biologiquement sur les plantes médicinales a connu un essor considérable ces dernières années, et s'intéresse à la découverte de nouvelles molécules exprimant des activités thérapeutiques. Le but du présent travail est l'étude comparative de deux techniques d'extraction de *Cinnamomum zeylanicum*, l'une par macération (méthanol-aqueux, 80 /20) et l'autre par décoction (eau bouillante, 30 min). Dans la première partie de cette étude, la comparaison porte sur le rendement d'extraction des métabolites visés, qui montre que le rendement d'extraction le plus élevé a été obtenu par la méthode de macération.

Dans la seconde partie, un screening phytochimique est effectué pour permettre d'identifier les différents groupes chimiques présents entre les deux extraits macération et décoction. Cela a permis de constater que l'extrait de cannelle en macération est très riche en alcaloïdes, tanins comparés à la décoction.

Enfin, l'étude d'activité anti-inflammatoire par le test d'inhibition protéique (BSA) et l'activité anti-hémolytique par le test innocuité des extraits vis-à-vis de la cellule érythrocytaire montre une certaine supériorité de la méthode d'extraction par macération, en termes d'effets et efficacité.

**Mots clés :** *Cinnamomum zeylanicum*, macération, décoction, activité anti-inflammatoire, activité anti-hémolytique.

## Abstract:

The development of biologically oriented assays on medicinal plants has expanded considerably in recent years, with a focus on the discovery of new molecules expressing therapeutic activities. The aim of the present work is to make a comparative study of two extraction techniques for *Cinnamomum zeylanicum*, one by maceration (aqueous methanol, 80/20) and the other by decoction (boiling water, 30 min). In the first part of this study, the comparison focused on the extraction yield of the target metabolites, which showed that the highest extraction yield was obtained by the maceration method.

In the second part, phytochemical screening was carried out to identify the different chemical groups present between the two extracts, maceration and decoction. This showed that the cinnamon extract in maceration is very rich in alkaloids and tannins compared with the decoction.

Finally, the study of anti-inflammatory activity using the protein inhibition test (BSA) and the anti-haemolytic activity using the safety test for extracts in relation to erythrocyte cells showed a certain superiority of the maceration extraction method in terms of effects and efficacy.

**Keywords:** *Cinnamomum zeylanicum*, maceration, decoction, anti-inflammatory activity, anti-haemolytic activity.

## ملخص

اتسع نطاق تطوير المقاييسات الموجهة بيولوجياً على النباتات الطبية بشكل كبير في السنوات الأخيرة، مع التركيز على اكتشاف جزيئات جديدة تعبر عن أنشطة علاجية. والهدف من هذا العمل هو إجراء دراسة مقارنة بين تقنيتي استخلاص لنبات سيناموم زيلانكوم زيلانكوم، إحداهما عن طريق النقع (ميثانول مائي، 80/20) والأخرى عن طريق ديكوتيون (ماء مغلي، 30 دقيقة). في الجزء الأول من هذه الدراسة، ركزت المقارنة على محصول استخلاص المستقلبات المستهدفة، والتي أظهرت أن أعلى محصول استخلاص تم الحصول عليه بطريقة النقع

، في الجزء الثاني، تم إجراء الفحص الكيميائي النباتي لتحديد المجموعات الكيميائية المختلفة الموجودة بين المستخلصين النقع والمغلي. وأظهر ذلك أن مستخلص القرفة في النقع غني جداً بالقلويات والعفص مقارنة بالمغلي.

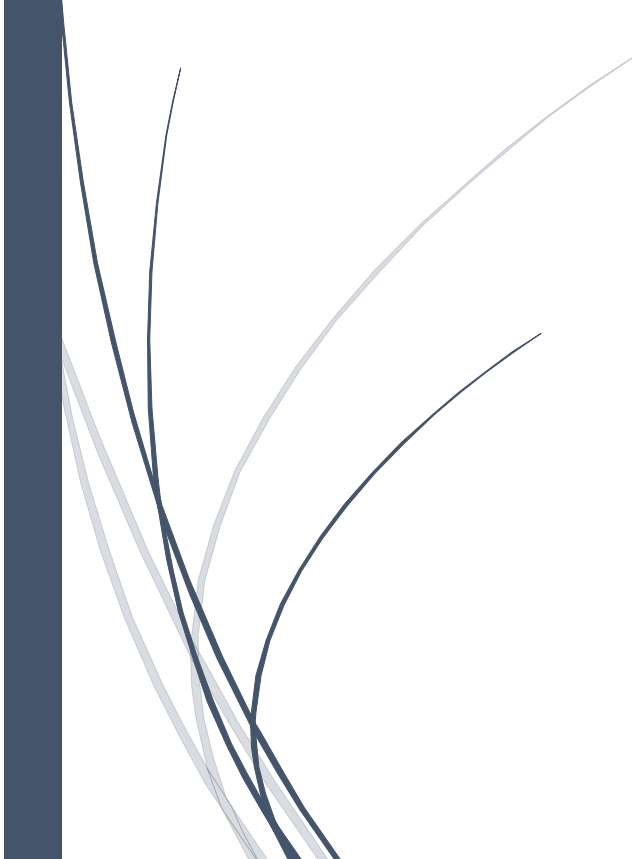
والنشاط المضاد لانحلال الدم (BSA) أخيراً، أظهرت دراسة النشاط المضاد للالتهابات باستخدام اختبار تثبيط البروتين باستخدام اختبار سلامة المستخلصات فيما يتعلق بخلية كرات الدم الحمراء فوقاً معيناً لطريقة الاستخلاص بالنقع، من حيث التأثير والفعالية

