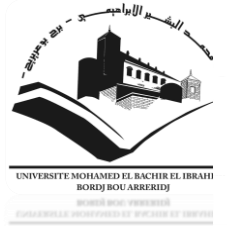




الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج  
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.  
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers  
قسم العلوم البيولوجية  
Département des Sciences Biologiques

# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie

## Thème

Etude phytochimique et activités biologiques de la  
gomme-résine de *Boswellia sacra*

Présenté par : M<sup>elle</sup> ARABA Imen

M<sup>elle</sup> GHOUILA Donia

Devant le jury :

**Président :** M<sup>r</sup> BELLIK Yuva MCA (Université de Bordj Bou Arreridj)  
**Encadrant :** M<sup>me</sup> GUERGOUR Hassina MCA (Université de Bordj Bou Arreridj)  
**Examineur :** M<sup>me</sup> BENOUADAH Zohra MCB (Université de Bordj Bou Arreridj)

Année universitaire : 2021/2022



# Remerciements



*Soyons reconnaissants aux  
personnes qui nous donnent du bonheur ; elles sont les charmants jardiniers  
par qui nos âmes sont fleuries. **Marcel Proust**  
Le temps met tout en lumière. **Thalès***

*Avant toute chose, nous remercions **ALLAH** qui nous a donné la santé, la force, le courage, la  
volonté et surtout la patience pour pouvoir réaliser ce travail.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance et gratitude et nos remerciements les plus  
sincères à notre encadrant **M<sup>me</sup> GUERGOUR Hassina**, pour avoir toujours réussi à se rendre  
disponible qu'on nous avons besoin d'elle, pour ses conseils, ses qualités humaines et  
scientifiques, sa simplicité ses encouragements qui nous ont permis de mener à bon terme ce travail  
et pour les précieuses corrections apportées à ce manuscrit. Nous sommes honorées que vous avez  
accepté de nous superviser pour ce travail.*

*Nos vifs remerciements vont à tous ceux qui ont accepté d'associer leurs compétences et leursavoir  
afin de juger ce travail :*

*A **M<sup>r</sup> BELLIK Yuva** qui nous a fait l'honneur de présider le jury de cette soutenance. Nous lui  
adressons nos respectueux remerciements.*

*A **M<sup>me</sup> BENOUADAH Zohra** d'avoir accepté d'examiner ce travail et de participer au jury de  
soutenance. Nous lui exprimons notre reconnaissance et nos sincères remerciements.*

*Nos sincères remerciements et gratitudeux aux ingénieurs de laboratoire de chimie, **SAHLI**  
Ismahane Sabrina, **BENARJOUA Ameer**, pour leur gentillesse et leur aide au cours de la  
réalisation de notre partie expérimentale.*

*Nos remerciements vont également à tous les enseignants de notre cursus éducatif de l'école  
primaire à l'université.*

*A nos amis bien-aimés "**KERROUCHE Sihem** et **BENAISSA Marwa**", merci d'être à nos côtés  
dans les moments les plus mémorables.*

*Et enfin, nous remercions nos familles respectives ainsi que nos proches et nos amis pour le  
soutien infatigable qu'ils nous ont apporté tout au long de nos études, sans oublier la confiance et  
la sérénité dont ils ont fait preuve et toutes les personnes de près ou de loin qui nous aident,  
soutenues, et encouragées pour la réalisation de ce travail.*

**MERCI POUR TOUT**



## *édicaces*

*Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire  
" Ya Kayoum "*

*Avec un énorme plaisir et une immense joie que je dédie ce modeste travail*

### *A Mon très cher Père (Mohamed Arezki)*

*Pour ta confiance, pour avoir toujours cru en moi, pour tes encouragements et ton amour. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit des sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.*

### *A Ma très chère mère (Fouzia)*

*Source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice, qui a œuvré pour ma réussite, de part son amour, son soutien, son assistance et sa présence dans ma vie. Ta prière et ta Bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie. Quoique je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance. J'espère ne jamais te décevoir, ni trahir ta confiance et tes sacrifices. Puisse Dieu tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et Bonheur.*

### *A Ma belle Soeur (Amal) et mon adorable frère (Ishak)*

*Pour avoir toujours cru en moi, pour l'aide et le soutien que vous m'avez apportés tout au long de mes études ainsi que pour tous ces moments de distraction. Puisse Allah vous protéger, garder et renforcer notre fraternité. Je vous souhaite tout le succès et le bonheur du monde. J'implore Allah de vous réserver un avenir meilleur.*

### *A Mes tantes (Fadila, Fairouz) et mes oncles*

*Pour tout l'amour que vous me donnez, Vos encouragements qui me motivent toujours à aller de l'avant.*

### *A La mémoire de mes grands parents paternels*

*Que vous reposiez dans le paradis du seigneur.*

### *A ma très chère binôme (Imen)*

*ma chandelle avec qui j'ai passé des moments inoubliables. Merci d'être à mes côtés dans les plus dures moments.*

*A mes chères amies (Imen, Sohaya, Khawla, Amira, Fatima, Narimen)  
merci pour ton amitié et tes précieux conseils. Je te souhaite un avenir radieux,  
merci pour tous les moments inoubliables qu'on a passés ensemble.*

*À tous ceux qui nous sont chers et que nous n'avons pas cités.*

**GHOUILA Donia**





## *édicaces*

*Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire  
" Ya Kayoum "*

*Avec un énorme plaisir et une immense joie que je dédie ce modeste travail*

### *A Mon très cher Père (Nour Eddine)*

*Pour ta confiance, pour avoir toujours cru en moi, pour tes encouragements et ton amour. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit des sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.*

### *A Ma très chère mère (Naima)*

*Source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice, qui a œuvré pour ma réussite, de part son amour, son soutien, son assistance et sa présence dans ma vie. Ta prière et ta Bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie. Quoique je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance. J'espère ne jamais te décevoir, ni trahir ta confiance et tes sacrifices. Puisse Dieu tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et Bonheur.*

### *A Mes belles Soeurs (Amel et Karima)*

*Pour avoir toujours cru en moi, pour l'aide et le soutien que vous m'avez apportés tout au long de mes études ainsi que pour tous ces moments de distraction. Puisse Allah vous protéger, garder et renforcer notre fraternité. Je vous souhaite tout le réussite et le bonheur du monde .*

### *A Mes adorables frères (Zakria et Fouzi et Imad)*

*Je ne saurai traduire sur du papier l'affection que j'ai pour Toi. Je te remercie infiniment pour ton soutien et tes encouragements. Je te souhaite beaucoup de réussite. J'implore Allah de te réserver un avenir meilleur.*

### *A Mes tantes et mes ancles*

*Pour tout l'amour que vous me donnez, Vos encouragements qui me motivent toujours à aller de l'avant.*

### *A Mon chère grands père (Saleh)*

*que dieu le protège.*

### *A ma très chère binôme (Donia)*

*ma chandelle avec qui j'ai passé des moments inoubliables. Merci d'être à mes cotés dans les plus dures moments.*

*A mes chères amies (Donia, Sohaya, Khawla, Amira, Fatima, Narimen )  
merci pour ton amitié et tes précieux conseils. Je te souhaite un avenir radieux,  
merci pour tous les moments inoubliables qu'on a passés ensemble.*

*À tous ceux qui nous sont chers et que nous n'avons pas cités.*

**ARABA Imen**



## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Gomme-résine de <i>Boswellia sacra</i> ( <b>Photographie originale</b> ).....	<b>6</b>
<b>Figure 02</b> : Protocole globale de préparation de l'extrait méthanolique et aqueux .....	<b>9</b>
<b>Figure 03</b> : Structure chimique de base des flavonoïdes .....	<b>12</b>
<b>Figure 04</b> : Réduction du radical DPPH. ....	<b>14</b>
<b>Figure 05</b> : Protocole d'inhibition de la dénaturation de l'albumine .....	<b>18</b>
<b>Figure 06</b> : Protocole de stabilisation membranaire .....	<b>20</b>
<b>Figure 07</b> : Teneurs en polyphénols totaux des différents extraits de la gomme-résine. ....	<b>23</b>
<b>Figure 08</b> : Teneurs en flavonoïdes totaux des différents extraits de la gomme-résine de <i>Boswellia sacra</i> .....	<b>24</b>
<b>Figure 09</b> : Pourcentage d'inhibition de la dénaturation de l'albumine de l'extrait aqueux de la gomme-résine de <i>Boswellia sacra</i> et de standard (diclofénac) <i>in-vitro</i> .....	<b>30</b>
<b>Figure 10</b> : Pourcentage d'inhibition de l'hémolyse hypotonique de l'extrait aqueux de la gomme-résine de <i>Boswellia sacra</i> et de standard (diclofénac) <i>in-vitro</i> .....	<b>32</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : Systématique de <i>Boswellia sacra</i> . .....	<b>7</b>
<b>Tableau II</b> : Capacité antioxydante totale des différents extraits.....	<b>26</b>
<b>Tableau III</b> : Valeurs d'IC <sub>50</sub> de l'activité anti-radicalaire des extraits et de l'acide ascorbique. .....	<b>26</b>
<b>Tableau IV</b> : Valeurs d'EC <sub>50</sub> des extraits de la gomme-résine de <i>Boswellia sacra</i> et de l'acide gallique. ....	<b>28</b>
<b>Tableau V</b> : Valeurs d'IC <sub>50</sub> du standard et de l'extrait aqueux de la gomme-résine de <i>Boswellia sacra</i> . ....	<b>31</b>
<b>Tableau VI</b> : Valeurs d'IC <sub>50</sub> du standard et de l'extrait aqueux de la gomme-résine de <i>Boswellia sacra</i> . ....	<b>33</b>

## Liste des abréviations

**AlCl<sub>3</sub>** : Chlorure d'aluminium.

**ANOVA** : Analyse de la variance.

**BHT** : Butylhydroxytoluène.

**BSA** : Albumine De Sérum Bovine.

**COX** : Cycloxygénase.

**DPPH** : 2,2- diphenyle-1-picrylhydrazyl.

**EAG** : Equivalant acide gallique.

**EQ** : Equivalant quercétine.

**ER** : Equivalant rutine.

**ERN** : Espèces réactives azotées.

**ERO** : Espèces réactives oxygénées.

**ERS** : Espèces réactives de soufre.

**FeCl<sub>3</sub>** : Chlorure ferrique.

**FRAP** : Pouvoir réducteur fer ferrique.

**GC-MS** : Chromatographie Gazeuse couplée Spectromètre de Masse.

**H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** : Acide sulfurique.

**H<sub>3</sub>PMO<sub>12</sub>O<sub>40</sub>** : Acide phosphomolybdique.

**H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>** : Acide phosphotungstique.

**HPLC** : Chromatographie en phase liquide à haute performance.

**IC<sub>50</sub>** : Concentration inhibitrice à 50%.

**K<sub>3</sub>Fe (CN)<sub>6</sub>** : Ferricyanure de potassium.

**LOX** : Lipooxygénase.

**TAC** : Total antioxidant capacity.

# Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
<b>Introduction</b> .....	<b>01</b>
<b>Chapitre I</b> .....	<b>06</b>
<b>Matériel et Méthodes</b> .....	<b>06</b>
I.1. Matériel .....	06
I.1.1. Matériel végétal.....	06
I.1.1.1. Présentation de la gomme-résine .....	06
I.1.1.2. Description de la gomme-résine utilisée .....	06
I.1.1.3. Classification botanique .....	07
I.2. Méthodes .....	07
I.2.1. Préparation de la poudre .....	07
I.2.2. Préparation des extraits .....	08
Extrait méthanolique .....	08
Extrait Aqueux .....	08
I.2.3. Calcul du rendement.....	10
I.2.4. Analyse phytochimique .....	10
I.2.4.1. Dosage des composés phénoliques totaux.....	10
I.2.4.2. Dosage des flavonoïdes .....	11
I.2.5. Activité antioxydante <i>in-vitro</i> .....	12
I.2.5.1. Capacité antioxydante totale (TAC) .....	13
I.2.5.2. Piégeage du radical DPPH.....	13
I.2.5.3. Pouvoir réducteur du fer ferrique .....	15
I.2.6. Evaluation <i>in-vitro</i> de l'activité anti-inflammatoire.....	17
I.2.6.1. Inhibition de la dénaturation protéique (Albumine De Sérum Bovine) .....	17
I.2.6.2. Evaluation de la protection contre l'hémolyse (stabilisation membranaire) .....	19
I.2.7. Analyse statistique des résultats.....	21



<b>Chapitre II</b> .....	<b>22</b>
<b>Résultats et discussion</b> .....	<b>22</b>
II.1. Rendement d'extraction .....	22
II.2. Résultats de l'analyse phytochimique quantitative .....	22
II.2.1. Teneur en polyphénols totaux.....	22
II.2.2. Teneur en flavonoïdes totaux .....	24
II.3. Résultats de l'activité antioxydante <i>in-vitro</i> .....	25
II.3.1. Capacité antioxydante totale (TAC) .....	25
II.3.2. Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl).....	26
II.3.3. Pouvoir réducteur du fer ferrique.....	27
II.4. Résultats de l'activité anti-inflammatoire <i>in-vitro</i> .....	29
II.4.1. Effet sur la dénaturation protéique .....	29
II.4.2. Stabilisation membranaire (hémolyse hypotonique).....	31
<b>Conclusion</b> .....	<b>34</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>35</b>
<b>Annexes</b>	
<b>Résumé</b>	

# Introduction

## **Introduction**

Durant des siècles et même des millénaires, l'homme a utilisé les plantes médicinales dans le traitement des maladies ou pour le soulagement des douleurs. En effet, il existe environ 500000 espèces de plantes sur terre, dont 80 000 possèdent des propriétés médicinales (**Ezziat, 2015**).

Selon l'OMS (2002), près de 80% des populations des pays de la région d'Afrique ont recours à la médecine traditionnelle.

Ces principes actifs à base de plantes, parfois sont utilisés dans le traitement de toute sorte de maladies existantes ainsi que les nouvelles formes d'infections et de maladie comme les cancers, le sida et le Covid-19. Les variétés structurelles de ces pharmacophores, très abondants dans la nature et principalement dans les plantes, constituent un réservoir inépuisable et naturellement renouvelable de médicaments.

Les résines naturelles végétales contiennent des métabolites secondaires exsudés par différentes familles d'arbres comme la famille de Burceraceae qui comprend environ 700 espèces distribuées en 18 genres (**Rüdiger et al., 2007**).

Actuellement, les principales espèces sont *Boswellia serrata* au Nord-Ouest de l'Inde, *Boswellia sacra* en Arabie (Sud Yémen, Oman), *Boswellia frereana* au Nord de la Somalie et *Boswellia carteri* qui est communément présente dans la corne de l'Afrique (**Thulin et Warfa, 1987; Dupéron, 1993; Coppens, 1995**). Leur composition chimique est susceptible de varier avec l'origine géographique et l'espèce botanique. Leur utilisation à travers l'histoire est mainte fois avérée.

L'appellation *Boswellia sacra* sera employée pour désigner l'espèce sud-arabique (**Thulin et Warfa, 1987**), appartenant au genre *Boswellia* et à la famille des Burceraceae (**Dupont et Guignard, 2012**), mesure jusqu'à cinq mètres de haut, avec un seul ou plusieurs troncs s'élevant à partir de la base, une écorce papyracée et écaillée et des branches densément enchevêtrées avec des feuilles regroupés aux extrémités. Les petites fleurs blanches, vertes, jaunes ou roses sont réunies en racèmes ou en panicules et comportent cinq pétales et un calice à cinq dents.

Cet arbre fournit un encens de très bonne qualité. Ce type de résine est appelé en commerce « l'oliban » du type Aden (**Aksamija, 2012**).

L'oliban à toujours tient une place importante à travers l'histoire et les civilisations. Dans l'antiquité, les Hindous, les Égyptiens, les Babyloniens, les Assyriens, les Perses, les Romains, les Chinois et les Grecs ainsi que les peuples des vieilles civilisations américaines comme les Incas, les Mayas et les Aztèques utilisaient principalement des résines naturelles pour l'embaumement et l'encens dans les cérémonies culturelles. Et aussi employée à des fins domestiques, notamment pour désinfecter le linge, les cheveux et les habitations. La combustion de ces résines naturelles s'imposa naturellement et prit une place importante de leur vie culturelle. Ils brûlaient ces résines pendant les cérémonies de sacrifice ou dans leurs rituels quotidiens pour empêcher l'influence des mauvais esprits sur leurs âmes ainsi que pour honorer les morts ou les personnes vivantes **(Benjamin, 2018)**.

Aujourd'hui, l'oliban est utilisé dans certains domaines, comme la phytothérapie notamment la cicatrisation, l'aromathérapie, la médecine ayurvédique, la parfumerie et la cosmétique comme ingrédient de préparation cosmétique.

Sur un plan clinique, la résine de *Boswellia sacra* est décrite comme ayant des propriétés antidiabétique, diaphorétique et astringente. Il est écrit que cette substance servait à soigner les affections respiratoires (asthme, bronchorrhée, laryngite chronique) par voie interne ou en fumigation, les troubles abdominaux (digestifs, gynécologiques et urinaires) tels que les ulcérations, la diarrhée, la dyspepsie, les spasmes, les hémorroïdes, les infections urinaires, les dysménorrhées ou la jaunisse (non dépendante d'une obstruction mécanique), les troubles nerveux, les affections rhumatismales, et les douleurs osseuses et articulaires **(Benjamin, 2018)**.

Les gommés résines de *Boswellia sacra* ont des molécules qui peuvent agir comme des antioxydants et qui peuvent réduire le risque d'apparition de ces maladies liées surtout au stress oxydatif **(Tauchen et al., 2015)**.

Dans les systèmes biologiques, le stress oxydatif est la conséquence d'un déséquilibre entre la production de radicaux libres et leur destruction par des systèmes de défenses antioxydant **(Taofiq et al., 2016)**.

Un radical libre est une espèce chimique possédant un électron célibataire qui lui confère une réactivité vis-à-vis d'autres molécules. Celle-ci est variable selon la nature du radical. En biologie, les radicaux libres sont formés le plus souvent par gain d'électron à partir de l'O<sub>2</sub>.

Ces radicaux libres comprennent les espèces réactives oxygénées (ERO), les espèces réactives d'azote (ERN) et les espèces réactives de soufre (ERS) **(Taofiq et al., 2016)**.

Les espèces réactives de l'oxygène (ERO) regroupent l'ensemble des dérivés radicalaires de l'oxygène ( $O_2^-$ ,  $OH^\bullet$ ,  $NO^\bullet$ ,  $ROO^\bullet$ ), mais également les composés non radicalaires ( $ROOH$ ,  $H_2O_2$ ,  $1O_2$ ) (Milane, 2004). Les ERO peuvent être d'importants médiateurs de dommages aux structures cellulaires, lipides, protéines et acides nucléiques (Valko *et al.*, 2006). Ils sont impliqués dans la prolifération cellulaire, la mort cellulaire programmée en agissant comme second messager (Thannickal et Fanburg, 2000 ; Droge, 2002).

