

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 8 ماي 1945 قالمة  
Université 8 Mai 1945 Guelma  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



## Mémoire en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

**Domaine:** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Sciences Biologiques

**Spécialité/Option:** Microbiologie Appliquée

**Département :** Ecologie et Génie de l'environnement

### Thème :

---

**Synthèse des propriétés antibactériennes et antioxydantes des extraits des plantes de Bourrache (*Borago officinalis*) et Justicia (*Justicia adhatoda*) dans la région de Guelma**

---

**Présenté par :**

M<sup>elle</sup> ALLIOUI Djouhaina

M<sup>elle</sup> HESSAINIA Besma

**Devant le jury composé de :**

**Président :** M. ATHAMNIA Mohammed (MCB)

**Université de Guelma**

**Examineur :** M. RAMDANI Kamal (MAA)

**Université de Guelma**

**Encadreur :** M. GUEROUI Yassine (MCA)

**Université de Guelma**

**2019\_2020**

## **Remerciements**

*A l'issue de la rédaction de ce document, nous sommes convaincus que le mémoire est loin d'être un travail solitaire. En effet, nous n'aurions jamais pu réaliser ce travail sans le soutien d'un grand nombre de personnes, leur générosité et leur coup de main ont donné un souffle de vie dans la réalisation ce modeste travail.*

*Nos respects s'adressent particulièrement à notre encadreur : **Dr. GUEROUI Yassine**, pour la confiance qu'il nous a accordée en acceptant de diriger cette modeste recherche, pour ses multiples conseils et toutes les heures qu'il a consacré à diriger ce travail. Nous sommes extrêmement sensibles à ses qualités humaines d'écoute et de compréhension tout au long de notre parcours d'étude.*

*Nous remercions **Dr. ATHAMNIA Mohammed** (MCB, Université 8 Mai 1945 Guelma) d'avoir accepté d'être le président de jury de soutenance.*

*Nous remercions **Dr. RAMDANI Kamal** (MAA, Université 8 Mai 1945 Guelma) d'avoir accepté de faire part de ce jury et d'examiner ce modeste travail.*

*Nos sincères remerciements et notre profonde gratitude vont à tous les enseignants de la Faculté SNV-STV de l'Université 8 Mai 1945 Guelma sans oublier ceux qui nous ont formés durant tout notre cursus.*

*Nous tenons à remercier toutes les responsables de laboratoires et de l'administration pédagogique de la faculté des Sciences de la Nature, de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers de l'université de Guelma, pour leur patience, leur gentillesse et leur aide :*

**Sabra, Rahma, Samia et Ratiba** un grand merci à vous toutes.

## *Dédicace*

*Louanges à DIEU tout puissant qui m'a donné la force de surmonter tous les obstacles, la patience pour ne pas fléchir lors des moments difficiles, la volonté pour accomplir ce travail et enfin m'a permis de voir ce jour tant attendu.*

*Je dédie ce travail :*

*À mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi et qui m'ont montré le chemin grâce à leur labeur et persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.*

*À mes chères sœurs Manar et Chehed et mes frères Imed et Chiheb*

*À Mon adorable tante Karima qui a toujours été là à mes côtés, et qui m'a soutenu tout au long de ma vie.*

*À mes chers grands-parents.*

*À toute ma famille, oncles et tantes cousins, et cousines petits et grands sans exception.*

*À mes meilleurs amis : Amira, Samah, Yousra, Ilhem et Sara*

*Aux personnes qui m'ont toujours encouragé et ont cru en moi.*

*À tous mes collègues de promotion.*

***Djoughaina***

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*Aux deux êtres les plus chers, mes parents, ma mère Djamila Bougherara et mon père Ahssen, grâce à leur tendres encouragement et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études.*

*Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et Mes profonds sentiments envers eux.*

*A mon très cher marié Bilal qui m'ont toujours ne cesse pas à mon soutenir pour terminer mon travail.*

*A mes chers frères : Achref, Feres et Khaled*

*A mes nièce : Nadjlaa, Narjess, et mes neveux : Oussama, Mohammed islam et Abderahmane*