---

..الكلمات المفتاحية : سيناموم زيلانيكوم، نقع، مغلي، نشاط مضاد للالتهابات، نشاط مضاد لانحلال الدم



# Références bibliographiques



## Références bibliographiques

### A

**Abraham, K., Wöhrlin, F., Lindtner, O., Heinemeyer, G., & Lampen, A.** (2010). Toxicology and risk assessment of coumarin: focus on human data. *Molecular Nutrition & Food Research*, 54(2), 228–239.

**Al-Numair, K.S., Ahmad, D., Ahmed, S.B., & Al-Assaf, A.H.** (2007). Nutritive value, levels of polyphenols and anti-nutritional factors in Sri Lankan cinnamon (*Cinnamomum Zeylanicum*) and Chinese Cinnamon (*Cinnamomum Cassia*). *Food Science & Agriculture Research Center, King Saud University*, 154, 5–21.

**Anastasiou, M., Mollison, L.P., & Wells, J.V.** (2018). Hemolysis and its Mechanisms. *Journal of Hematological Research*, 12(4), 221–230.

**Awika, J.M., Rooney, L.W.** (2004). *Phytochemistry*. 65, 1199-1221.

### B

**B.J. Lee, Y.J. Kim, D.H. Cho, N.W. Sohn, and H. Kang** (2011). Immunomodulatory effect of water extract of cinnamon on anti-CD3-induced cytokine responses and p38, JNK, ERK1/2, and STAT4 activation. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, 33(4), 714–722.

**Baba Aïssa, F.** (2000). *Encyclopédie des plantes utiles, flore d'Algérie et du Maghreb, Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident*. Ed Librairie moderne Rouïba, 46.

**Bahorun, T., Grinier, B., Trotin, F., Brunet, G., Pin, T., Luncky, M., Vasseur, J., Cazin, M., Cazin, C., Pinkas, M.** (1996). Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel-Forschung*. 46(11), 1086-1089.

**Baillon H.** (1884). *Traité de Botanique médicale*, Paris, volume 1, issue 2, p.680-687

**Balasundram, N., Sundram, K., Samman, S.** (2006). Phenolic compounds in plants and agriindustrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99, 191-203

**Barbier C.** (2014). L'huile essentielle de cannelle de Ceylan (*Cinnamomum Zeylanicum*) thèse de Doctorat en Pharmacie. Dumas-013 pp11-22.

**Barceloux, D.G.** (2008). *Medical toxicology of natural substances: foods, fungi, medicinal herbs, plants, and venomous animals*. John Wiley & Sons.

**Barros, L., Falcão, S., Baptista, P., Freire, C., Vilas-Boas, M., et Ferreira, I.C.** (2008). Antioxidant activity of *Agaricus* sp. Mushrooms by chemical, biochemical and electrochemical assays. *Food chemistry*, 111(1), 61-66.

**Beta, T., Nam, S., Pexter, J.E., Sapirstein, H.D.** (2005). Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller milled fractions. *Cereal Chem.* 82(4), 390-393.

**Bi, Wenya, Gao, Yan, Xu, Yuanyuan, Guo, Xiao, & Zhang, Jian** (2017). Structural elucidation and antioxidant activities of proanthocyanidins from peanut skins. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(1), 165.

**Bonarska-Kujawa, D., Pruchnik, H., Oszmiański, J., Sarapuk, J., et Kleszczyńska, H.** (2011). Changes caused by fruit extracts in the lipid phase of biological and model membranes. *Food Biophysics*, 6 (1), 58-67.