Le corps a généralement des mécanismes pour équilibrer la production des ERO et la neutralisation au moyen de son pool antioxydant intrinsèque, mais la production peut devenir excessive et l'organisme va devoir se protéger de ces excès par différents systèmes antioxydants adaptatifs par rapport au niveau de radicaux présents (Moreno *et al.*, 2016).

Le concept d'antioxydant biologique se réfère à toute substance qui, lorsqu'elle est présente à de faibles concentrations par rapport à celle d'un substrat oxydable, elle retarde ou empêche l'oxydation de ce substrat de manière significative (Halliwell et Gutteridge, 1999).

Les molécules impliquées dans la défense antioxydante peuvent se diviser en antioxydants endogènes qui peuvent être enzymatiques; les superoxydes dismutase (SOD), la catalase (CAT), les glutathion peroxydases (GPx) et les glutathion réductases (GPr) et non enzymatiques; (Glutathion (GSH), acide urique, bilirubine, mélatonine, coenzyme Q10) et en antioxydants exogènes naturels (Vitamine C et E, caroténoïdes, polyphénols), les plus utilisés commercialement sont synthétiques ex. hydroxytoluènebutylé (BHT) et hydroxyanisolebutylé (BHA) et le butyle hydroquinone tertiaire (TBQH); toutefois ils peuvent provoquer des effets secondaires toxiques sur la santé (Dorman et Hiltunen, 2004 ; Tepe *et al.*, 2006 ; Nickavar *et al.*, 2008 ).

D'autre part, la production non contrôlée des espèces réactives de l'oxygène et de l'azote provoquent ou maintiennent les processus inflammatoires.

Les barrières anatomiques et physiologiques à savoir la peau et les muqueuses forment une barrière physique qui protège efficacement l'organisme contre les agressions extérieures.

Cette barrière est parfois franchie par des corps étrangers suite à une blessure, une brûlure, une attaque microbienne, virale ou fongique ou un dysfonctionnement des cellules de l'organisme. En se faisant, l'organisme fait recours à des acteurs capables de combattre l'ennemi. En effet, les cellules de l'immunité qui sont en garde détectent automatiquement l'envahisseur et une série des réactions biochimiques est déclenchée pour empêcher l'agent agresseur de se propager en lançant une réparation. C'est l'inflammation ou réaction inflammatoire (Diallo, 2019).

L'inflammation est donc une réaction de défense immunitaire de l'organisme qui se met en place suite à une menace, à une agression d'origine physique, chimique ou biologique dans le but de maintenir son intégrité (Geng *et al.*, 2014 ; Haioun et Zohra, 2015 ; Du *et al.*, 2018). Elle est souvent suivie par une dilatation des vaisseaux sanguins permettant la migration de cellules et de certaines molécules du sang vers les tissus où l'agression a été localisée, favorisant ainsi rougeur, chaleur, œdème et douleur (Pacheco-Sanchez *et al.*, 2006 ; Geng *et al.*, 2014). C'est la première ligne de défense de l'organisme. Il existe deux types d'inflammations : aigue et chronique. Aigue dure de quelques jours à quelques semaines. Et chronique est caractérisée par une durée étalée sur des mois ou des années. Elle peut même se prolonger tout au long de la vie de l'individu (Fauve et Hevin, 1998).

La réponse inflammatoire implique de nombreux enzymes parmi lesquels les lipoxgénases et les cyclooxygénases (COX 1 et COX 2) qui synthétisent des médiateurs pro-inflammatoires tels que les leucotriènes et les prostaglandines à partir de l'acide arachidonique (Youghbaré-Ziébro *et al.*, 2016). De plus, la surproduction de médiateurs inflammatoires tels que les interleukines (IL 1 $\beta$ , IL-6, IL-8), le facteur de nécrose tumorale (TNF- $\alpha$ ), le facteur nucléaire- $\kappa$ B (NF- $\kappa$  B), la molécule d'adhésion (ICAM-1) l'oxyde nitrique, et même des radicaux libres oxygénés peuvent conduire à des maladies inflammatoires et au cancer (Taofiq *et al.*, 2016).

Les inflammations aiguës peuvent se guérir de manière spontanée ou avec un traitement en faisant appel aux anti-inflammatoires stéroïdiens (glucocorticoïdes) et non stéroïdiens. Ces molécules bien qu'étant efficaces sont associées à des effets iatrogènes tels des dommages digestifs et des toxicités rénales (insuffisance rénale aiguë).

En raison de ces problèmes iatrogènes, il est impérieux d'orienter la recherche de nouveaux agents thérapeutiques anti-inflammatoires vers les plantes médicinales qui constituent une source potentielle de molécules naturelles anti-inflammatoires (Youghbaré-Ziébro *et al.*, 2016).

En effet de nombreuses études ont révélé que ces plantes, ainsi que leurs composés isolés tels les terpènes, les composés phénoliques, les stérols, les acides gras et d'autres métabolites bioactifs présentent un potentiel anti-inflammatoire basé sur leur capacité à réduire la production des médiateurs inflammatoire ou par d'autres mécanismes en bloquant les voies de cyclooxygénase et la lipoxgénase. (Taofiq *et al.*, 2016).

Toutefois, l'évaluation des propriétés phyto-thérapeutiques comme antioxydantes et anti-inflammatoires demeure une tâche très intéressante et utile surtout de ces composés bioactifs d'une utilisation fréquente ou connues dans la médecine.

Pour cela l'objectif du présent travail s'intéresse à évaluer *in vitro* le potentiel antioxydant et anti inflammatoire de différents extraits de la gomme-résine de *Boswellia sacra*.

Cette étude est subdivisée en deux parties essentielles, la première présente une introduction qui est consacré à une étude bibliographique de l'espèce étudié, de stress oxydant et les antioxydants ainsi que l'inflammation et les anti-inflammatoires.

La deuxième partie, expérimentale, répartie en deux chapitres dans ce mémoire, le premier chapitre décrit le matériel et les méthodes utilisées lors du travail expérimental.

- Préparation des extraits : méthanolique et aqueux de la gomme résine de *Boswellia sacra*.
- Analyse phytochimique des deux extraits (teneur en polyphénols totaux et flavonoïdes).
- Evaluation des propriétés antioxydantes *in vitro* des différents extraits à travers différents tests complémentaires soit: la capacité antioxydant totale (TAC), l'activité scavenger à l'égard du radical libre DPPH, et le pouvoir réducteur (FRAP).
- Evaluation de l'activité anti-inflammatoire *in vitro* en utilisent les deux testes : la protection contre l'hémolyse, et l'inhibition de la dénaturation protéique.

La deuxième partie décrit les résultats obtenus ainsi que leur discussion. Ce travail se termine par une conclusion générale, dans laquelle différentes perspectives de recherche sont évoquées, en se basant sur les résultats obtenus.

# Chapitre I

Matériel et Méthodes



## I.1. Matériel

### I.1.1. Matériel végétal

#### I.1.1.1. Présentation de la gomme-résine

L'oliban a été acheté chez un herboriste au niveau de la ville de - El anasser, wilaya de Bordj Bou Arreridj (**Figure 01**). Selon l'étiquette indiquée sur l'emballage, cette gomme a été importée d'Arabie Saoudite –Djeddah- des magasins Al-Wafa.

En réalité, l'oliban est obtenu par exsudation de l'arbre de *Boswellia sacra* par raclage d'une portion de l'écorce, de 15 à 20 cm de large. Chaque arbre donne environ 1 kg de résine par an (**Majeed et al., 1996**).

*Boswellia sacra* est un arbre à encens appartenant à la famille des Burceraceae (**Dupont et Guignard, 2015**), originaire du sud de la péninsule Arabique, où il pousse dans les zones arides et sèches (**Flückiger, 1867**).



**Figure 01** : Gomme-résine de *Boswellia sacra* (**Photographie originale**).

#### I.1.1.2. Description de la gomme-résine utilisée

La gomme se présente sous la forme :

- ✓ de substance pâteuse de couleur jaune translucide et couverte d'une poussière grise.
- ✓ des agglomérats de forme arrondie ou irrégulière, cassants et parfumés, de taille variable : jusqu'à 5 cm de long sur 2 cm d'épaisseur.
- ✓ des exsudats qui ne cristallisent pas mais se brisent néanmoins en fragments conchoïdaux.
- ✓ De substance qui dégage une odeur caractéristique
- ✓ Un goût aromatique et agréable.

### I.1.1.3. Classification botanique

La classification botanique de *Boswellia sacra* est indiquée dans le tableau suivant (Tableau I) :

**Tableau I** : Systématique de *Boswellia sacra* selon **Frohne et Jensen (1998)**.

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Ordre</b>	Sapindales
<b>Famille</b>	Burseraceae
<b>Genre</b>	<i>Boswellia</i>
<b>Espèce</b>	<i>Boswellia sacra</i>

## I.2. Méthodes

### I.2.1. Préparation de la poudre

La préparation de la poudre du *Boswellia sacra* comprend différentes étapes en commençant par l'achat de cette résine jusqu'à l'obtention de la poudre sèche (**Figure 02**).

#### ✓ Séchage

L'oliban est lavée avec de l'eau courante pour éliminer les impuretés moisies et éviter d'éventuelles contaminations. Ensuite, séchée sous un coton hydrophile à une température ambiante dans un endroit aéré et à l'ombre pendant 24 heures.

#### ✓ Broyage

Après séchage, les échantillons secs obtenus ont été broyés à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à l'obtention d'une poudre très fine.

#### ✓ Tamisage

La poudre obtenue a été tamisée à l'aide d'un tamis afin de récupérer une poudre très fine et d'optimiser l'extraction.

#### ✓ Conservation

La poudre résultante est conservée à l'abri de l'air et de la lumière dans un flacon en verre hermétiquement fermés jusqu'à son utilisation.

### I.2.2. Préparation des extraits

Dans notre travail deux types d'extraits ont été préparés (**Figure 02**) : extrait méthanolique et extrait aqueux.

- **Extrait méthanolique**

La macération consiste à laisser reposer la ou les plantes dans un liquide, de l'eau, de l'alcool, de l'huile ou même du vinaigre, afin d'en extraire les principes actifs. Une masse de 30 g de résine broyée est soumise à une extraction par macération dans 100 ml de méthanol sous agitation magnétique pendant 24 heures et à l'abri de la lumière, à une température ambiante (**Markham, 1982**).

Après agitation le mélange a été filtré à l'aide d'un papier filtre, puis le filtrat récupéré a été placé dans un rota-vapeur de type BÜCHI pendant 20 à 30 min à une température de 40°C afin d'éliminer le solvant utilisé.

L'extrait obtenu a été séché dans l'étuve à 30°C pendant 24 heures, puis conservé dans une boîte de pétrie en verre étiquetée à 4°C jusqu'à son utilisation (**Yaye et al., 2001**).

- **Extrait Aqueux**

L'extrait aqueux est préparé selon la méthode décrite par **Sharma et al. 2011** avec quelques modifications. Une masse de 30 g de gomme-résine broyée est agitée avec 250 ml d'éther de pétrole pendant 2 heures à 60°C et à l'abri de la lumière. Le mélange est ensuite filtré une première fois à l'aide d'un entonnoir et d'une compresse de gaze et une deuxième fois à l'aide d'un papier filtre. Le marc est déposé sous la hotte pendant 24h durant lesquels le solvant s'évapore. L'extraction par l'éther de pétrole a pour but d'éliminer les graisses ainsi que les substances lipophiles (dégraissage).

Le résidu obtenu est broyé pour une deuxième fois à l'aide d'un mortier puis tamisé et qui est sert directement à la préparation de l'extrait aqueux.

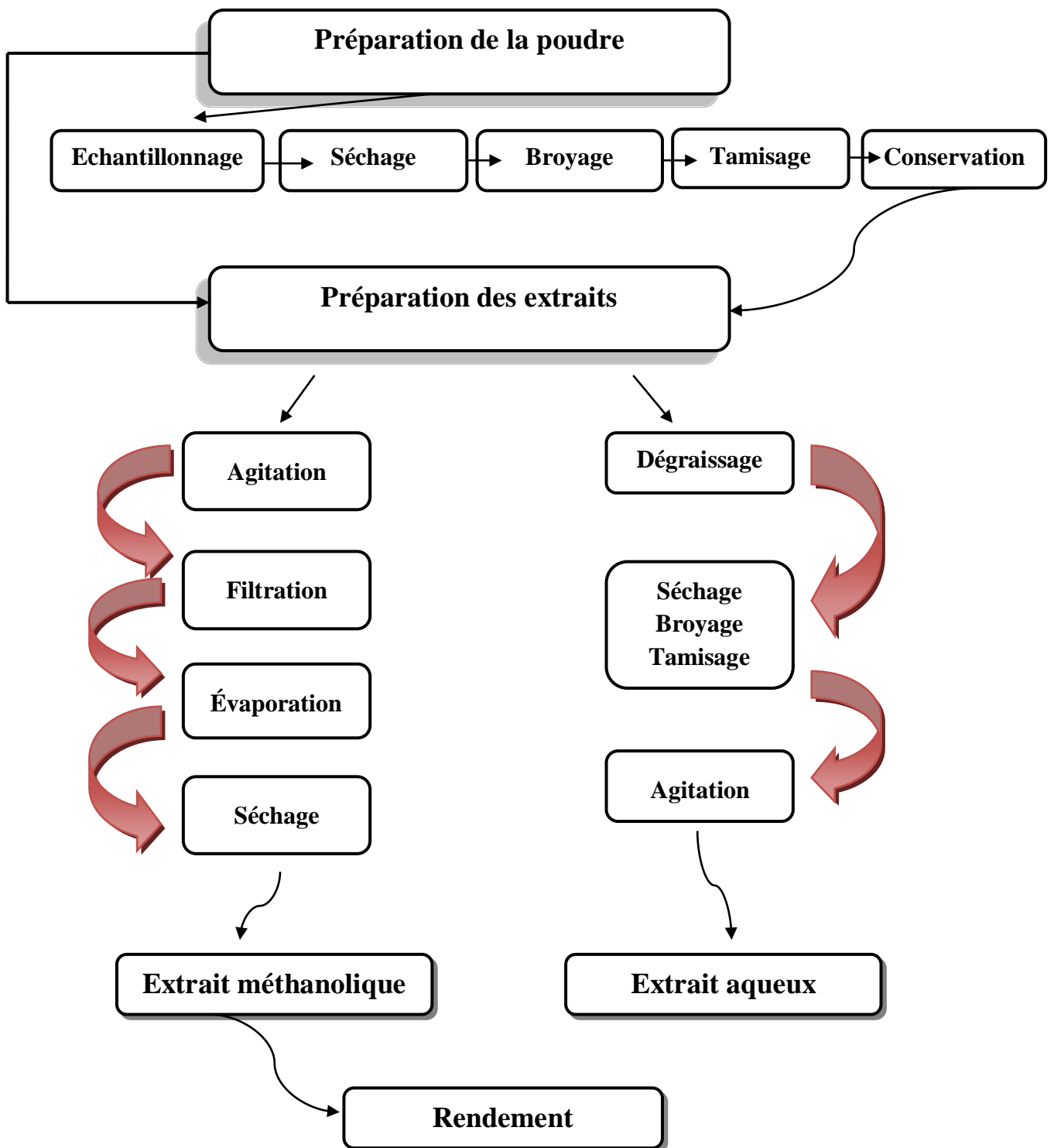


Figure 02 : Protocole globale de préparation de l'extrait méthanolique et aqueux.

### I.2.3. Calcul du rendement

Le rendement d'une extraction se calcule par le rapport entre la masse de l'extrait obtenu et la masse de la matière première végétale après séchage. Ce rendement est exprimé en pourcentage et calculé par la formule suivante :

$$R (\%) = (M_{\text{ext}} / M_{\text{éch}}) \times 100$$

Où :

**R** : le rendement en (%).

**M<sub>ext</sub>** : la masse de l'extrait après évaporation du solvant en (g).

**M<sub>éch</sub>** : la masse sèche de l'échantillon végétal en (g).

### I.2.4. Analyse phytochimique

#### I.2.4.1. Dosage des composés phénoliques totaux

Les polyphénols sont très largement représentés dans le règne végétal et donc dans notre alimentation. Leur structure comporte un ou plusieurs groupes phénoliques (**e.g.** un groupement OH greffé sur un noyau aromatique).

Leur étude a été croissante ces dernières décennies en raison de leurs bienfaits sur la santé, notamment grâce à leur pouvoir antioxydant mais aussi dans la prévention ou le traitement de nombreuses pathologies comme les cancers, les maladies cardiovasculaires ou dégénératives (**Orgogozo et al., 1997 ; Chen et al., 2004**). Ils sont également utilisés en agroalimentaire, en cosmétique ou dans l'industrie pharmaceutique comme additifs (**Velu et al., 2008 ; Košinová et al., 2011**).

Le contenu en phénols totaux des extraits est déterminé en utilisant le protocole décrit par **Singleton et Rossi (1965)**, avec quelques modifications.

- **Principe**

La réaction est basée sur la réduction de l'acide phosphotungstique du réactif de Folin-Ciocalteu de couleur jaune vers un complexe de couleur bleu, dans une solution alcaline en présence des composés phénoliques. Le réactif est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMO_{12}O_{40}$ ). Il est réduit lors de l'oxydation des phénols en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. La coloration produite est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux (**Boizot et Charpentier, 2006**).

- **Mode opératoire**

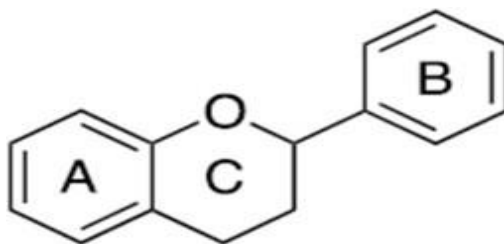
Brièvement, un volume de 1 ml de réactif de Folin (10 fois dilué) est ajouté à 200  $\mu$ l d'échantillon ou standard (préparés dans le méthanol) avec des dilutions convenables, après 4 min, 800  $\mu$ l d'une solution de carbonate de sodium (75 mg/ml) est additionné au milieu réactionnel. Après 2 h d'incubation à température ambiante (**Photo 01 - Annexe**), l'absorbance est mesurée à 765 nm. Toutes les opérations sont réalisées en duplicata. Le témoin est préparé en mélangeant 200  $\mu$ l de solvant d'extraction avec 1ml du réactif de Folin-Ciocalteu et 800  $\mu$ l de solution de carbonate de sodium.

La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique (0-120  $\mu$ g/ml) et est exprimée en  $\mu$ g d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait ( $\mu$ g EAG/mg Ex).

#### **I.2.4.2. Dosage des flavonoïdes**

Les flavonoïdes sont des métabolites secondaires de plantes possédant une structure similaire avec deux cycles aromatiques liés par trois atomes de carbone (**Figure 03**).

Ils se présentent la plupart du temps sous forme d'hétérosides (**Thomas, 2016**). Les flavonoïdes sont très largement étudiés en raison de leurs multiples propriétés biologiques (**Nijveldt et al., 2001**) exploitées dans l'industrie. Le premier effet attribué à ces molécules a été le caractère veinotonique en renforçant la résistance des capillaires (**Jean et al., 2009**).



**Figure 03 :** Structure chimique de base des flavonoïdes (Thomas, 2016).

L'estimation de la teneur en flavonoïdes contenus dans les extraits de la gomme-résine de *Boswellia sacra* est réalisée par la méthode citée par Jain *et al.* (2011).

- **Principe**

Les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer et aluminium). Le métal (AL) perd deux électrons pour s'unir à deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons (Ribéreau Gayon *et al.*, 1972).

- **Mode opératoire**

Un volume de 1 ml d'extrait à différentes concentrations est ajouté à 1 ml de solution méthanolique de chlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub>) à 2%. On laisse incuber le mélange pendant une heure à une température ambiante (Photo 02 - Annexe). Les absorbances sont lues à 430 nm au spectrophotomètre UV-visible double faisceau (UV-1800shimadzu). Les tests sont réalisés en duplicata.

Les concentrations des flavonoïdes contenus dans les extraits de la gomme-résine de *Boswellia sacra* sont calculées en se référant à la droite d'étalonnage obtenue en utilisant la quercétine comme standard, les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait sec ( $\mu\text{g EQ}/\text{mg Ex}$ ).

### **I.2.5. Activité antioxydante *in-vitro***

L'activité antioxydante des différents extraits de *Boswellia sacra* est évaluée en utilisant plusieurs tests complémentaires soit l'activité scavenger à l'égard du radical DPPH•, le pouvoir réducteur, et la capacité antioxydante totale. Ces tests visent à tester les différents mécanismes par lesquels les composants contenant dans la gomme exercent leurs activités antioxydantes.

### I.2.5.1. Capacité antioxydante totale (TAC)

La capacité antioxydante totale (TAC) des extraits de la gomme-résine de *Boswellia sacra* est évaluée par la méthode du phosphomolybdène décrite par **Prieto *et al.* (1999)** avec une légère modification.

- **Principe**

Cette technique est basée sur la réduction de molybdène Mo (VI) présent sous la forme d'ions molybdate  $\text{MoO}_4^{2-}$  en molybdène Mo (V)  $\text{MoO}^{2+}$  en présence de l'extrait pour former un complexe vert de phosphate de Mo (V) à pH acide (**Benhammou, 2012**).

- **Mode opératoire**

Une aliquote de 0.3 ml de chaque extrait ou étalon a été mélangée à 3 ml du mélange réactionnel (acide sulfurique 0.6 M, phosphate de sodium dibasique 28 mM et molybdate d'ammonium 4 mM). Ensuite, les mélanges ont été incubés à 95°C pendant 90 min. Après refroidissement l'absorbance est mesurée à 695 nm. Une droite d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique et le BHT comme contrôle positif. L'activité antioxydante a été exprimée en milligramme d'équivalent acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG /g de Ex).

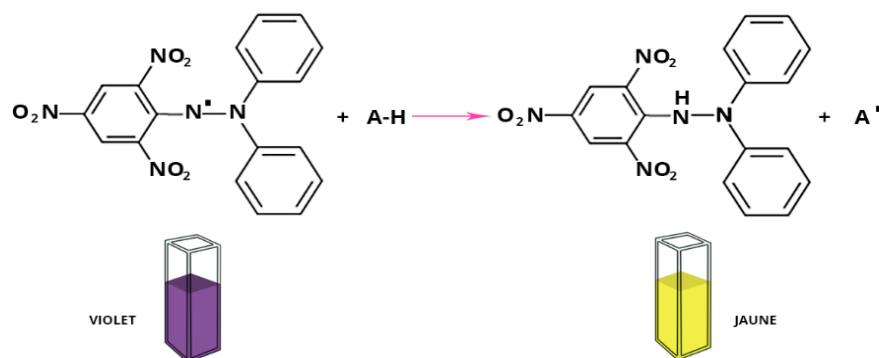
### I.2.5.2. Piégeage du radical DPPH

Le composé chimique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle ( $\alpha,\alpha$ -diphényl- $\beta$ -picrylhydrazyle) fut l'un des premiers radicaux libres et il s'agit la méthode la plus largement utilisée pour évaluer l'activité antioxydante. Il possède un électron non apparié sur un atome du pont d'azote (**Popovici *et al.*, 2009**). Ce test vise à mesurer la capacité des extraits (méthanolique et aqueux) à piéger le radical relativement stable (DPPH).

- **Principe**

La réduction du radical libre DPPH $\cdot$  (2,2'-diphényl-1-picryl hydrazyl) par un antioxydant peut être suivie par spectrométrie UV- Visible, en mesurant la diminution de l'absorbance (Abs) à 517 nanomètre (nm) provoquée par les antioxydants (**Molyneux et Songklanakarin, 2004**). En présence des piégeurs des radicaux libres, le DPPH provoque un changement de couleur de la solution initiale du violet foncé au jaune suite à la réduction du DPPH en DPPH-H (diphényl-picrylhydrazine) (**Figure 04**).





**Figure 04 :** Réduction du radical DPPH.

L'intensité de la coloration est inversement proportionnelle à la concentration des antioxydants présents dans le milieu (**Adida *et al.*, 2016**).

Cette méthode permet de mesurer le pouvoir piégeur et de calculer la concentration inhibitrice médiane IC50 des substances antioxydantes.

- **Mode opératoire**

La capacité de piégeage des extraits de *Boswellia sacra* pour réduire le radical libre stable 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) a été évaluée selon la méthode décrite par **Righi *et al.* (2020)**.

**a) Réalisation du test**

Dans des tubes secs, on a introduit 1.5 ml de la solution de l'extrait à tester de chaque concentration déjà préparée, on ajoute 0.5 ml de solution au DPPH (0.1 mM). Après agitation, les tubes sont placés à l'obscurité, à une température ambiante pendant 30 minutes. La lecture de l'absorbance est faite par un spectrophotomètre à 517 nm (**Photo 03 - Annexe**). Le test est réalisé en triplicata. L'acide ascorbique a été utilisé comme standard.

Un contrôle est préparé en mélangeant 1.5 ml de méthanol avec 0.5 ml d'une solution méthanolique de DPPH. Un blanc pour chaque extrait est préparé en mélangeant 0.5 ml de méthanol avec 1.5 ml de solution d'extrait.

- **Expression des résultats**
  - **Calcul de pourcentage d'inhibition**

Le pourcentage d'inhibition (%) du radical libre DPPH a été calculé avec la formule suivante (Leitao *et al.*, 2002) :

$$\text{PI \%} = [(A_0 - A) / A_0] \times 100$$

**PI** : Pourcentage d'inhibition exprimé en %.

**A<sub>0</sub>** : Absorbance de la solution du DPPH sans échantillon (contrôle négatif).

**A** : Absorbance de la solution du DPPH en présence de l'échantillon.

- **Calcul de concentration inhibitrice (IC<sub>50</sub>)**

L'IC<sub>50</sub> est la concentration de l'acide ascorbique ou de l'extrait qui peut réduire 50% du DPPH. L'IC<sub>50</sub> est calculé à partir des courbes de la variation du pourcentage d'inhibition (I%) en fonction de la concentration de chaque extrait. Cette valeur est comparée à celle trouvée pour le composé de référence.

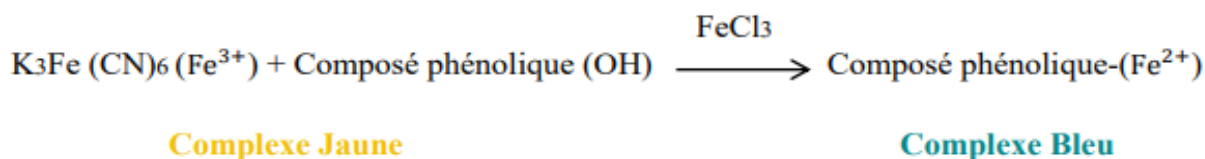
Une faible valeur d'IC<sub>50</sub> indique une forte capacité de l'extrait à agir comme piègeur du DPPH.

### I.2.5.3. Pouvoir réducteur du fer ferrique

Le pouvoir réducteur des extraits de gomme de *Boswellia* est déterminé selon le protocole d'Oyaizu (1986) avec quelques modifications.

- **Principe**

L'analyse du pouvoir réducteur, d'un antioxydant, est basée sur la réduction du complexe fer ferrique (Fe<sup>3+</sup>), en fer ferreux (Fe<sup>2+</sup>), en présence des antioxydants réducteurs (Bijoy *et al.*, 2008). La liaison de ce dernier au ligand crée une couleur bleu marine très intense (Bentabet *et al.*, 2014).



- **Mode opératoire**

Un volume de 2.5 ml de solution de chaque extrait à différente concentration est mélangé avec 2.5 ml de solution tampon phosphate (0.2 M ; pH = 6.6) et 2.5 ml de solution de ferricyanate de potassium à 1% ( $K_3Fe(CN)_6$ ) préparé dans l'eau distillée. Le mélange est incubé à 50°C pendant 20 min, puis les tubes à essais sont retirés. Un volume de 2.5 ml d'acide trichloroacétique à 10% (TCA) est ajouté pour stopper la réaction. Après 10 min, 1 ml du mélange est combinée avec 1 ml d'eau distillée et 0.5 ml d'une solution aqueuse de  $FeCl_3$  à 0.1%. La mesure de l'absorbance est effectuée à 700 nm (**Photo 04 - Annexe**).

Un blanc est préparé en remplaçant l'extrait par le solvant. L'acide gallique est utilisé comme contrôle positif dans les mêmes conditions.

- **Expression des résultats**

Pour explorer les résultats obtenus, on a tracé la courbe des absorbances obtenues en fonction des différentes concentrations utilisées. L'augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des fractions testées.

Les données sont exprimées sous forme de valeurs d' $EC_{50}$  qui est une estimation statistique de la concentration d'une substance dans le milieu ambiant nécessaire pour produire un effet particulier dans 50% d'une très grande population dans des conditions spécifiées (**Karl et al., 2010**).

## I.2.6. Evaluation *in-vitro* de l'activité anti-inflammatoire

### I.2.6.1. Inhibition de la dénaturation protéique (Albumine De Sérum Bovine)

- **Principe**

La dénaturation affecte presque toutes les propriétés physico-chimiques des molécules ; elle varie considérablement avec les divers agents physiques et chimiques qui l'entraîne et aussi selon le caractère et la concentration des solutions protéiques (**Mizushima et Kobayashi, 1968**). Cette dénaturation est souvent associée à une inflammation ; par conséquent, l'inhibition de la dénaturation des protéines a été largement utilisée comme modèle de dépistage *in- vitro* pour l'évaluation de l'activité anti-inflammatoire (**Chaiyana et al., 2016**).

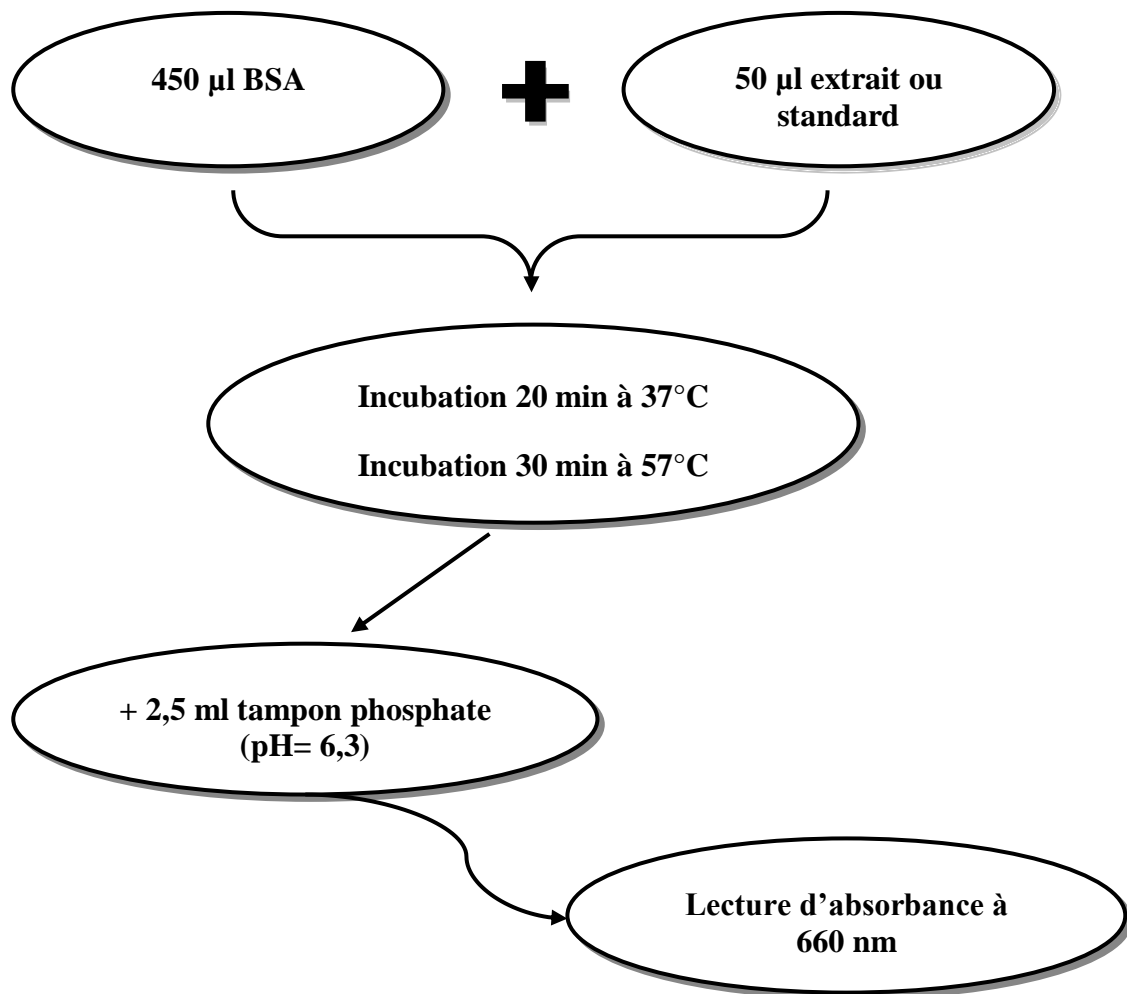
- **Mode opératoire**

L'effet inhibiteur *in-vitro* des extraits de la gomme de *Boswellia sacra* a été déterminée en utilisant la méthode décrite par (**Habibur et al., 2012**) avec certaines modifications.

- **Réalisation du test**

On prépare des solutions de 0.5 ml qui consistent en 0.45 ml de solution de BSA à 2% et 0.05 ml des différentes concentrations croissantes (50µg/ml, 100 µg/ml, 150µg/ml) de l'extrait aqueux et de standard le diclofénac, qu'est un médicament anti-inflammatoire. Les échantillons ont été incubés à 37C° dans le bain marie pendant 20 min, puis à 57 C° pendant 30 min. Après refroidissement des échantillons ; 2.5 ml du tampon phosphate (pH =6.3) a été ajouté à chaque tube. Le contrôle est préparé sans extrait (**Figure 05**).

La turbidité de la solution d'albumine est suivie par la lecture de l'absorbance à 660 nm.



**Figure 05** : Protocole d'inhibition de la dénaturation de l'albumine (Habibur *et al.*, 2012).

- **Expression des résultats**

Le pourcentage d'inhibition est calculé par la formule suivante :

$$\text{pourcentage d'inhibition \%} = (Abs C - Abs T / Abs C) \times 100$$

Où :

**Abs C** : Absorbance de contrôle.

**Abs T** : Absorbance de test.

### I.2.6.2. Evaluation de la protection contre l'hémolyse (stabilisation membranaire)

- **Principe**

Si les globules rouges (GR) sont exposés à des substances nuisibles telles que le milieu hypotonique, la rupture de leurs membranes se produira ; provoquant ainsi la libération de l'hémoglobine et d'autres composants internes dans le fluide environnant.

L'effet hémolytique de la suspension hypotonique est lié à l'accumulation excessive du liquide dans la cellule (**Habibur et al., 2015; Labu et al., 2015**).

L'hémolyse est détectée visuellement en montrant une teinte rose à rouge dans le sérum ou le plasma. Dans notre étude, la stabilisation de la membrane des globules rouges est effectuée par l'inhibition de l'hypotonie (**Habibur et al., 2015 ; Shobana et Vidhya, 2016**). La lecture de la densité optique des surnageants récupérés est réalisée par un spectrophotomètre visible.

- **Mode opératoire**

La méthode suivie pour l'étude de l'activité protectrice de l'extrait aqueux de la gomme de *Boswellia sacra* sur la membrane des érythrocytes est celle de **Labu et al. (2015)**.