**Bujan, W., & al.** (1998). L'anémie : diagnostic et prise en charge. *Hématologie*, 4(1), 56–64.

## C

**Chen, D., Daniel, K.G., Kuhn, D.J., 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).

## D

**D'andreta C.** (1969). Les plantes médicinales. Diffusé en Suisse par édition Batelier, Paris.

**Dechambre A.** (1876) La cannelle, dictionnaire encyclopédique des sciences médicales, volume 12, p. 164-177.

**Deng, R.** (2012). A review of the hypoglycemic effects of five commonly used herbal food supplements. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, 4(1), 50–60.

**Do, Q.D., Angkawijaya, A.E., Tran-Nguyen, P.L., Huynh, L.H., Soetaredjo, F.E., Ismadji, S., & Ju, Y.H.** (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22(3), 296–302.

**Dorvault F.** (1978) L'officine 20 ème édition, Paris, p. 539-552

**Druzyńska B., Stepnińska A., Wolosiak R.** (2007). The influence of time and type of solvent on efficiency of the extraction of polyphenols from green tea and antioxidant properties obtained extracts. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 6 (1), 27-36

**Durak, A., Gawlik-Dziki, U., & Pecio, Ł.** (2014). Coffee with cinnamon–Impact of phytochemicals interactions on antioxidant and anti-inflammatory in vitro activity. *Food Chemistry*, 162, 81–88.

## E

**E.A. Miles and P.C. Calder**, Effects of citrus fruit juices and their bioactive components on inflammation and immunity: a narrative review, *Frontiers in Immunology*, 12, Article ID 712608, 2021.

## F

**Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., Et Abdelly, C.** (2008). Phenolic composition of *Cynara card.* C R Biol, 331(5), 372-9.

**Franchomme P., Penoel D.** (1990) L'aromathérapie exactement. Ed Roger Jollois, Limoges p. 158.

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

## **G**

**Georgé, S., Brat, P., Alter, P., & Amiot, M. J.** (2005). Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(5), 1370–1373.

**Glinski, J.** (2008). U.S. Patent Application No. 11/971, 994.

**Gowder, S.J.T.** (2014). Safety assessment of food flavor-cinnamaldehyde. Biosafety, 3(01), 1.

**Guignard, J.L.**, 2000. Biochimie végétale. 2<sup>ème</sup> édition. Edition Dunod, Paris, pp 198-207.

**Gul, S., & Safdar, M.** (2009). Proximate composition and mineral analysis of cinnamon. Pakistan Journal of Nutrition, 8(9), 1456–1460.

## **H**

**Habibur Rahman, M., Islam, M. S., & Parvin, S.** (2015). Antibacterial and anti-inflammatory activities of *Cinnamomum zeylanicum* bark. International Journal of Biosciences, 6(3), 135-144.

**Harborne, J.B.**, 1980. Phytochemical Methods. 2nd edition. Chapman and Hall. London, pp 288-293.

**Haslam, E.** (1989). Plant Polyphenols. In: Haslam E (ed) Vegetable Tannins. Cambridge University Press, pp15-89.

**Herbert, R.B.** (1989). The Biosynthesis of Secondary Metabolites. Springer Science & Business Media, p. 45.

**Hopkins, W.G.**, (2003). Physiologie végétale. Université des Sciences et Technologie de Lille. Edition de boeck, p 99 – 120.

## **I**

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

## **J**

**J.F. Rossi, Z.Y. Lu, C. Massart, and K. Levon** (2021). Dynamic immune/inflammation precision medicine: the good and the bad inflammation in infection and cancer, *Frontiers in Immunology*, 12, Article ID 595722.

**J. W. Hong, G. E. Yang, Y.B. Kim, S. H. Eom, J.H. Lew, and H. Kang** (2012). Anti-inflammatory activity of cinnamon water extract in vivo and in vitro LPS-induced models, *BMC Complementary and Alternative Medicine*, vol. 12(1), p 237.

## **K**

**Kang and Hee** (2014). Effect of cinnamon water extract on monocyte-to-macrophage differentiation and scavenger receptor activity, *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 14 (1), p 90.

**Khedkar, S., & Khan, M.A.** (2023). Aqueous extract of cinnamon (*Cinnamomum* spp.): Role in cancer and inflammation. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Article ID 5467342, pp.12. <https://doi.org/10.1155/2023/5467342>

**Klejduš, B., & Kováčik, J.** (2016). Quantification of phenols in cinnamon: A special focus on “total phenols” and phenolic acids including DESI-Orbitrap MS detection. *Industrial Crops and Products*, 83, 774–780.