**a) Préparation de la suspension érythrocytaire**

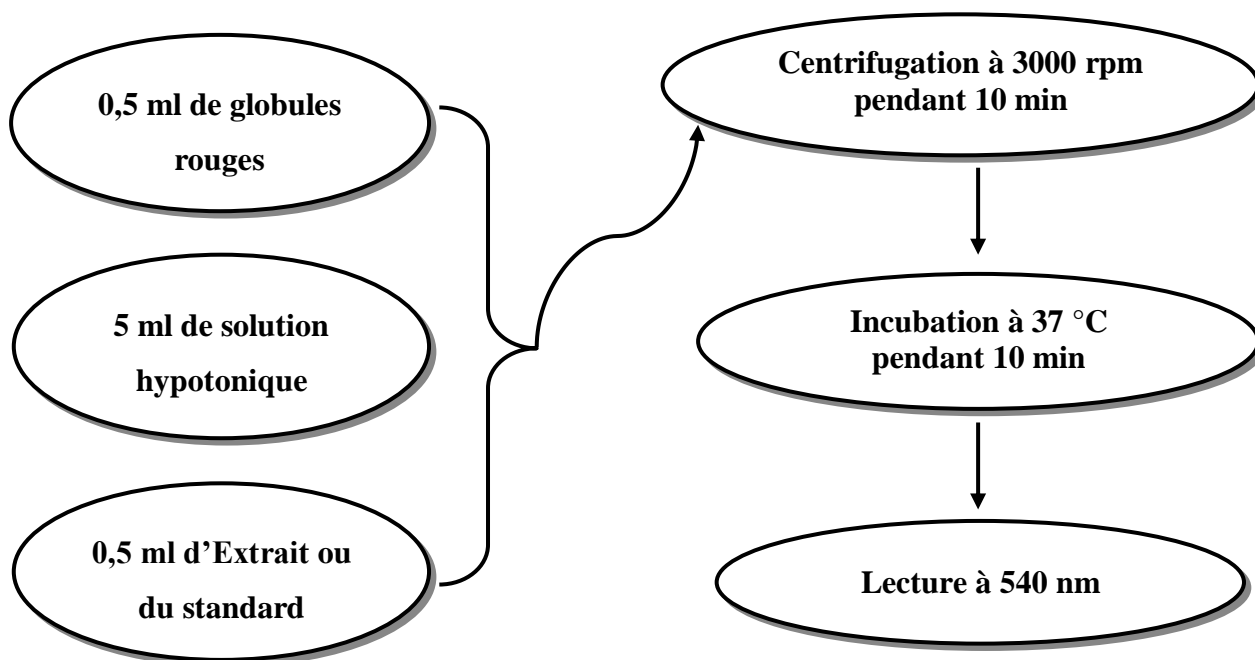
Le sang a été prélevé d'un volontaire sain qui n'a pas pris d'anti-inflammatoire pendant 15 jours avant le prélèvement. L'obtention des globules rouges du sang total a été effectuée comme suit :

Tout d'abord le sang est centrifugé pendant 10 min à 3000 rpm. Puis, un lavage des érythrocytes a été réalisé trois fois avec une solution iso-saline [(154 mM NaCl) préparée dans du tampon phosphate à 10 mM (pH 7,4)]. Ensuite, une reconstitution des globules rouges sous forme d'une suspension à 10% a été faite toujours dans la solution iso-saline. En fin, la solution obtenue est conservée à 4°C et utilisée au maximum dans les six heures suivant sa préparation.

**b) Réalisation du test**

L'échantillon d'essai contient 0.5 ml de la suspension d'érythrocytes avec 5 ml de la solution hypotonique (50 mM NaCl) et 0.5 ml des différentes concentrations d'extrait (50 µg/ml, 100 µg/ml, 150 µg/ml).

Les mélanges ont été centrifugés pendant 10 min à 3000 rpm, puis incubés pendant 10 min à 37°C. L'absorbance de l'hémoglobine libéré dans le surnageant a été mesurée à 540 nm (**Figure 06**). Le diclofénac a été utilisé comme standard à différentes concentrations de (50 µg/ml, 100 µg/ml, 150 µg/ml).



**Figure 06** : Protocole de stabilisation membranaire (Labu *et al.*, 2015).

- **Expression des résultats**

Le pourcentage d'inhibition de l'hémolyse est calculé par la formule suivante:

$$\text{Pourcentage d'inhibition \%} = (Abs C - Abs T / Abs C) \times 100$$

Où :

**Abs C** : Absorbance de contrôle.

**Abs T** : Absorbance de test.

**I .2.7. Analyse statistique des résultats**

Les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  SD. Les graphes sont mis en forme par EXCEL. L'étude statistique est réalisée à l'aide d'un logiciel statistique (GraphPad Prism 5). Des comparaisons statistiques ont été effectuées avec le test Student t ou les tests ANOVA. Les différences sont considérées comme : Significatives lorsque (\*  $p < 0,05$ ).



# Chapitre II

Résultats et discussion

## II. Résultats et discussion

### II.1. Rendement d'extraction

L'extraction des composés bioactifs de la gomme-résine de *Boswellia sacra* par macération dans le méthanol a permis de récupérer un extrait brut de couleur jaune avec un aspect pâteux et un rendement de 51.46%.

Au vu de ce résultat, le rendement de l'extrait méthanolique obtenu dans le présent travail est supérieur à celui trouvé par **Alyahya *et al.* (2021)** avec un rendement d'extraction de 15.23%. Cependant, il est inférieur à celui trouvé par **Aksamija, (2012)** et **Al-Harrasi *et al.* (2013)**, qui ont rapporté un rendement de 71.01% et 70% respectivement par une extraction méthanolique à l'aide d'un appareil de Soxhlet.

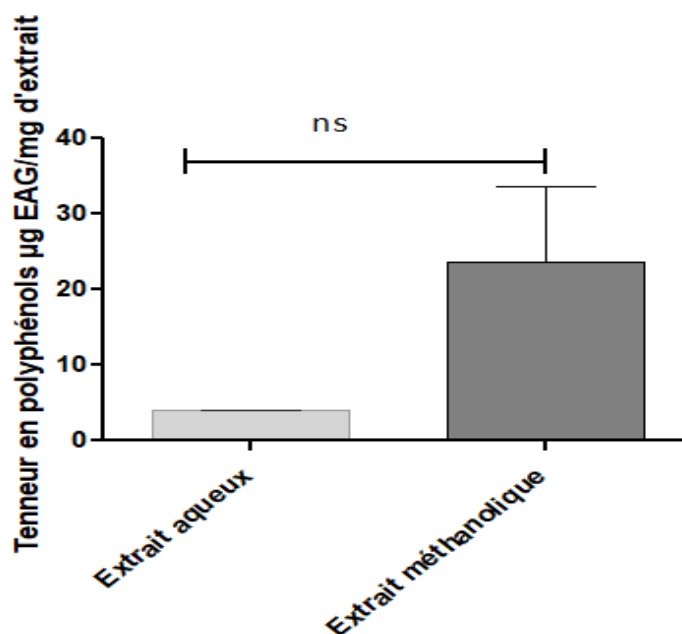
Ces variations de rendement d'extraction reposent sur plusieurs paramètres ; la nature et la concentration de solvant, la température, la méthode et le temps d'extraction et la composition de l'échantillon (**Santos *et al.*, 2012**).

### II.2. Résultats de l'analyse phytochimique quantitative

#### II.2.1. Teneur en polyphénols totaux

L'analyse quantitative des phénols totaux est déterminée à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage exprimé en  $\mu\text{g}$  d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait ( $y = 0,007x + 0,027$ ) (**Annexe**).

D'après nos résultats, les teneurs en polyphénols des extraits testés sont d'ordre de  $23.678 \pm 9.82 \mu\text{g EAG/mg d'Ex}$  et  $3.928 \pm 0.201 \mu\text{g EAG/mg d'Ex}$  respectivement pour l'extrait méthanolique et aqueux (**Figure 07**).



**Figure 07 :** Teneurs en polyphénols totaux des différents extraits de la gomme-résine.

ns : différence Non significative

L'analyse statistique n'a montré aucune différence significative de la teneur en polyphénols entre l'extrait méthanolique et aqueux.

Comparativement à d'autres travaux, nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par **Beghelli et al. (2017)** qui ont rapporté une teneur d'ordre de  $7.68 \pm 0.9$  mg EAG/g Ex en polyphénols totaux pour l'espèce *Boswellia serrata*. **Sathis Kumar et al. (2014)** ont trouvé aussi une teneur d'ordre de  $1.099 \pm 0.31$  mg EAG/g Ex en polyphénols pour l'espèce *Boswellia Ovalifoliolata* qui était très proche pour l'extrait aqueux

De plus, une étude réalisée par **Mohammadi et al. (2017)** a montré une teneur de  $112.13 \pm 1.05$  mg EAG/100g Ex en polyphénols totaux de l'extrait aqueux de la gomme-résine de *Boswellia serrata*, qui était similaire avec nos résultats..

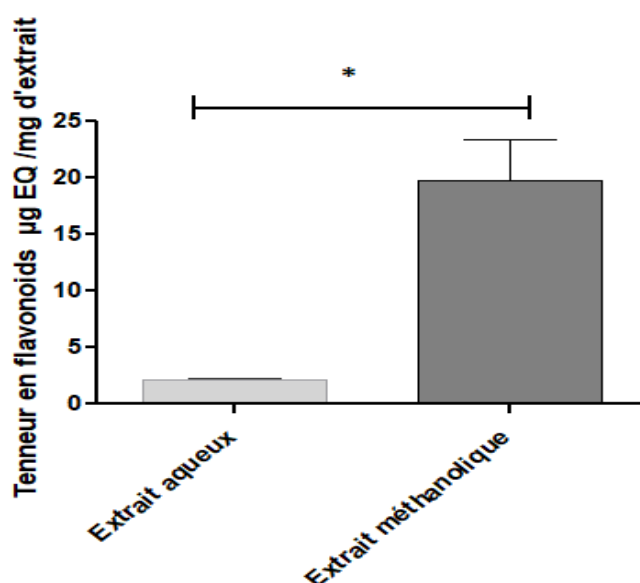
De plus, **Sathis Kumar et al. (2014)** ont indiqué une teneur d'ordre de  $0.243 \pm 0.24$  mg EAG/g Ex en polyphénols pour l'espèce *Boswellia Ovalifoliolata*.

**Beghelli et al. (2017)** ont trouvé une valeur d'ordre de  $0.11 \pm 0.05$  mg EAG/g Ex en polyphénols pour l'espèce *Boswellia serrata*.

Ces différences constatés des teneurs en composés phénoliques d'une espèce à une autre et à l'intérieur de la même espèce pourrait être du au changement des facteurs extrinsèques (température, climat...), génétiques (la variété et l'origine d'espèces), physiologiques (le degré de maturation des plantes, les organes utilisés) et de la durée de stockage (Ksouri *et al.*, 2009).

### II.2.2. Teneur en flavonoïdes totaux

Les résultats de la teneur en flavonoïdes contenue dans les extraits de la gomme-résine de *Boswellia sacra* sont exprimés en microgramme équivalent de quercétine par milligramme de l'extrait ( $\mu\text{g EQ/mg Ex}$ ) en se référant à une courbe d'étalonnage ( $y = 0,029x + 0,048$ ) (annexe) (Figure 08).



**Figure 08** : Teneur en flavonoïdes totaux des différents extraits de la gomme-résine de *Boswellia sacra*.

\* : différence significative.

L'analyse statistique a montré une différence significative de la teneur en flavonoïdes entre l'extrait méthanolique et aqueux (\* $p < 0,05$ ).

D'après nos résultats, la teneur en flavonoïdes des extraits est variée en fonction du solvant d'extraction dont l'extrait méthanolique a montré la teneur la plus élevée d'ordre de  $19.793 \pm 5.144 \mu\text{g EQ/mg Ex}$  suivi de l'extrait aqueux avec une teneur d'ordre de  $2.180 \pm 0,133 \mu\text{g EQ/mg Ex}$ .

Comparativement, avec d'autres travaux effectués sur l'espèce de *Boswellia dalzielii*, notre résultat de la teneur en flavonoïdes d'extrait méthanolique est inférieur avec celle trouvé par **Kohoude et al. (2017)** qui ont indiqué une teneur d'ordre de  $37.19 \pm 0.42$  g EQ/Kg Ex. Mais elle est supérieure en comparaison avec celle trouvé par **Sathis Kumar et al. (2014)** qui ont rapporté une teneur d'ordre de  $0.524 \pm 0.159$  mg ER/g Ex pour l'espèce de *Boswellia Ovalifoliolata*.

Par contre, notre résultat de la teneur en flavonoïdes d'extrait aqueux est inférieur à celui obtenue par **Sathis Kumar et al. (2014)** qui ont trouvé une teneur moyenne de  $0.047 \pm 0.005$  mg ER/g Ex de l'espèce *Boswellia Ovalifoliolata*.

Considérant l'ensemble des informations recueillies et analysées avec comparaison à la littérature (pour les différentes espèces), on peut expliquer cette différence de la teneur en composés phénoliques par le métabolisme, les conditions environnementales et la répartition géographique qui peuvent modifier les constituants de la plante et ses métabolites. D'après **El abed et al. (2014)**, la composition phénolique des tissus végétaux variait considérablement selon les facteurs saisonniers, génétiques et agronomiques.

Selon **Sultana et al. (2009)** les composés phénoliques peuvent varier avec la procédure d'extraction et le choix du solvant utilisé.

### **II.3. Résultats de l'activité antioxydante *in-vitro***

#### **II.3.1. Capacité antioxydante totale (TAC)**

La capacité antioxydante totale des extraits étudiés est estimée à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique ( $y = 1,6x + 0,002$ ) (**annexe**).

À partir des résultats obtenus, l'extrait méthanolique de la gomme-résine de *Boswellia sacra* a montré une activité antioxydante totale de  $0.066 \pm 0.0042$  mg EAG/mg Ex, cependant l'extrait aqueux a révélé une activité antioxydante qui est égale à  $0.0037 \pm 0.0002$  mg EAG/mg Ex.

Par ailleurs, nos extraits ont montré une activité antioxydante totale très faible par rapport au BHT avec une valeur de  $214.16 \pm 8.02$  mg EAG/g Ex (**Tableau II**).

**Tableau II** : Capacité antioxydante totale des différents extraits.

Extraits	TAC
<b>Extrait méthanolique</b>	0.066 ± 0.0042 mg EAG /mg Ex
<b>Extrait aqueux</b>	0.0037 ± 0.0002 mg EAG /mg Ex
<b>BHT</b>	214.16 ± 8.02 mg EAG/g Ex

Selon les résultats de **Mohammadi *et al.*, 2017** l'extrait méthanolique de la gomme-résine de *Boswellia serrata* a montré une activité antioxydante totale inférieure à notre résultat ( $359.71 \pm 0.61 \mu\text{g EAG/mg Ex}$ ).

### II.3.2. Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)

Cette méthode est utile compte tenu de sa grande reproductibilité, de la facilité de prise de mesures à la température ambiante sans risque de dégradation thermique, de son efficacité, de son coût relativement avantageux et de sa rapidité (**Akar *et al.*, 2017**).

L'ensemble des résultats de l'activité antioxydante des différents extraits ainsi que le standard utilisé est exprimée en  $IC_{50}$  (**Tableau III**).

**Tableau III** : Valeurs d' $IC_{50}$  de l'activité anti-radicalaire des extraits et de l'acide ascorbique.

Extraits	$IC_{50}$
<b>Extrait méthanolique</b>	44.843 ± 10.302 mg/ ml
<b>Extrait aqueux</b>	4.1825 ± 0.869 mg/ ml
<b>Acide ascorbique</b>	0.438 ± 0.222 $\mu\text{g/ ml}$

Nos résultats ont révélé une meilleure activité anti-radicalaire de l'extrait aqueux avec  $IC_{50}$  d'ordre de  $4.1825 \pm 0.869 \text{ mg/ ml}$  en comparaison avec celle de l'extrait méthanolique avec  $IC_{50}$  d'ordre de  $44.843 \pm 10.302 \text{ mg/ ml}$ .

D'autre part, l'antioxydant de référence (Acide ascorbique) a montré une activité anti-radicalaire très puissante avec  $IC_{50}$  d'ordre de  $0.438 \pm 0.222 \mu\text{g/ ml}$  qui était importante par rapport à nos extraits.

L'effet scavenger du radical DPPH de l'extrait méthanolique est meilleur à celui rapporté par **Awaley et al. (2020)** pour l'espèce *Boswellia serrata*. Il est aussi meilleur que celui rapporté par **Zerrouki (2017)** et **Védékoï et al. (2019)** pour l'espèce *Boswellia dalzielii* et *Boswellia sp* avec des IC<sub>50</sub> d'ordre de 84.51 ± 6.97 mg/ml et 1,73 ± 0.031 g/l et 178.12 mg/ml respectivement.

Mais d'un autre côté, nos résultats sont élevés par rapport à ceux retrouvés par **Afsar et al. (2012)** ; **Singh et al. (2012)** ; **Beghelli et al. (2017)** ; **Mohammadi et al., 2017** pour l'espèce *Boswellia serrata* et par **Vedekoi et Selestin, 2020** pour l'espèce *Boswellia dalzielii* qui ont rapportés des valeurs d'IC<sub>50</sub> d'ordre de 54.06 µg/ml ; 91.97 µg/ml ; 340.2 µg/ml ; 515.46 µg/ml et 34.65 µg/ml respectivement pour l'extrait méthanolique.

De plus, l'extrait aqueux a montré un bon effet scavenger du radical DPPH en comparaison avec celui mentionné par **Awaley et al. (2020)** pour l'espèce *Boswellia serrata* qui ont rapporté une valeur d'IC<sub>50</sub> de 78.76 mg/ml.

Selon **Singh et al. (2012)**, le potentiel antioxydant de piégeage des radicaux libres de *Boswellia sacra* est directement lié aux composés phénoliques totaux et à la présence de flavonoïdes.

En effet, plusieurs facteurs peuvent influencer le potentiel antioxydant et la cinétique de la réduction, notamment les conditions de la réaction (temps, rapport Antioxydant/DPPH, type de solvants, pH) et le profil phénolique en particulier. Le mécanisme principal d'action des composés phénoliques (Φ-OH) est le piégeage des radicaux libres par le transfert de l'atome H sur le DPPH qui lui transforme à une molécule stable DPPH (**Popovici et al., 2010**).

### II.3.3. Pouvoir réducteur du fer ferrique

L'activité réductrice du fer est déterminée à partir d'EC<sub>50</sub> (concentration efficace), qui est un paramètre très utilisé pour mesurer l'activité antioxydante des plantes médicinales.

Les valeurs d'EC<sub>50</sub> sont obtenues à partir de la courbe de régression linéaire (**annexe**) entre la concentration de l'extrait et l'absorbance correspondante. Les résultats sont illustrés dans le (**Tableau IV**).

**Tableau IV** : Valeurs d'EC<sub>50</sub> des extraits de la gomme-résine de *Boswellia sacra* et de l'acide gallique.

Extraits	EC <sub>50</sub>
Extrait méthanolique	10.725 ± 0.289 mg/ ml
Extrait aqueux	39.035 ± 4.292 mg/ ml
Acide gallique	107 ± 4.242 µg/ ml

Nous avons constaté que les absorbances des extraits testé augmentent proportionnellement avec les concentrations utilisées (**Annexe**).

L'extrait méthanolique a révélé une activité réductrice plus importante avec une valeur d'EC<sub>50</sub> d'ordre de 10,725 ± 0,289 mg/ml en comparaison avec celle d'extrait aqueux avec une valeur d'EC<sub>50</sub> de 39,035 ± 4,292 mg/ml. Cependant l'acide gallique a montré une puissante activité réductrice avec une valeur d'EC<sub>50</sub> d'ordre de 107 ± 4,242 µg/ml.

Cette différence en activité des extraits peut être expliquée par les différences de polarités des composés bioactifs de chaque extrait qui peut influencer leurs solubilités et leurs pouvoirs réducteurs (**Jayaprakasha et Patioli, 2007**).

En outre, le pouvoir réducteur de l'extrait méthanolique dans la présente étude est plus fort en comparaison avec celui trouvé par **Védékoï et al. (2019)** pour l'espèce *Boswellia dalzielii* qui ont indiqué une valeur d'EC<sub>50</sub> d'ordre de 147.85 mg/ml.

D' ailleurs, le pouvoir réducteur de l'extrait méthanolique est moins important par rapport à celui trouvé par **Singh et al., 2012 ; Beghelli et al., 2017** pour l'espèce *Boswellia serrata* et par **Vedekoi et Selestin, 2020** pour l'espèce *Boswellia dalzielii* avec EC<sub>50</sub> de 0.4875 mg/ml ; 66.89 µg/ml et 18.37 µg/ml, respectivement.

Le pouvoir réducteur de l'extrait aqueux de la gomme-résine de *Boswellia sacra* est plus faible par rapport à celui trouvé par **Sharma et al.(2011) ; Singh et al. (2012) ; Mohammadi et al. (2017)**, qui ont enregistré des valeurs d'EC<sub>50</sub> de 0.148 ± 0.01 µg/ml ; 0.2862 ± 0.33 mg/ml et 232.55 ± 0.66 µg/ml respectivement. Mais, il est très important par rapport à celui rapporté par **Ayub et al. (2018)** pour l'espèce *Boswellia serrata* avec EC<sub>50</sub> de 91.66 ± 1.05 mg/ml.



Le pouvoir réducteur de l'extrait végétal est probablement dû à sa richesse en polyphénols mais aussi à la structure de la plante, qui peut être utilisée comme donneur d'électrons (Vedekoi et Selestin, 2020).

Tous les extraits ont exercé une capacité réductrice, avec un pouvoir plus important avec les extraits méthanolique. Cela démontre leur propriété de donation d'électrons et par conséquent leur capacité de neutraliser les radicaux libres. Cette capacité pourrait être due à la présence de flavonoïdes qui sont des principaux donneurs d'électrons (Le *et al.*, 2007). Cela pourrait indiquer qu'il existe de corrélation entre leur contenu en polyphénols et leur activité réductrice.

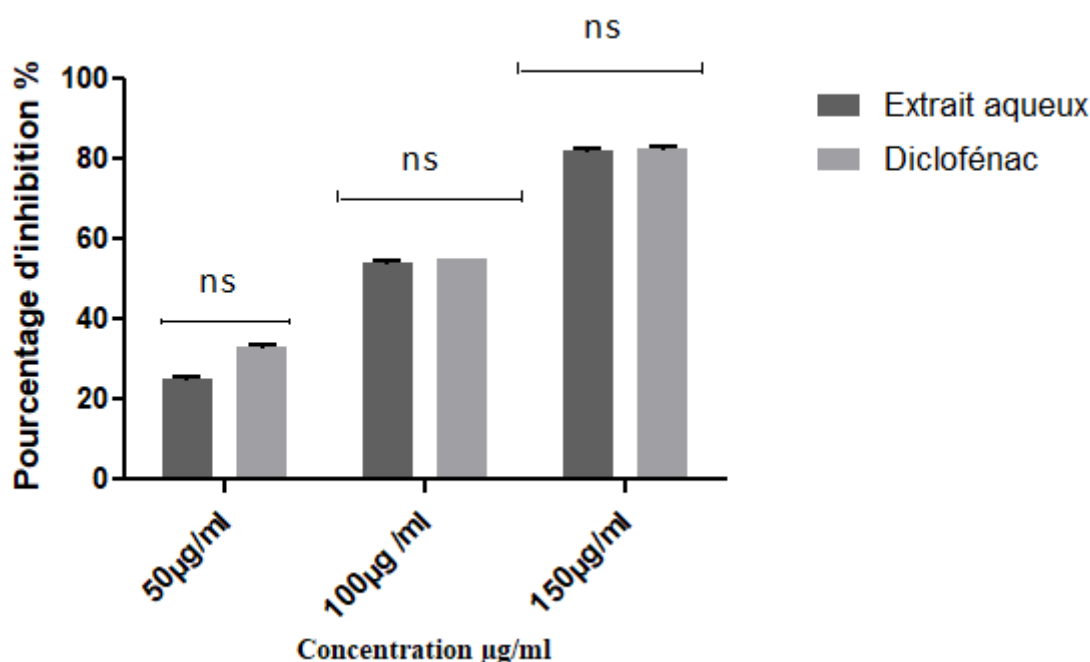
## II.4. Résultats de l'activité anti-inflammatoire *in-vitro*

### II.4.1. Effet sur la dénaturation protéique

Pour évaluer l'effet anti-inflammatoire *in-vitro* de l'extrait aqueux de la gomme-résine de *Boswellia sacra*, nous avons opté pour le modèle anti-dénaturation de l'Albumine de Sérum Bovine (BSA).

En effet ; sous l'action d'un traitement thermique, l'albumine peut subir des changements de conformation associés à un mauvais repliement de la structure 3D provoquant le processus d'agrégation (Rondeau, 2009). La plupart des protéines biologiques perdent leur fonction biologique lorsqu'elles sont dénaturées (Leelaprakash et Mohan Dass, 2011; Bui Thanh *et al.*, 2016).

L'effet protecteur des extraits contre la dénaturation de l'albumine sérique bovine a été évalué à différentes concentrations et les résultats sont représentés dans la **Figure 09**.



**Figure 09 :** Pourcentage d'inhibition de la dénaturation de l'albumine de l'extrait aqueux de la gomme-résine de *Boswellia sacra* et de standard (diclofénac) *in-vitro*.

ns : différence Non significative

Les résultats révèlent que l'extrait et le diclofénac testés ont protégé la BSA contre la dénaturation induite par la chaleur (57°C). Les pourcentages de cette protection ont été augmentés avec des concentrations croissantes et de manière dépendante de celles-ci.

Les résultats obtenus ont montré que l'extrait aqueux possède un effet inhibiteur vis-à-vis la dénaturation de la BSA. Cette inhibition est statistiquement similaire à celle de l'anti-inflammatoire de référence (Diclofénac).

Pour la concentration la plus élevée de 150 µg/ml, le diclofénac a exprimé un pourcentage d'inhibition de  $82.724 \pm 0.469$  % qui était la même obtenue par l'extrait aqueux avec un pourcentage de  $82.059 \pm 0.469$  %. Ces observations ont été confirmées en comparant les valeurs d'IC<sub>50</sub> (**Tableau V**).

**Tableau V** : Valeurs d'IC<sub>50</sub> du standard et de l'extrait aqueux de la gomme-résine de *Boswellia sacra*.

Extraits	IC <sub>50</sub> (µg/ml)
Extrait aqueux	88.82 ± 11.426
Diclofénac	89.125 ± 4.080

Le diclofénac utilisé comme standard (**Annexe**) a révélé une valeur d'IC<sub>50</sub> d'ordre de 89.125 ± 4.080 µg/ ml ; donc on constate que son effet est similaire à celui de l'extrait testé qui a donné une valeur d'IC<sub>50</sub> d'ordre de 88.82 ± 11.426 µg/ ml.

**Mishra et al. (2011)** et **Shelke et al. (2020)** ont rapporté que l'extrait aqueux de *Boswellia serrata* a un effet anti-inflammatoire puissant contre la dénaturation de l'albumine sérique bovine avec des pourcentages d'inhibition de 58.22 % et 98.95 %. Cette découverte justifie l'utilité de ce produit dans la gestion et le traitement des maladies associées à l'inflammation comme l'arthrite.

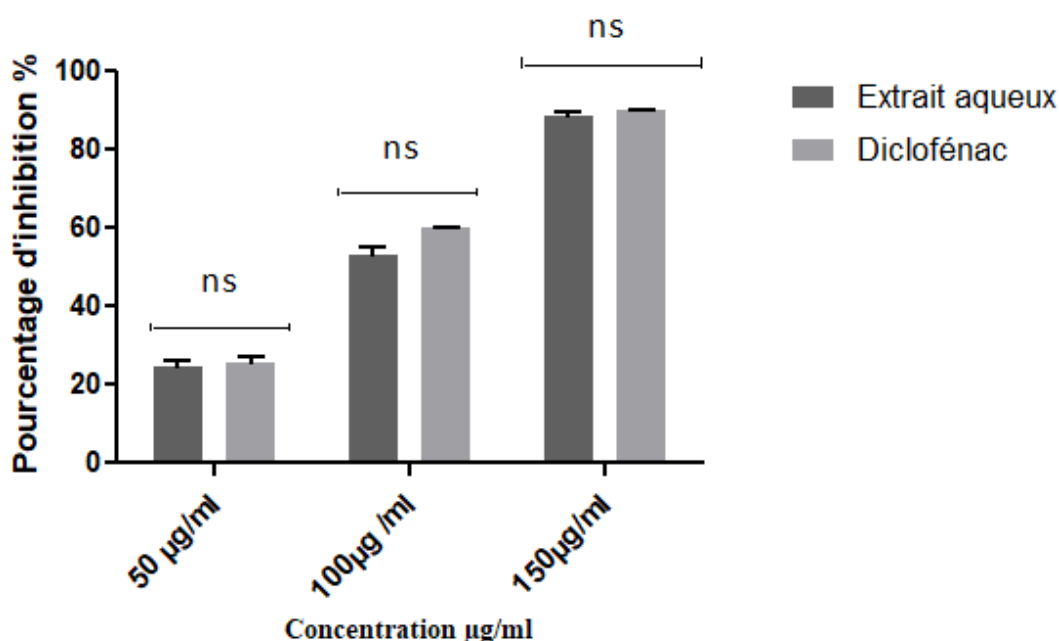
La dénaturation des protéines est l'une des causes bien connues de l'inflammation, dans lequel les protéines perdent leur structure tertiaire et leur structure secondaire par application de stress ou de composé externe, comme un acide ou une base forte, un sel inorganique concentré, un solvant organique ou une chaleur, il conduit à divers maladies inflammatoires dont l'arthrite. Par conséquent, la capacité d'une substance à inhiber la dénaturation des protéines signifie un potentiel apparent d'activité anti-inflammatoire (**Habibur et al ., 2015; Osman et al ., 2016** ).

#### II.4.2. Stabilisation membranaire (hémolyse hypotonique)

L'activité anti-hémolytique de l'extrait aqueux de la gomme-résine de *Boswellia sacra* étudiée a été criblée contre des érythrocytes humains normaux.

En recherche biologique, il y a plusieurs avantages à choisir les érythrocytes comme modèle pour étudier le mécanisme de la stabilisation membranaire. D'abord la surface de leurs membranes peut être exactement estimée et aussi elles sont exempt d'organelles intracellulaire ; donc tout effet d'une substance sur l'hémolyse hypotonique pourrait d'une

manière justifiable être interprété comme effet sur la membrane elle-même (Seeman et Weinstein, 1966). L'extrait testé a assuré aux globules rouges humains une protection contre l'hémolyse hypotonique qui augmente en fonction des concentrations utilisées. Les pourcentages d'inhibition obtenus sont présentés dans la (Figure 10).



**Figure 10** : Pourcentage d'inhibition de l'hémolyse hypotonique de l'extrait aqueux de la gomme-résine de *Boswellia sacra* et de standard (diclofénac) *in-vitro*.

ns : différence Non significative.

Pour une concentration de 150 µg/ml, l'extrait aqueux et le standard (diclofénac) analysée ont assuré aux globules rouges la plus grande protection contre l'hémolyse hypotonique avec des pourcentages d'inhibition de 88 % ; 90 % respectivement.

L'activité anti-hémolytique de l'extrait aqueux étudié ainsi que le standard utilisé (Diclofénac) est exprimée en IC<sub>50</sub> (Tableau VI).

**Tableau VI** : Valeurs d'IC<sub>50</sub> du standard et de l'extrait aqueux de la gomme-résine de *Boswellia sacra*.

Extraits	IC <sub>50</sub> (µg/ml)
Extrait aqueux	91.504 ± 1.412
Diclofénac	86.8005 ± 0.939

Statistiquement, il n'existe aucune différence significative entre l'extrait testé et le diclofénac. Ce dernier a présenté une IC<sub>50</sub> correspondant à 86.8005 ± 0.939 (µg/ml) par rapport à celle de l'extrait aqueux qui a indiqué une IC<sub>50</sub> égale à 91.504 ± 1.412 (µg/ml).

Par conséquent, il en ressort que l'extrait aqueux possède une activité anti-hémolytique importante comparée au diclofénac.

Le pourcentage d'inhibition retrouvé dans la présente étude est similaire à celui retrouvé par **Afsar et al. (2012)** pour l'extrait méthanolique de l'espèce de *Boswellia serrata*, avec un pourcentage d'inhibition de 85%.

L'effet anti-inflammatoire de notre extrait peut être dû à la présence de flavonoïdes et de saponines. Les flavonoïdes et les stéroïdes montrent une activité anti-inflammatoire remarquable en inhibant les systèmes COX et LOX (**Robet et al., 2001 ; Tapas et al., 2008**). La corrélation entre la présence de flavonoïdes et leur stabilisation membranaire a également été observée par **Sankari et al. (2009)**.

De plus, **Al-Harrasi et al. (2019)** ont été décrits que certains composés notamment les acides boswelliques sont les principaux composés anti-inflammatoires présents dans la résine de gomme de *Boswellia sacra*.

# Conclusion

## Conclusion

Le royaume des plantes est plein d'espèces et de types des plantes qui ont été utilisé depuis l'antiquité pour guérir les personnes par différentes civilisations à travers l'histoire.

De nos jours, l'utilisation des résines végétales en phytothérapie a reçu un grand intérêt dans la recherche biomédicale.

L'objectif principal de la présente recherche a consisté à une étude phytochimique et l'évaluation *in-vitro* de l'activité antioxydante et anti-inflammatoire de différents extraits de la gomme-résine de *Boswellia sacra*.

Le travail réalisé sur la gomme-résine en vue d'explorer ces propriétés thérapeutiques et biologiques nous a menés à la conclusion des résultats suivants :

La procédure d'extraction par le méthanol a permis d'obtenir un résidu brut sous forme de gomme de couleur jaune, avec un rendement de 51,46%.

L'analyse phytochimique des extraits a révélé que les teneurs des substances bioactives ; polyphénols, flavonoïdes sont importantes dans l'extrait méthanolique par rapport à l'extrait aqueux.

L'étude de l'activité antioxydante des extraits par la méthode de piégeage du radical libre DPPH, la capacité antioxydante totale (TAC) et le pouvoir réducteur de fer (FRAP) a révélé que les deux extraits ont une activité antioxydante différentes, cependant l'extrait méthanolique est le plus actif.

Concernant activité anti-inflammatoire *in-vitro*, les extraits testés ont révélé une inhibition efficace de l'inflammation comparable à celle d'un anti-inflammatoire non stéroïdien, le diclofénac avec une inhibition importante pour la concertation de 150 µg/ml avec une réduction importante de l'hémolyse.

Nous concluons que la gomme-résine de *Boswellia sacra* est riche en des composés bioactifs, ce qui en fait l'une des sources médicinales les plus importantes pour traiter une variété des troubles, utilisée comme un anti-inflammatoire et antioxydante.

En fin, l'ensemble de ces résultats obtenus *in-vitro* ne constitue qu'une petite partie de la recherche des substances et sources naturelles biologiquement actives, nous envisageons comme perspective d'utiliser des méthodes modernes pour l'extraction des principes actifs, et de valoriser leur présence par des techniques précises comme la GC-MS et l'HPLC afin de bien établir une relation structure-activité. Il s'avère aussi intéressant d'étudier ces activités *in vivo* et d'évaluer autres activités biologiques (antimicrobienne et antidiabétique.....).

# Références bibliographiques



Références bibliographiques

A

**Abdille M.H., Singh R.P., Jayaprakasha G.K., & Jena B.S., 2005 :** Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. *Food Chemistry*, **90** (4). 891- 896.

**Adida H., Benariba N., Bechiri A., Chekroun E. & Djaziri R., 2016 :** Phytochemical study and evaluation of the antiradical activity of extracts of *Pituranthos scoparius*. *Phytothérapie* **45** : 441-450.

**Afsar, V., Reddy, Y. M., & Saritha, K. V., 2012 :** *In-vitro* antioxidant activity and anti-inflammatory activity of methanolic leaf extract of *Boswellia serrata*. *International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*, **1** (4), 15-23.

**Akar, Z., Küçük, M., & Doğan, H., 2017 :** A new colorimetric DPPH• scavenging activity method with no need for a spectrophotometer applied on synthetic and natural antioxidants and medicinal herbs. *Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry*, **32** (1), 640-647.

**Aksamija, A., 2012 :** Etude chimique des matériaux résineux: oliban, dammar et mastic: application à des prélèvements artistiques et archéologiques. Thèse de doctorat. Université d'Avignon., 255p.

**Al-Harrasi, A., & Al-Saidi, S., 2008 :** Phytochemical analysis of the essential oil from botanically certified oleogum resin of *Boswellia sacra* (Omani Luban). *Molecules*, **13**(9), 2181-2189.

**Al-Harrasi, A., Ali, L., Ceniviva, E., Al-Rawahi, A., Hussain, J., Hussain, H., ... & Al-Harrasi, R., 2013 :** Antiglycation and antioxidant activities and HPTLC analysis of *Boswellia sacra* Oleo gum resin: the sacred frankincense. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, **12**(4), 597-602.

**Al-Harrasi, A., Hussain, H., Csuk, R., & Khan, H. Y., 2019 :** Chemistry and Bioactivity of Boswellic Acids and Other Terpenoids of the Genus *Boswellia* : Biological Activities of Boswellic Acids In *Biology of Genus Boswellia*. Elsevier Ltd. 67-109.

**Allegra, M., 2019 :** Antioxidant and anti-inflammatory properties of plants extract. *Antioxidants*, **8**(11), 549.

**Alyahya, A. A., Asad, M., Asdaq, S. M. B., Mohzari, Y., Alrashed, A., Alajami, H. N., ... & Alajmi, H. N., 2021 :** Haematotoxic effects of methanolic extract of *Boswellia sacra* oleo gum resin (frankincense) in rats. *Science Progress*, **104**(2), 1–8.

**Ammon, H. P., 2002 :** Boswellic acids (components of frankincense) as the active principle in treatment of chronic inflammatory diseases. *Wiener medizinische Wochenschrift (1946)*, **152**(15-16), 373-378.

**Awaley, M. G., Nakade, J. G., Kale, A. S., & Jaiswal, H. S., 2020 :** Antioxydant activity and characterization of ethanolic bark extract of *Boswellia serrata*. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, **7** (11),102-111.

**Ayub, M. A., Hanif, M. A., Sarfraz, R. A., & Shahid, M., 2018 :** Biological activity of *Boswellia serrata* Roxb. oleo gum resin essential oil: effects of extraction by supercritical carbon dioxide and traditional methods. *International Journal of Food Properties*, **21**(1), 808-820.