**Kocaadam, Betül, & Sanlier, Nevin.** (2017). Curcumin, an active component of turmeric (*Curcuma longa*), and its effects on health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(13), 2889–2895.

## **L**

**Laughton, M.J., Evans, P.J., Moroney, M.A.** (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.

**Lee, Martin Robson** (2004). The history of Ephedra (ma-huang). *Journal of the Royal Society of Medicine*, 97(10), 484–488.

**Loustau, V., Debray, D., & Galicier, L.** (2011). Hémolyse : définitions, mécanismes et conséquences cliniques. *Revue de Médecine Interne*, 32(3), 183–190.

**Lv, J., Huang, H., Yu, L., Whent, M., Niu, Y., Shi, H., Wang, T.T.Y., Luthria, D., Charles, D., & Yu, L.L.** (2012). Phenolic composition and nutraceutical properties of organic and conventional cinnamon and peppermint. *Food Chemistry*, 132(3), 1442–1450.

## **M**

**M.S. Kim and J.Y. Kim** (2019). Cinnamon subcritical water extract attenuates intestinal inflammation and enhances intestinal tight junction in a Caco-2 and RAW264.7 Co-Culture Model, *Food & Function*, 10 (7), 4350–4360.

**Maarouf, A.** (2000). *Dictionnaire botanique* Pp 129.

**Macheix, J.J., Fleuriet, A., Jay-Allemand, C.** (2005). Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed Presses polytechnologiques et universitaires romandes, p4-5.

**Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C., Jimenez, L.** (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr*, 79 (5), 727-47.

**Martin, S., Andriantsitohaina, R.** (2002). Cellular mechanism of vasculo-protection induced by polyphenols on the endothelium. *Ann Cardiol Angeiol*, 51 (6), 304-315.

**Maurice, N.** (1997). L'herboristerie d'antan à la phytothérapie moléculaire du XXI<sup>e</sup> siècle. Ed. Lavoisier. Paris, pp12-14.

**Meftah, M.** (2016). Étude de l'activité antioxydante et anti-hémolytique des extraits de quelques plantes médicinales de la région d'El-Oued. Mémoire de Master, Université d'El-Oued, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Biologie. Pp 80.

**Mezou, M., Djerrou, Z., & Bouzidi, A.** (2006). Effets des extraits de plantes médicinales sur l'hémolyse des globules rouges chez le rat. *Revue de Biologie et de Santé Animale*, 8(2), 45–52.

**Mizushima Y.** (1964). Inhibition de la dénaturation de protéines par des agents antirhumatiques Ou antiphlogistiques. *Arch Int Pharmacodyn Ther*, 149,1-7.

**Muhammad, D. R. A., & Dewettinck, K.** (2017). Cinnamon and its derivatives as potential ingredient in functional food—A review. *International Journal of Food Properties*, 20(sup2), 2237–2263.

## **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.

## **P**

**Pacchioni I.** (2011) Aromatherapia tout sur les huiles essentielle, éditions aroma thera, p. 146

**Paris R.P., Moysse H.** (1967) Matière médicale, tome 2, Masson édition, Paris

**Pasupuleti V.R., Siew H.G.** (2014). Cinnamon: A multifaceted medicinal plant. *Evid based Alternat Med*, 10, p 642.

**Paul I.** (2001). Encyclopédie des plantes médicinales. Larousse. 2<sup>e</sup>me édition. Londres.

**Perrot E., Paris R.P.** (1974) Plantes médicinales, édition Puf, Paris, volume I.

**Picard, C., & Baris, D.** (2015). Hémolyse et pathologies associées. *Revue Française d'Hématologie*, 21(2), 101–109.

R

**Ranasinghe, Priyanga, Pigera, S., Premakumara, G.A., Galappaththy, P., Constantine, G.R., & Katulanda, P.** (2013). Medicinal properties of ‘true’cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*): a systematic review. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13(1), 1–10.

**Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., Madella, D., Martinazzo, A.P., Moura, L. de A.G., de Melo, N.R., & Sanches-Silva, A.** (2017). Revisiting an ancient spice with medicinal purposes: Cinnamon. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 154–169.

S

**Sangeetha, M., Kousalya, K., Lavanya R., Cherukuru, S. Chamundeeswari, D., UmaMaheswara, R.** (2011). In-vitro Anti-inflammatory and Anti-Arthritic Activity of Leaves of CleodendronInerme. *RJPBCS 2* (1), 822-827

**Shang, C., Lin, H., Fang, X., Wang, Y., Jiang, Z., Qu, Y., Xiang, M., Shen, Z., Xin, L., & Lu, Y.** (2021). Beneficial effects of cinnamon and its extracts in the management of cardiovascular diseases and diabetes. *Food & Function*, 12(24), 12194–12220.