B

- Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S., 2006 :** Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food chemistry*, **99**(1), 191-203.
- Basar, S., 2005 :** Phytochemical investigations on *Boswellia* species : Comparative Studies on the Essential Oils, Pyrolysates and Boswellic Acids of *Boswellia carterii* Birdw., *Boswellia serrata* Roxb., *Boswellia frereana* Birdw., *Boswellia neglecta* S. Moore and *Boswellia rivae* Engl. Thèse de doctorat. Université Hamburg, Istanbul, Turkey, 231p.
- Beghelli, D., Isani, G., Roncada, P., Andreani, G., Bistoni, O., Bertocchi, M., ... & Alunno, A., 2017 :** Antioxidant and *ex vivo* immune system regulatory properties of *Boswellia serrata* extracts. *Oxidative medicine and cellular longevity*, **2017**, p10.
- Belkas M et Merrouche Z., 2020 :** Elaboration et formulation d'un anti-inflammatoire à base de résine. Mémoire de Master en Génie des Procédés. Université de Blida 1. Faculté de Technologie.
- Bene, K., Camara, D., Kanga, Y., & Zirihi, G. N., 2017 :** Potentiel antiradicalaire des extraits de feuilles de *Bersama abyssinica* Fresen.(Melianthaceae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **11**(6), 2962-2970.
- Benhamou N. & Rey P., 2012 :** Stimulateurs des défenses naturelles des plantes : une nouvelle stratégie phytosanitaire dans un contexte d'écoproduction durable. I. *Principes de la résistance induite. Phytoprotection* **92** : 1-23.
- Benjamin, D., 2018 :** *Boswellia serrata* Roxb. ex Colebr. : une plante ancienne aux propriétés nouvelles. Sciences pharmaceutiques. ffdumas-01845371f.
- Bentabet, N., Boucherit-Otmani, Z., et Boucherit, K., 2014 :** Composition chimique et activité antioxydante d'extraits organiques des racines de *Fredolia aretioides* de la région de Béchar en Algérie. *Phytothérapie*, **12**: 364–371.
- Bijoy M., Jayati S. & Prabir K.S., 2008:** Antioxidant activities of soybean as affected by Bacillus-fermentation to kinema. *Food Research International*.**41**: 586 – 593.
- Boizot N. and Charpentier J.P., 2006 :** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre foustier. *Cahier des Techniques de l'INRA*, 79-82. (Cited in DjemaiZoueglache S, 2008).
- Bui Thanh, T., Vu Duc, L., Nguyen Thanh, H., and Nguyen Tien, V., 2016 :** *In-vitro* antioxidant and anti-inflammatory activities of isolated compounds of ethanol extract from *Sanchezia speciosa* Leonard's leaves. *J Basic Clin Physiol Pharmacol*, **28** (1) : 79-84.

C

- Chaiyana, W., Anuchapreeda, S., Leelapornpisid, P., Phongpradist, R., Viernstein, H., and Mueller, M., 2016 :** Development of Micro emulsion Delivery System of Essential Oil from *Zingiber cassumunar* Roxb. Rhizome for Improvement of Stability and Anti-Inflammatory Activity. *AAPS PharmSciTech*, **18**: 1332–1342.

**Chen D., Daniel K.G., Kuhn D.J., Kazi A., Bhuiyan M., Li, L., Wang Z., Wan S.B., Lam W.H., Chan T.H. and Dou Q.P., 2004.** Green tea and tea polyphenols in cancer prevention. *Front Bioscience* **26**:18-31.

**Coppens J.J.W., 1995 :** Olibanum (frankincense), myrrh and opoponax resins and oils, Flavours and Fragrances of Plant Origin, Non-Wood Forest Products, FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1.

## D

**Dahmen U., Gu Y.L., Dirsch O., Fan L.M. et Li J., 2001 :** Boswellic acid, a potent antiinflammatory drug, inhibits rejection to the same extent as high dose steroids. *Transplantation Proceedings*, **33**(1-2), 539-541.

**Diallo, I., 2019 :** Potentiels anti-oxydants et anti-inflammatoires de sporophores de *Lentinula edodes* (Shiitake) sous différentes conditions de culture. Thèse de doctorat. Université Montpellier.

**Dorman, H. J. D., & Hiltunen, R., 2004 :** Fe (III) reductive and free radical-scavenging properties of summer savory (*Satureja hortensis* L.) extract and subfractions. *Food chemistry*, **88**(2), 193-199.

**Dröge, W., 2002 :** Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiological reviews*. **82**, 47-95.

**Du, B., Zhu, F., & Xu, B., 2018 :** An insight into the anti-inflammatory properties of edible and medicinal mushrooms. *Journal of Functional Foods*, **47**, 334-342.

**Dupéron, J., 1993 :** L'encens et les Boswellia: Historique. Apport de l'anatomie à la systématique de trois Boswellia de Somalie et du Yémen. *Revue de Cytologie et de Biologie Végétales – Le Botaniste*, **16**(3-4), 185-209.

**Dupont, F., & Guignard, F., 2015 :** Botanique: *les familles de plantes*. Elsevier Health Sciences.

## E

**El abed N., Guesmi F., Mejri M., Marzouki M. N., Ben hadj A. S., 2014 :** Phytochemical screening and assessment of antioxidant, antibacterial and cytotoxicity activities of five Tunisian medicinal plants.

**Ezziat Loubna., 2015 :** Enquête ethnobotanique sur les plantes antidiabétiques auprès des herboristes de la ville de Fès. Mémoire de Master. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah-Maroc. Faculté des sciences et techniques – FES.

## F

**Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M., Abdelly C., 2007 :** Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L: organs and their biological activities. *Compt Rend. Biol*, **331**: 372-379.

**Fauve R.M. et Hevin M., 1998 :** Réaction inflammatoire et réactions immunitaires. In: inflammation. Russo-Marie F., Peltier A., Polla B S. Eds, John Libbey Eurotext (France). 10-19.

**Flückiger, F.A., 1867 :** Lehrbuch der Pharmakognosie des Pflanzenreiches. Naturgeschichte der wichtigeren Arzneistoffe vegetabilischen Ursprunges. Gaertner, Berlin, 748 p.

**Frohne D., Jensen U., 1998 :** *Systematik des Pflanzenreichs*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart.

## G

**Geng, Y., Zhu, S., Lu, Z., Xu, H. Y., Shi, J. S., & Xu, Z. H., 2014 :** Anti-inflammatory activity of mycelial extracts from medicinal mushrooms. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, **16**(4), 319-325.

## H

**Habibur Rahman., Chinna Eswaraiah, M., and Dutta, A.M., 2015 :** *In-vitro* anti-inflammatory and anti-arthritic activity of *Oryza sativa* Var. *Joha Rice* (An Aromatic Indigenous Rice of Assam). *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*, **15** (1) : 115-121.

**Habibur Rahman., Chinna Eswaraiah, M., and Dutta, A.M., 2015 :** *In-vitro* antiinflammatory and anti-arthritic activity of *Oryza sativa* Var. *Joha Rice* (An Aromatic Indigenous Rice of Assam). *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*, **15** (1): 115-121.

**Habibur Rahman., Chinna Eswaraiah, M., Vakati, K., and Madhavi, P., 2012 :** *In-vitro* studies suggest probable mechanism of *Eucalyptus* oil for anti-inflammatory and antiarthritic activity. *International Journal of Phytopharmacy*, **2**(3): 81-83.

**Haioun A., Zohra HF., 2015 :** Activité antioxydante et anti-inflammatoire de la plante médicinale Algérienne *Anethium graveolens* et leur effet cardioprotectrice contre la toxicité de la *Anethume Graveolens*. Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine, Algérie. 29-36 p.

**Halliwell, B., & Gutteridge, J. M., 2015 :** *Free radicals in biology and medicine*. Oxford University Press, USA.

**Huang, M. T., Badmaev, V., Ding, Y., Liu, Y., Xie, J. G., & Ho, C. T., 2000 :** Anti-tumor and anti-carcinogenic activities of triterpenoid,  $\beta$ -boswellic acid. *Biofactors*, **13**(1-4), 225-230.

## J

**Jain, D. P., Pancholi, S. S., & Patel, R., 2011 :** Synergistic antioxidant activity of green tea with some herbs. *Journal of advanced pharmaceutical technology & research*, **2**(3), 177-183.

**Jayaprakasha, G.K., Patil, B.S., 2007 :** *In-vitro* evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. *Food. Chem*, **101**, 410-418.

**Jean B., 2009 :** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales 4<sup>ème</sup> édition, *Lavoisier* 1289 p.

**Jing, Y., Nakajo, S., Xia, L., Nakaya, K., Fang, Q., Waxman, S., & Han, R., 1999:** Boswellic acid acetate induces differentiation and apoptosis in leukemia cell lines. *Leukemia research*, **23**(1), 43-50.

K

**Kahkonen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S., & Heinonen, M., 1999 :** Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, **47**(10), 3954-3962.

**Karl K. Rozman,, John Doull., Wayland J. Hayes., 2010 :** Chapter 1 - Dose and Time Determining, and Other Factors Influencing, Toxicity, Editor(s): Robert Krieger, Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology (Third Edition), *Academic Press*, Pages 3-101.

**Khadhri Ayda., El Mokni Ridha. et Smiti Samira., 2012 :** Compose phénoliques et activités antioxydantes de deux extraits de chardon à glu : *Atractylis gummifera*, *Revue Soc. Sci. Nat. de Tunisie* 2012 - 2013 T : **39** pp 44-52.

**Kohoude, M. J., Gbaguidi, F., Agbani, P., Ayedoun, M. A., Cazaux, S., & Bouajila, J., 2017 :** Chemical composition and biological activities of extracts and essential oil of *Boswellia dalzielii* leaves. *Pharmaceutical biology*, **55**(1), 33-42.

**Košinová P., Gažák R., Duroux J-L., Lazzaroni R., Křen V., Assfeld X. and Trouillas P., 2011 :** Dimerisation process of silybin-type flavonolignans: insights from theory. *European Journal of Chemical physics and Physical chemistry* **12**(6) : 1135-42.

**Ksouri R., Falleh H., Megdiche W., Trabelsi N., Hamdi B. & Chaieb K., 2009 :** Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte *Tamarix gallica* L and related polyphenolic constituents. *Food Chem Toxicol*; **47**:2083–91.

L

**Labu, Z.K., Laboni, F.R., Tarafdar, M., Howlader, M.S.I., and Rashid, M.H., 2015 :** Membrane stabilisation as a mechanism of anti-inflammatory and thrombolytic activities of ethanolic extract of aerial parts of *Spondias pinanata* (family: Anacardiaceae). *Pharmacology Online*, **2**: 44-51.

**Le K, Chiu F, Ng K., 2007 :** Identification and quantification of antioxidants in *Fructus lycii*. *Food Chem*, **105**, 353-363.

**Leelaprakash, G., and Mohan Dass, S., 2011 :** *In-vitro* anti-inflammatory activity of methanol extract of *Encostemma axillare*. *International Journal of Drug Development & Research*, **3** (3) : 189-196.

**Leitao G.G., Leitao S.G., and Vilagag W., 2002 :** Quick preparative separation of natural Naphthopyranones with antioxidant activity by high-speed counter-current chromatography. *Z. Naturforsch. J.*, **57**, 1051-1055.

**Liu, J. J., Nilsson, A., Oredsson, S., Badmaev, V., & Duan, R. D., 2002 :** Keto-and acetyl-keto-boswellic acids inhibit proliferation and induce apoptosis in Hep G2 cells via a caspase-8 dependent pathway. *International journal of molecular medicine*, **10**(4), 501-505.

M

**Majeed M., 1996** : Boswellin-The anti-inflammatory phytonutrient. Nutriscience Publishers, Inc.

**Markham K.R., 1982** : Techniques of flavonoid identification. Hiological Techniques Séries.

**Milane H., 2004** : La quercétine et ses derives: molécules à caractère peroxydant ou thérapeutiques. Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur Strasbourg I. 155p.

**Mishra, N. K., Bstia, S., Mishra, G., Chowdary, K. A., & Patra, S., 2011** : Anti-arthritic activity of *Glycyrrhiza glabra*, *Boswellia serrata* and their synergistic activity in combined formulation studied in freund's adjuvant induced arthritic rats. *Journal of Pharmaceutical Education and Research*, **2** (2), 92-98

**Mizushima, Y., and Kobayashi, M., 1968** : Interaction of anti-inflammatory drugs with serum proteins, especially with some biologically active proteins. *J. Pharm.Pharmac*, **20**: 169-173.

**Mohammadi A., Arabshahi-Delouee S., Zinoviadou K.G., Galanakis M.C., 2017** : Antioxidant Properties of Various Solvent Extracts of Indian Frankincense (*Boswellia serrata*) Oleogum Resin. *Research Journal of Iranian Food Science and Technology*. **13**(3), 28-38.

**Molyneux P et Songklanakarin J., 2004** : The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *SciencesTechnology*, **26** (2): 211-219.

**Moreno, S., Scheyer, T., Romano, C. S., & Vojnov, A. A., 2006** : Antioxidant and antimicrobial activities of rosemary extracts linked to their polyphenol composition. *Free radical research*, **40**(2), 223-231.

N

**Nickavar B., Alinaghi A. and Kamalinejad M., 2008** : Evaluation of the Antioxidant Properties of Five *Mentha* Species. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, **7** (3), 203-209.

**Nijveldt R.J., Nood E., Hoorn D.E., Boelens PG., Norren K. and Leeuwen P.A., 2001**: Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications.*The American Journal of Clinical Nutrition* **74**(4):418-25.

O

**Oguntibeju, O. O., 2018** : Medicinal plants with anti-inflammatory activities from selected countries and regions of Africa. *Journal of inflammation research*, **11**, 307-317.

**Orgogozo, J.M., Dartigues J.F., Lafont S., Letenneur L., Commenges D., Salamon R., Renaud S. and Breteler M.B., 1997** : Wine consumption and dementia in the elderly: a prospective community study in the Bordeaux area. *Revue Neurologique* **153**(3):185-92.

**Osman, N.I., Sidik, N.J., Awal, A., Adam, N.A.M., and Rezali, N.I., 2016 :** *In-vitro* xanthine oxidase and albumin denaturation inhibition assay of *Barringtonia racemosa* L. and total phenolic content analysis for potential anti-inflammatory use in gouty arthritis. *J Intercult Ethnopharmacol*, **5** (4): 343 - 349.

**Oyaizu M., 1986:** Studies on products of browning reaction:antioxydative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *The Japanese journal of nutrition and dietetics*, **44**(6), 307-315.

## P

**Pacheco-Sanchez M., 2006 :** Polysaccharides ayant une activité immunomodulatrice chez les champignons indigènes du québec. Thèse de Doctorat, Université Laval Quebec, Canada. 119 p.

**Paul M, Brüning G, Bergmann J, Jauch J., 2012:** A thin-layer chromatography method for the identification of three different olibanum resins (*Boswellia serrata*, *Boswellia papyrifera* and *Boswellia carterii*, respectively, *Boswellia sacra*), *Phytochemical Analysis*. **23** (2), 184–189.

**Paul, M., Brüning, G., Bergmann, J., & Jauch, J., 2012 :** A Thin-layer Chromatography Method for the Identification of Three Different Olibanum Resins (*Boswellia serrata*, *Boswellia papyrifera* and *Boswellia carterii*, respectively, *Boswellia sacra*). *Phytochemical Analysis*, **23**(2), 184-189.

**Popovici C., Saykova I. et Tylkowski B., 2010 :** Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH, e-Revue de génie industriel. **4** :1313-8871.

**Popovici C., Saykova I., Tylkowski B., 2009 :** Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de Génie Industriel*. (4): 8p.

**Prieto P., Pineda M., Aguilar M., 1999 :** Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical biochemistry*. **269**(2): 337-341.

## R

**RIBEREAU-GAYON, P., 1972 :** Evolution des composés phénoliques au cours de la maturation du raisin, II-Discussion des résultats obtenus en 1969, 1970 et 1971. *OENO One*, **6**(2), 161-175.

**Righi N., Boumerfeg S., Fernandes P. A. R., Deghima A., Baali F., Coelho E., Cardoso S. M., Coimbra M. A., Baghiani A., 2020 :** *Thymus algeriensis* Bioss and Reut : Relationship of phenolic compound composition with *in vitro/in vivo* antioxidant and antibacterial activity. *Food Research International*, 136, 19500.

**Robert J, Nijveldt., Van Nood, E. L. S., Van Hoorn, D. E., Boelens, P. G., Van Norren, K., & Van Leeuwen, P. A., 2001 :** Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *The American journal of clinical nutrition*, **74** (4), 418-425.

**Rondeau, P., 2009 :** Stress oxydant et glycation : relation structure et activités biologiques de l'albumine *in-vitro* et *in-vivo* dans le cadre de la pathologie diabétique. Thèse de Doctorat. Université de la Réunion.

**Rüdiger, A. L., Siani, A. C., & Junior, V. V., 2007 :** The chemistry and pharmacology of the South America genus *Protium* Burm. f.(Burseraceae). *Pharmacognosy reviews*, **1**(1), 93-104.



S

- Safayhi, H., Rall, B., Sailer, E. R., & Ammon, H. P. T., 1997** : Inhibition by boswellic acids of human leukocyte elastase. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, **281**(1), 460-463.
- Sailer, E. R., Hoernlein, R. H., Ammon, H. P. T., & Safayhi, H., 1996 (b)**: Structure-activity-relationships of 5-lipoxygenase-inhibition by boswellic acids. *European journal of pharmaceutical sciences*, **4**(1), S54.
- Sailer, E. R., Hoernlein, R. H., Schneider, N., Ammon, H. P. T., & Safayhi, H., 1996 (a)** : Synthesis of a radio-iodinated photoaffinity analogue of the direct, non-redox, non-competitive 5-lipoxygenase inhibitor acetyl-11-keto- $\beta$ -boswellic acid. *European journal of pharmaceutical sciences*, **4**(1), S113.
- Sankari G., Mounnissamy VM., and Balu V., 2009** : Evaluation of Anti-inflammatory and Membrane Stabilizing Properties of Ethanolic Extracts of *Diptheracanthus prostates* (Acanthaceae). *Amala Research Bulletin*, **29**, 88-89.
- Santos R. D., Shetty K., Lourenco A. & Miglioranza L., 2012** : Phenolic compound and total antioxidant activity determination in rosemary and oreganoextract. DOI: 10.5433/1679- 0359.2012v33, N2, p655.
- Sathis Kumar, D., David, B., & Harani, A., 2014** : Evaluation of Antilipidperoxidation, A-Amylase and Lipase Inhibitory Activity of *Boswellia Ovalifoliolata* Bal. Henry. *Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences*, **10**(1), 61-70.
- Seeman, P., and Weinstein, J., 1966** : Erythrocyte membrane stabilization by tranquilizers and antihistamines. *Biochemical Pharmacology*, **15** : 1737-1752.
- Shaikh, R. U., Pund, M. M., & Gacche, R. N., 2016** : Evaluation of anti-inflammatory activity of selected medicinal plants used in Indian traditional medication system *in-vitro* as well as *in-vivo*. *Journal of traditional and complementary medicine*, **6**(4), 355-361.
- Sharma, A., Upadhyay, J., Jain, A., Kharya, M. D., Namdeo, A., & Mahadik, K. R., 2011** : Antioxidant activity of aqueous extract of *Boswellia serrata*. *J Chem Bio Phy Sci*, **1**, 60-71.
- Shelke, P. S., Tanpure, P. R., & Jagtap, P. N., 2020** : Evaluation *in-vitro* anti-arthritis activity of *Boswellia serrata* and *Aloe barbadensis* against the denaturation of protein. *International Journal of Scientific Research*, **9** (3), 66-67.
- Shobana, S., and Vidhya, R., 2016** : Evaluation of *in-vitro* hemolytic activity of different parts of *abutilon indicum* (Linn.). *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, **5**(5): 1182 – 1196.
- Singh, H. P., Yadav, I. K., Chandra, D., & Jain, D. A., 2012** : *In-vitro* antioxidant and free radical scavenging activity of different extracts of *Boerhavia diffusa* and *Boswellia serrata*. *International Journal of Pharma Sciences and Research*, **3**(11), 503-511.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A., 1965** : Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, **16**(3), 144-158.



**Sultana B., Anwar F., Ashraf M., 2009** : Effect of Extraction Solvent/Technique on the Antioxidant Activity of Selected Medicinal Plant Extracts. *Molecules*, **14** (6), 2167-2180. ESI/MSn and bioactive properties of *Thymus algeriensis* Boiss. And Reut. And *Ephedra alata* Decne. *Food Research International*, **116**, 312-319.

**T**

**Taofiq, O., Martins, A., Barreiro, M. F., & Ferreira, I. C., 2016** : Anti-inflammatory potential of mushroom extracts and isolated metabolites. *Trends in Food Science & Technology*, **50**, 193-210.

**Tapas, A. R., Sakarkar, D. M., & Kakde, R. B., 2008** : Flavonoids as nutraceuticals: a review. *Tropical journal of Pharmaceutical research*, **7** (3), 1089-1099.

**Tauchen, J., Doskocil, I., Caffi, C., Lulekal, E., Marsik, P., Havlik, J., ... & Kokoska, L., 2015** : *In-vitro* antioxidant and anti-proliferative activity of Ethiopian medicinal plant extracts. *Industrial Crops and Products*, **74**, 671-679.

**Tepe, B., Akpulat, H. A., Sokmen, M., Daferera, D., Yumrutas, O., Aydin, E., ... & Sokmen, A., 2006** : Screening of the antioxidative and antimicrobial properties of the essential oils of *Pimpinella anisatum* and *Pimpinella flabellifolia* from Turkey. *Food Chemistry*, **97**(4), 719-724.

**Thannickal, V. J., & Fanburg, B. L., 2000** : Reactive oxygen species in cell signaling. *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology*, **279**(6), L1005-L1028.

**Thomas D., 2016** : Les antioxydants de nos jours. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, 49p.

**Thulin, M., & Warfa, A. M., 1987** : The frankincense trees (*Boswellia* spp., Burseraceae) of northern Somalia and southern Arabia. *Kew bulletin*, **42**(3), 487-500.

**Touaibia, Mb. & Chaouch F. Z., 2014** : Evaluation de l'activité anti-oxydante des extraits aqueux, méthanolique et éthanolique de l'espèce saharo-endémique *Myrtus nivellei* Batt et Trab. (Myrtaceae) [Evaluation of the antioxidant activity of aqueous, methanolic and ethanolic extracts of the Sahara-en demicspecies *Myrtus nivellei* Batt and Trab. (Myrtaceae)]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, **6** (3), p407.

**V**

**Valko, M., Rhodes, C. J. B., Moncol, J., Izakovic, M. M., & Mazur, M., 2006** : Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-biological interactions*, **160**(1), 1-40.

**Vedekoi, J., & Selestin, S. D., 2020** : Evaluation of antioxidant potentials of ethanol stem bark extract of *Boswellia dalzielii* and its phytochemical screening. *Pharmaceutical and Biosciences Journal*, 32-37.

**Védékoi, J., Selestin, S. D., Abdoulaye, H., Justin, K., Djamilah, Z., & Pierre, K., 2019** : Investigation of antioxidant activity of the ethanol extract of the resin exudates of trunk bark of *Boswellia dalzielii* Hutch (Burseraceae). *J Mater Environ Sci*, **10**, 1413-1419.

**Velu S.S., Buniyamin I., Ching L.K., Feroz F., Noorbacha I. and Gee., L.C., 2008** : Regio- and stereoselective biomimetic synthesis of oligostilbenoid dimers from resveratrol analogues: influence of the solvent, oxidant, and substitution. *Chemistry Weinheim an der Bergstrasse, Germany* **14**(36) : 11376-84.

W

**Watkins S., 2000** : L'encens : une matière première mythique, *Parfums Cosmétiques Actualités*, 155, 54-57.

**Wollinger, A., Perrin, E., Chahboun, J., Jeannot, V., Touraud, D., & Kunz, W., 2016** : Antioxidant activity of hydro distillation water residues from *Rosmarinus officinalis* L. leaves determined by DPPH assays. *Comptes Rendus Chimie*, **19**(6), 754-765.

Y

**Yaye YG., KRA AKM., Ackah JAAB & Djaman AJ., 2001** : Evaluation de l'activité antifongique et essai de purification des principes actifs des extraits de *Terminalia mantaly* (h.perrier), une combretacée, sur la croissance *in-vitro* de *Candida albicans*. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège* (2011) **80**, 953- 964.

**Yougbaré-Ziébrou, M. N., Ouédraogo, N., Lompo, M., Bationo, H., Yaro, B., Gnoula, C., ... & Guissou, I. P., 2016** : Activités anti-inflammatoire, analgésique et antioxydante de l'extrait aqueux des tiges feuillées de *Saba senegalensis* Pichon (Apocynaceae). *Phytothérapie*, **14**(4), 213-219.

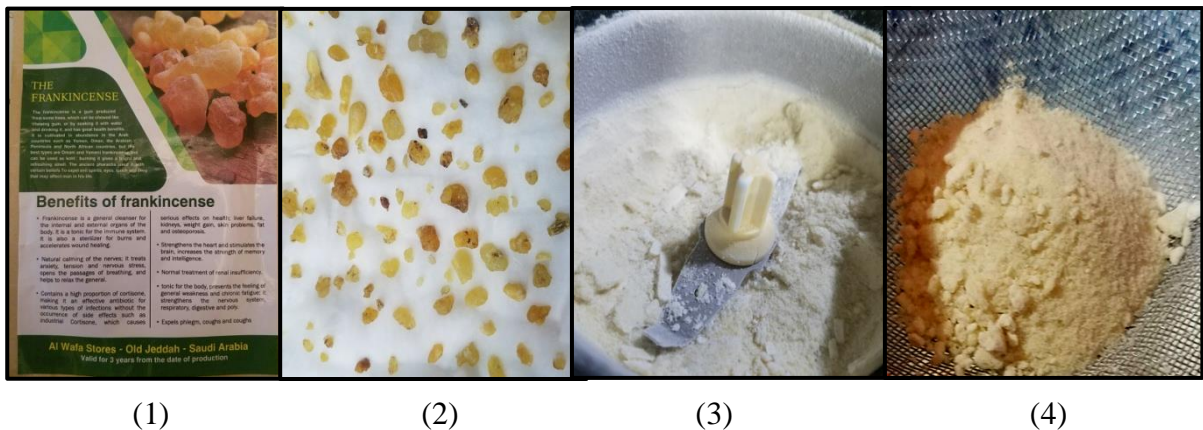
Z

**Zerrouki, K. M., 2017** : L'effet antioxydant de quelques plantes médicinales sur la neurotoxicité et les maladies neurodégénératives dues aux métaux lourds (Aluminium et Plomb) : Étude expérimentale chez la souris. Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid Ibn-Badis, Mostaganem. 272 p.

**Zhao, W., Entschladen, F., Liu, H., Niggemann, B., Fang, Q., Zaenker, K. S., & Han, R., 2003** : Boswellic acid acetate induces differentiation and apoptosis in highly metastatic melanoma and fibrosarcoma cells. *Cancer Detection and prevention*, **27**(1), 67-75.

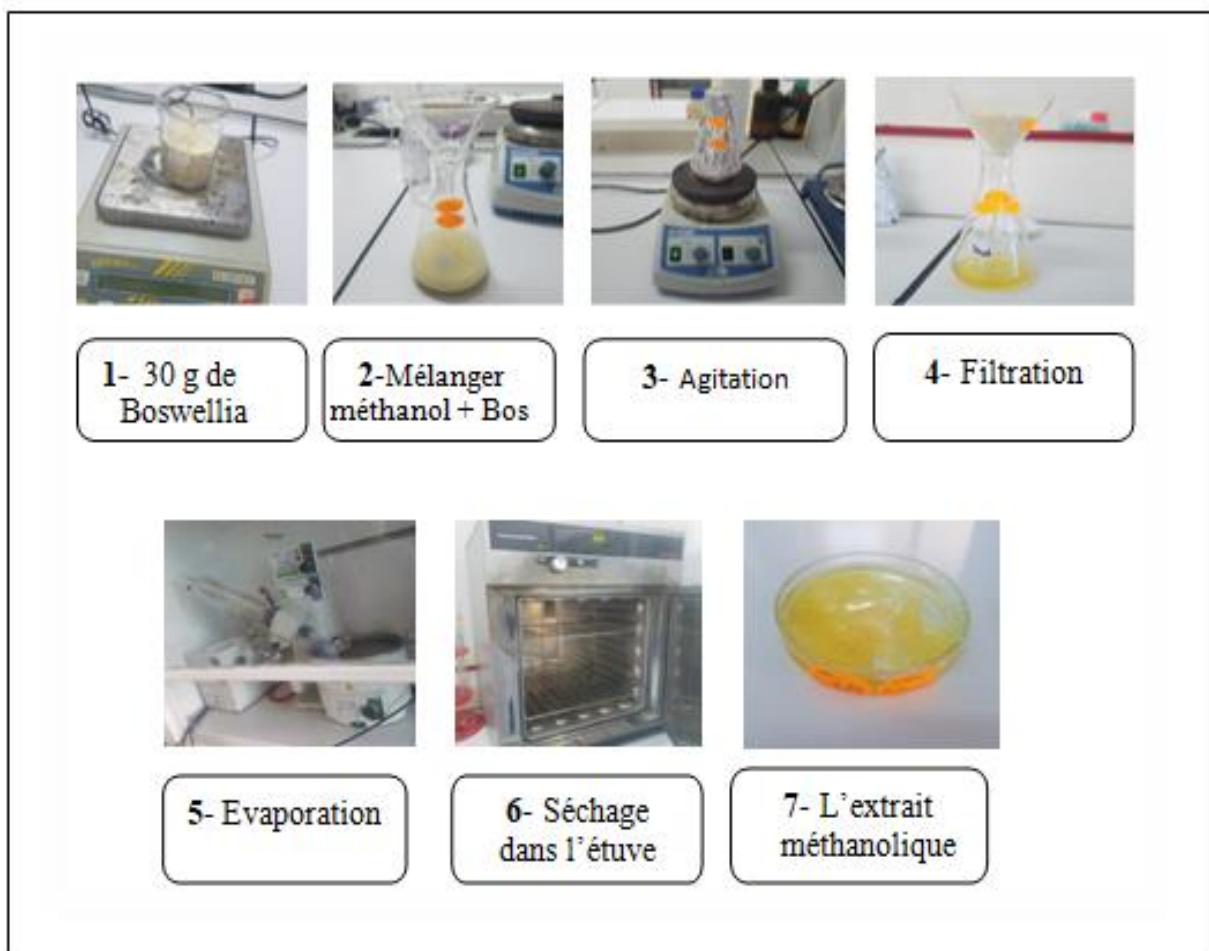
# Annexes

**Annexe 01 : Préparation de la poudre et des extraits.**



**Figure 01 : Étapes de préparation de la poudre de la gomme-résine de *Boswellia sacra* :**

(1) échantillonnage, (2) séchage, (3) broyage, (4) tamisage.



**Figure 02 : Étapes de préparation de l'extrait méthanolique.**

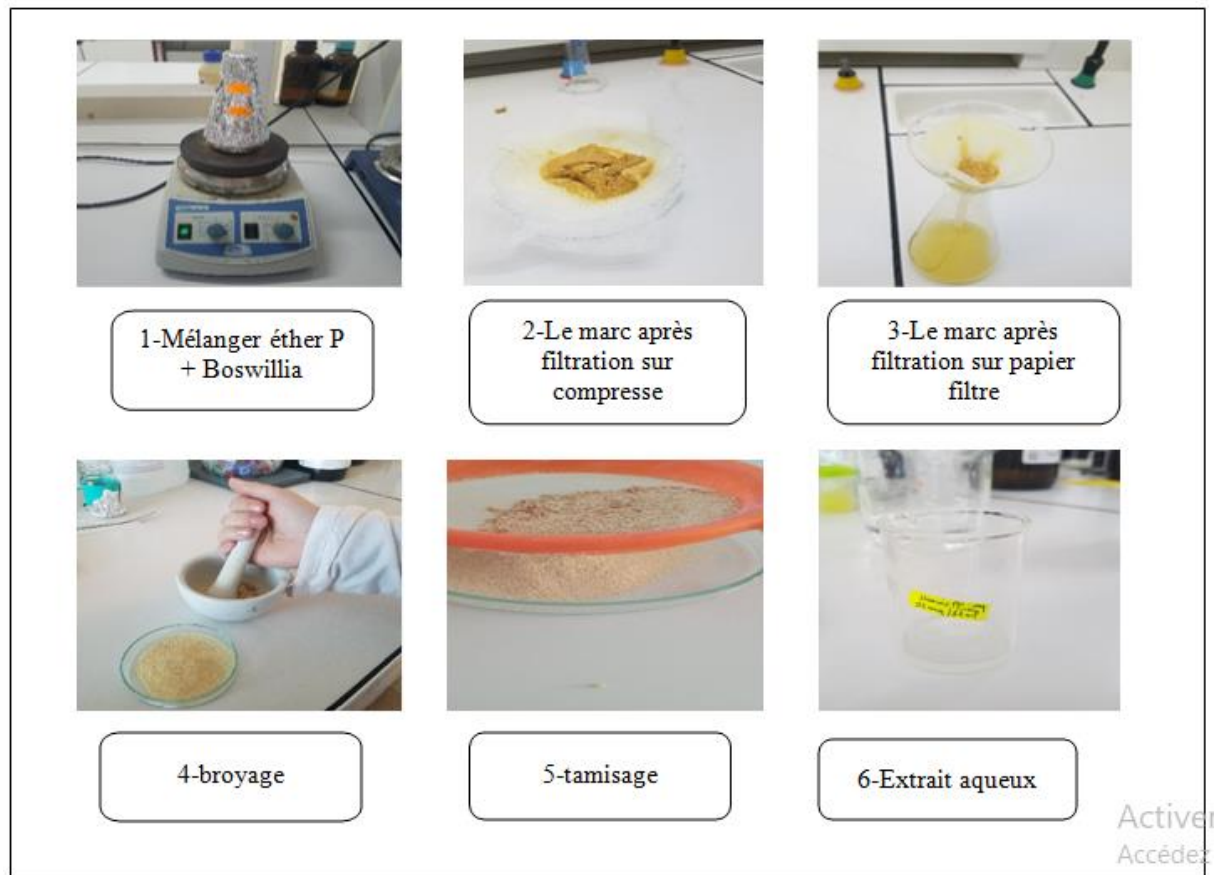


Figure 03 : Étapes de préparation de l'extrait aqueux.

## Annexe 02 : Courbes d'étalonnages

### ✚ Dosage des polyphénols

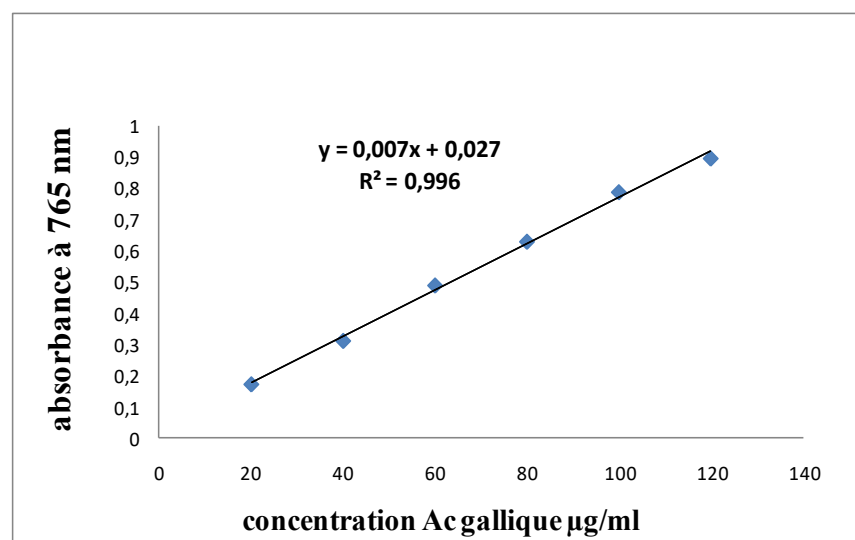


Figure 01 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

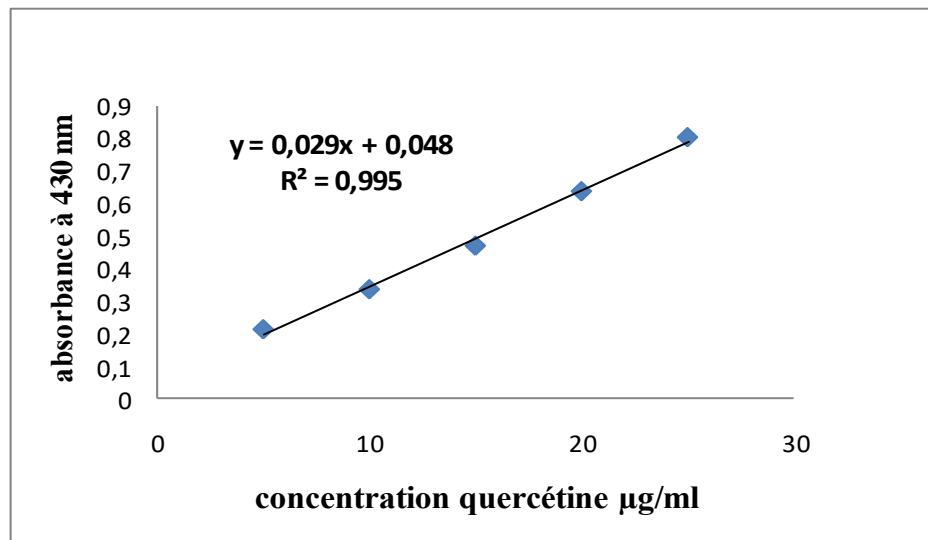
**✚ Dosage des flavonoïdes**

Figure 02 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.