**Sharifi-Rad, J., Dey, A., Koirala, N., Shaheen, S., El Omari, N., Salehi, B., Goloshvili, T., Cirone Silva, N. C., Bouyahya, A., Vitalini, S., Varoni, E. M., Martorell, M., Abdolshahi, A., Docea, A. O., Iriti, M., Calina, D., Les, F., López, V., & Caruntu, C.** (2021). *Cinnamomum* Species: Bridging Phytochemistry Knowledge, Pharmacological Properties and Toxicological Safety for Health Benefits. In *Frontiers in Pharmacology* 12, p. 882. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphar.2021.600139>

**Sharma, V.** (2011). Anti-inflammatory activity of various extracts of *Cinnamomum zeylanicum*. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 2(1), 55-59.

**Silva, L.F., das Gra|as Cardoso, M., Prêtl, P.S.C., Teixeira, M.L., Nelson, D.L., Magalhes, M.L., Ferreira, V.R.F., Souza, R.V., Soares, L.I., Marcussi, S.** (2017). Essential Oil from *Mentha Viridis* (L). L. and *Mentha pulegium* L.: Cytogenotoxic Effects on Human Cells *American Journal of Plant Sciences*, 8(06), 1423.

**Sofowora A.** (1993). *Medicinal Plants and Traditional Medicine in Africa*. Spectrum Books Ltd., Ibadan, Nigeria. 191-289.

**Stalikas, C.D.** (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of Separation Science*, 30(18), 3268–3295.

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

**Surh, Young-Joon.** (2003). Cancer chemoprevention with dietary phytochemicals. *Nature Reviews Cancer*, 3(10), 768–780.

**Suwalsky, M., Benites, M., Villena, F., Norris, B., & Sotomayor, C. (2007).** Stabilizing properties of polyphenols on human erythrocyte membrane against osmotic stress. *Food and Chemical Toxicology*, 45(4), 719–724.

## T

**Taïba, I., Boumahrat, M., Boulifa, A. (2017).** Evaluation de l'activité anti inflammatoire, analgésique, antioxydante et antipyrétique de la plante médicinale Algérienne *Salvia Officinalis*.L. Mémoire de Master en Biologie spécialité : Toxicologie. Université Frères Mentourie. Constantine. 2-14.

**Teixeira da Silva, J. A., 2004.** Mining the essential oils of the Anthemideae. *Afr. J. Biotechnol.* 3, 706- 720.

**Toubal, N., Belboukhari, N., Bekkara, F.A., & Benmehdi, H. (2012).** Étude phytochimique et activité antioxydante des extraits de *Cinnamomum zeylanicum*. *Phytothérapie*, 10(5), 320–328.

## V

**Valnet J., Duraffourd C., Lapraz J.C. (1978)** Comment guérir les maladies infectieuses par les plantes. Une médecine nouvelle, presse Renaissance, p. 411, Paris

**Vernon, F., & Richard, H. (1987).** Quelques épices et aromates et leurs huiles essentielles (Vol. 2). Série synthèses bibliographiques, N° 10. Centre de documentation internationale des industries utilisatrices de produits aromatiques (C.D.I.I.P.A.), Paris, pp 150.

**Vivas, A. P. M., & Migliari, D.A. (2015).** Cinnamon-induced oral mucosal contact reaction. *The Open Dentistry Journal*, 9, 257.

## W

**Wilson, D., Fiori, A., De Brucker, K., Van Dijck, P., & Stateva, L. (2010).** *Candida albicans* Pde1p and Gpa2p comprise a regulatory module mediating agonist-induced cAMP signalling and environmental adaptation. *Fungal Genetics and Biology*, 47(9), 742-752.

## Y

**Yougbaré-Ziébro, M.N., Ouédraogo, N., Lompo, M., Bationo, H., Yaro, B., Gnoula, C., et al. (2016).** Activités anti-inflammatoire, analgésique et antioxydante de l'extrait Aqueux des tiges feuillées de *Saba senegalensis* Pichon (Apocynaceae). *Phytothérapie*, 1 (4), 213-219.

**Yun, J.W., You, J.R., Kim, Y.S., Kim, S.H., Cho, E.Y., Yoon, J.H., Kwon, E., Jang, J.J., Park, J.S., & Kim, H.C. (2018).** In vitro and in vivo safety studies of cinnamon extract (*Cinnamomum cassia*) on general and genetic toxicology. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 95, 115–123.