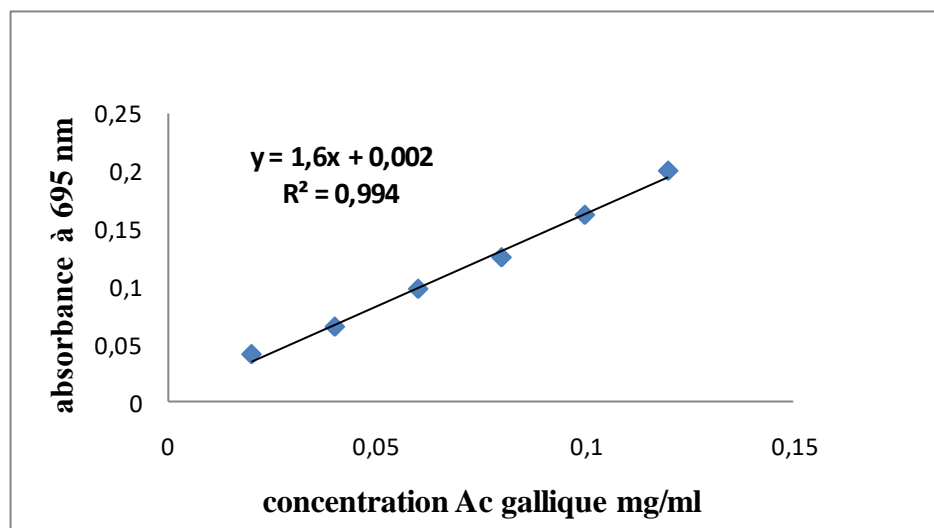
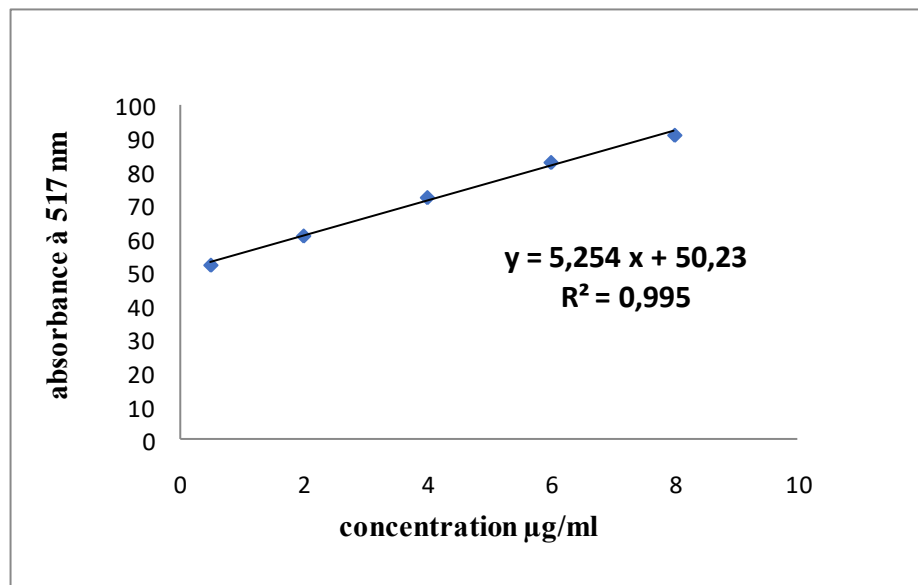
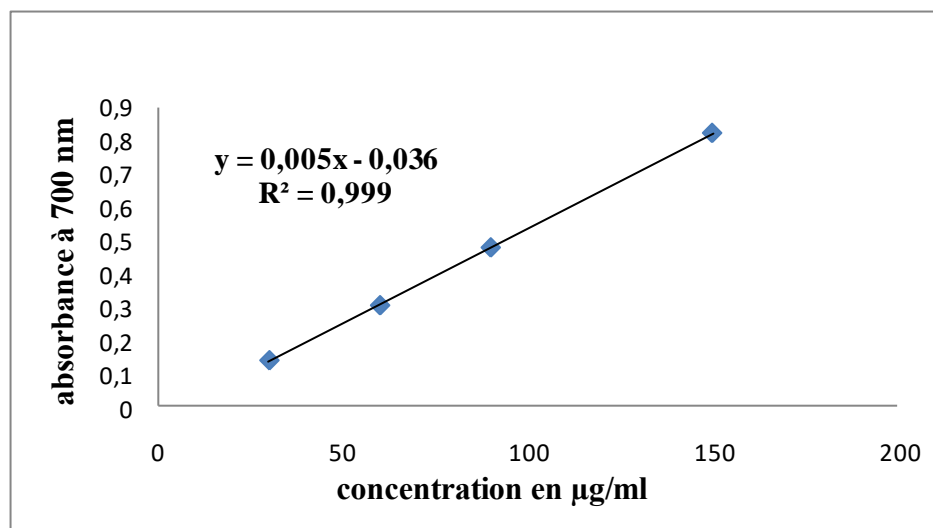
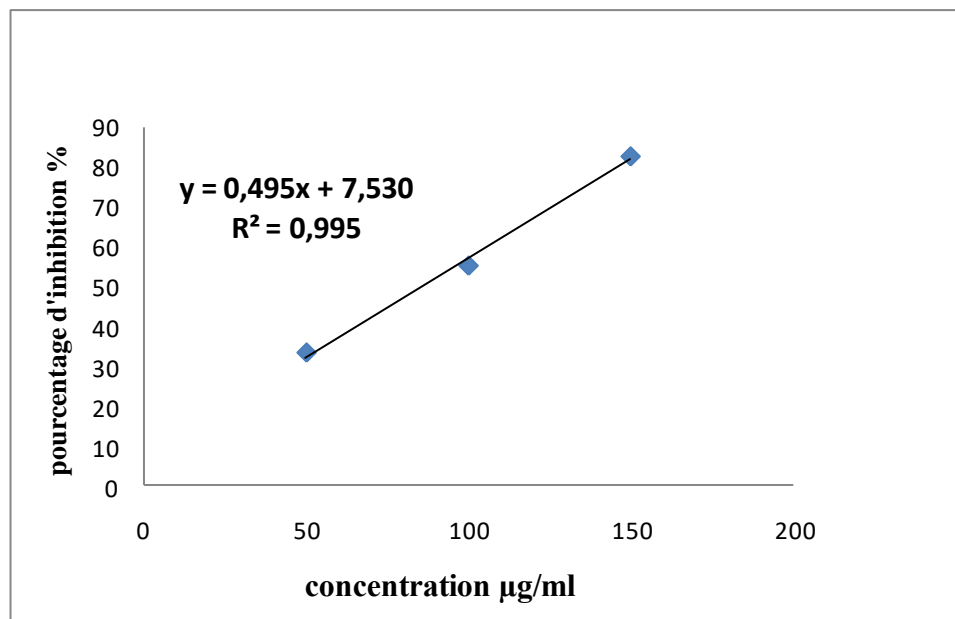
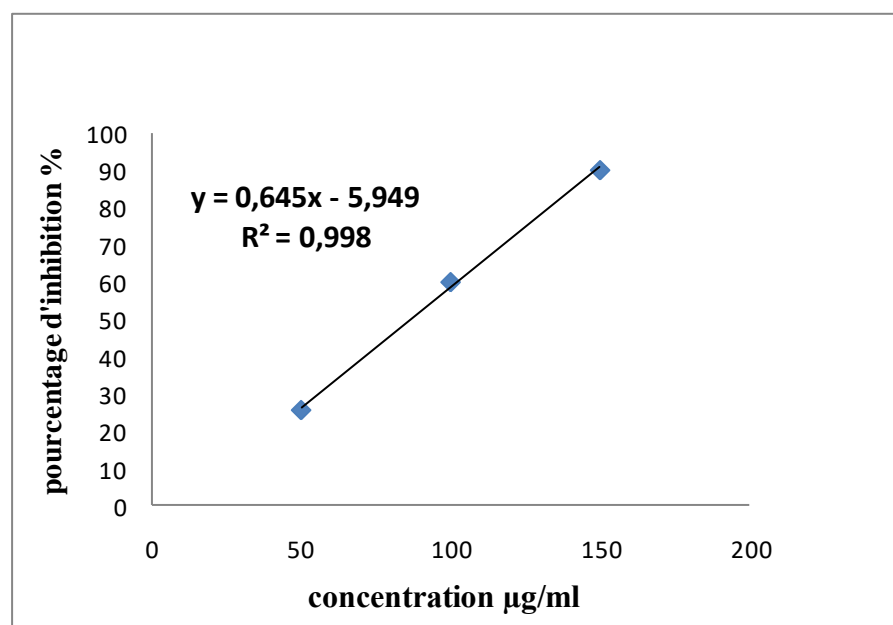
**✚ Capacité antioxydante total**

Figure 03 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

**✚ Piégeage du radical DPPH****Figure 04 : Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique.****✚ Pouvoir réducteur du fer ferrique****Figure 05 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.**

**✚ Inhibition de la dénaturation protéique****Figure 06 : Courbe d'étalonnage de Diclofénac.****✚ Evaluation de la protection contre l'hémolyse****Figure 07 : Courbe d'étalonnage de Diclofénac.**



Annexe 03 : Tests réalisés

✚ Dosage des polyphénols



Photo 01 : Dosage des polyphénols (Photographie originale).

✚ Dosage des flavonoïdes



Photo 02 : Dosage des flavonoïdes (Photographie originale).

✚ Piégeage du radical DPPH

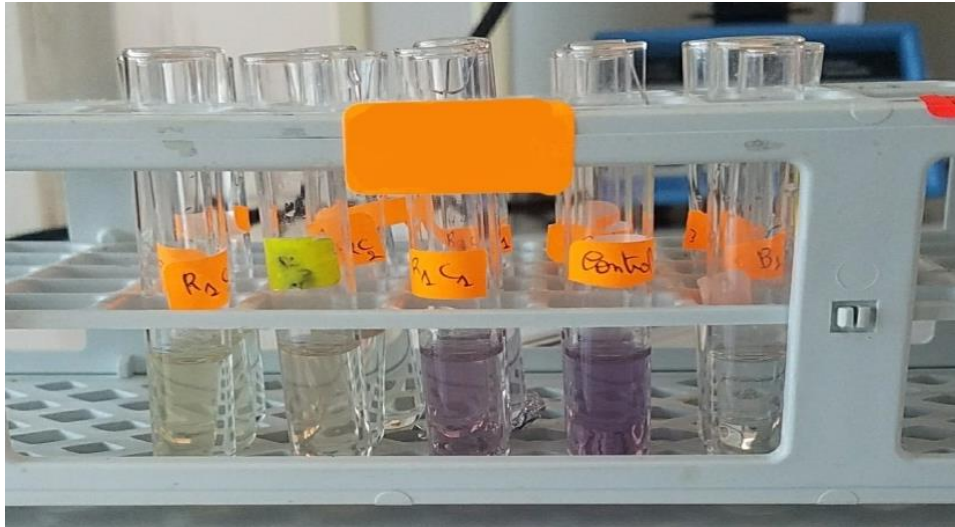


Photo 03 : Piégeage du radical DPPH (Photographie originale).

✚ Pouvoir réducteur du fer ferrique



Photo 04: Test FRAP (Photographie originale).

*Boswellia sacra* المعروف بالاسم العامي "Luban dhakar"، يستخدم على نطاق واسع في الطب التقليدي لعلاج أمراض كثيرة. تهدف الدراسة الحالية إلى تقدير محتوى البوليفينول والفلافونويدات وتقييم الفعالية المضادة للأكسدة والالتهابات من المستخلصات المختلفة المحضرة من راتنج صمغ. تم الحصول على هذه المستخلصات عن طريق النقع في مذيبيين قطبين: الميثانول والماء. أظهر التحليل الكيميائي النباتي للمستخلصين ثراء هذا النوع بالمستقلبات الثانوية وخاصة في البوليفينول  $23.678 \pm 13.889$  ميكروغرام EAG / ملغ Ex للمستخلص الميثانولي و  $3.928 \pm 0.201$  ميكروغرام EAG مع للمستخلص المائي وفي مركبات الفلافونويد  $19.793 \pm 5.144$  ميكروغرام EQ / mg مع،  $0.133 \pm 0.133$  ميكروغرام EQ مع للمستخلص الميثانولي والمائي، على التوالي. تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة من خلال اختبارات مختلفة (القدرة الكلية على مكافحة الأكسدة TAC، و الحد من الجذور الحرة DPPH و الحد من نشاط إرجاع الحديد FRAP). أظهر راتنج صمغ *Boswellia sacra* نشاطاً كبيراً مضاداً للأكسدة مع قدرة إجمالية مضادة للأكسدة تصل إلى  $0.066 \pm 0.0042$  مع EAG / ملغ  $0.0037 \pm 0.0002x$  مع E، نشاط إرجاع الحديد ( $EC_{50}$ ) بترتيب  $10.725 \pm 0.289$  مع / مل،  $39.035 \pm 4.292$  مع / مل على التوالي، للمستخلص الميثانولي والمائي. النتائج التي تم الحصول عليها بعد تقييم التأثير المضاد للالتهابات في المختبر للمستخلص المائي لراتنج صمغ، أظهرت أن المستخلص المائي يمنع تمسخ BSA ويحمي من انحلال الدم. في الختام، يمكن أن تكون لراتنج الصمغ مصدرًا مهمًا للمركبات النشطة بيولوجيًا مع مضادات الأكسدة والمضادة للالتهابات.

**كلمات مفتاحية:** راتنج صمغ *Boswellia sacra*، البوليفينول، الفلافونويد، النشاط المضاد للأكسدة، DPPH، FRAP، TAC، النشاط المضاد للالتهابات.

## Résumé

La gomme-résine de *Boswellia sacra*, connue sous le nom vernaculaire «Luban dhakar», largement utilisée en médecine traditionnelle pour traitement de diverses maladies. La présente étude vise à l'estimation de la teneur en polyphénols et en flavonoïdes et l'évaluation de l'activité antioxydante et anti-inflammatoire des différents extraits de cette gomme-résine. Les extraits ont été obtenus par macération dans le méthanol et l'eau. L'étude phytochimique des deux extraits a montré la richesse de cette gomme particulièrement en polyphénols avec une teneur de  $23.678 \pm 13.889$  µg EAG/mg d'Ex et  $3.928 \pm 0.201$  µg EAG/mg d'Ex respectivement pour l'extrait méthanolique et aqueux. Les flavonoïdes ont montré une teneur de  $19.793 \pm 5.144$  µg EQ/mg et  $2.180 \pm 0.133$  µg EQ/mg d'Ex respectivement pour l'extrait méthanolique et aqueux. L'activité antioxydante est évaluée par différents tests (la capacité antioxydante totale TAC, le Piégeage du radical DPPH et le pouvoir réducteur de fer FRAP). La gomme-résine a révélé une modère activité antioxydante avec une capacité antioxydante totale d'ordre de  $0.066 \pm 0.0042$  mg EAG/mg et  $0.0037 \pm 0.0002$  mg EAG/mg d'Ex. L' $IC_{50}$  de piégeage de DPPH est estimé à  $44.843 \pm 10.302$  mg/ml,  $4.1825 \pm 0.869$  mg/ml. L'activité réductrice de fer ( $EC_{50}$ ) est d'ordre de  $10.725 \pm 0.289$  mg/ml,  $39.035 \pm 4.292$  mg/ml respectivement pour l'extrait méthanolique et aqueux. L'effet anti-inflammatoire *in-vitro* de l'extrait aqueux de la gomme-résine a montré une forte inhibition de dénaturation d'albumine avec une bonne protection contre l'hémolyse hypotonique des érythrocytes. En conclusion, la gomme-résine de *Boswellia sacra* pourrait être une source potentielle des composés bioactifs ayant un potentiel antioxydant et anti-inflammatoire.

**Mots clés :** Gomme-résine de *Boswellia sacra*, polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydante, DPPH, FRAP, TAC, activité anti-inflammatoire.

## Abstract

Gum-resin of *Boswellia sacra* known by vernacular name "Luban dhakar", widely used in traditional medicine for treatment of different diseases. The present study aims to estimation of the content of polyphenols and flavonoids and the evaluation of the antioxidant and anti-inflammatory activities of the various extracts prepared from the gum-resin of *Boswellia sacra*. The extracts were obtained by maceration in two polar solvents: methanol and water. Phytochemical analysis of extracts showed the richness of this species in secondary metabolites and particularly in polyphenols  $23.678 \pm 13.889$  µg EAG/mg Ex for the methanolic extract and  $3.928 \pm 0.201$  µg EAG/mg Ex for the aqueous extract. Flavonoids showed in a content of  $19.793 \pm 5.144$  µg EQ/mg Ex,  $2.180 \pm 0.133$  µg EQ/mg Ex for the methanolic and aqueous extract, respectively. The antioxidant activity is evaluated by various tests (the total antioxidant capacity TAC, the scavenging of the DPPH radical and the iron-reducing power FRAP). The gum-resin of *Boswellia sacra* revealed a significant antioxidant activity with a total antioxidant capacity with  $0.066 \pm 0.0042$  mg EAG/mg Ex,  $0.0037 \pm 0.0002$  mg EAG/mg Ex and the  $IC_{50}$  of DPPH trapping is estimated at  $44.843 \pm 10.302$  mg/ml,  $4.1825 \pm 0.869$  mg/ml. A reducing activity ( $EC_{50}$ ) is  $10.725 \pm 0.289$  mg/ml,  $39.035 \pm 4.292$  mg/ml respectively, for the methanolic and aqueous extract. The results obtained after the evaluation of the *in-vitro* anti-inflammatory effect of the aqueous extract of gum-resin of *Boswellia sacra*, show that the aqueous extract inhibits the denaturation of BSA and protects against hypotonic hemolysis. In conclusion, *Boswellia sacra* could be a potential source of bioactive compounds with antioxidant and anti-inflammatory potential.

**Key words:** Gum-resin of *Boswellia sacra*, polyphenols, flavonoids, activity antioxidant, DPPH, FRAP, TAC, anti-inflammatory activity.