*A mes amis : Manel, Marwa*

*A mon cher binôme Djouhaina que je partage ce moment si précieux.*

*A tous mes amies de la promotion master Microbiologie Appliqué.*

***Basma***

## **Résumé**

La nature a fourni une réserve complète de remèdes pour guérir les maux de l'humanité. Environ 80% de la population mondiale dépend partiellement ou entièrement de la médecine traditionnelle pour ses besoins en soins de santé primaires. Récemment, les compléments alimentaires ont suscité de nombreux intérêts de recherche en tant qu'alternatives à la médecine conventionnelle pour diverses maladies. Des intérêts similaires ont conduit à l'essor de l'utilisation des plantes dans les industries pharmaceutiques. Le présent travail fournit une revue de la chimie et de la pharmacologie de deux plantes *Borago officinalis* L. et *Justicia adhatoda* L. De plus, les activités biologiques des composés isolés des deux plantes sont également couvertes. Aussi, différents aspects tels que les caractéristiques des plantes, leurs applications en médecine traditionnelle et thérapeutique ont été évoquées tout en utilisant des articles publiés des différents travaux scientifiques.

**Mots clés :** Phytothérapie, Plante médicinale, *Borago officinalis* L., *Justicia adhatoda* L., Activité biologique.

## **Abstract**

Nature has provided a full supply of remedies to cure the ailments of mankind. About 80 % of the world's population depends partly or entirely on traditional medicine for their primary health care needs. Recently, dietary supplements have generated a lot of research interest as alternatives to conventional medicine for various diseases. Similar interests have led to the boom in the use of plants in the pharmaceutical industries. The present work provides a review of the chemistry and pharmacology of two plants *Borago officinalis* L. and *Justicia adhatoda* L. In addition, the biological activities of compounds isolated from the two plants are covered. Also, different aspects such as the characteristics of plants, their applications in traditional medicine and therapy were discussed while using published articles from different scientific works.

**Key words:** Phytotherapy, Medicinal plant, *Borago officinalis* L., *Justicia adhatoda* L., Biological activity.

## ملخص

تعتبر الطبيعة خزانا كامل من العلاجات لمختلف أمراض البشرية، حيث يعتمد حوالي 80% من سكان العالم جزئياً أو كلياً على الطب التقليدي لتلبية احتياجاتهم الصحية الأولية. في الآونة الأخيرة ، ولدت المكملات الغذائية الكثير من الاهتمام في مجال البحث كبديل للطب التقليدي لأمراض مختلفة. أدت الاهتمامات إلى ازدهار استخدام النباتات في الصناعات الدوائية. يقدم العمل الحالي حوصلة عن مختلف الخصائص الكيميائية والصيدلانية لنوعين مختلفين من النباتات هما: *Borago officinalis L.*, *Justicia adhatoda L.* بالإضافة إلى الأنشطة البيولوجية للمركبات المعزولة من النباتين. كما تم ذكر جوانب مختلفة مثل خصائص النباتات وتطبيقاتها في الطب التقليدي والعلاج اعتماداً على المقالات المنشورة من الأعمال العلمية المختلفة.

**الكلمات المفتاحية:** العلاج بالنباتات ، النباتات الطبية ، *Borago officinalis L.*, *Justicia adhatoda L.*، النشاط البيولوجي.

## Liste des abréviations

<b>GLA :</b>	Acide gamma-linolénique
<b>OMS :</b>	Organisation mondiale de santé
<b>UV :</b>	Le rayonnement ultraviolet
<b>ERO :</b>	Espèces Réactives de l'Oxygène
<b>ERN :</b>	Radicaux dérivés d'azote
<b>HDL :</b>	lipoprotéines de haute densité
<b>ALA :</b>	L'acide $\alpha$ -linoléinique
<b>SDA :</b>	L'acide stéaridonique
<b>LA :</b>	L'acide linoléique
<b>GLA :</b>	L'acide gamma-linolénique
<b>DPPH :</b>	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl
<b>IM :</b>	Infarctus du myocarde
<b>PR :</b>	Polyarthrite rhumatoïde

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Mécanisme d'action de composés antimicrobiens des plantes .....	<b>13</b>
<b>Tableau 2:</b> Situation botanique de <i>Borago officinalis</i> L. ....	<b>16</b>
<b>Tableau 3:</b> Situation botanique de <i>Justicia adhatoda</i> L.....	<b>23</b>
<b>Tableau 4:</b> Utilisation traditionnelles de <i>Justicia adhatoda</i> L. ....	<b>26</b>
<b>Tableau 5:</b> Principaux constituants chimiques de <i>Justicia adhatoda</i> L. ....	<b>27</b>

## Liste de figures

**Figure 1:** Partie aérienne de *Borago officinalis* L. ....17

**Figure 2:** Feuilles et fleurs de *Justicia adhatoda* L.....24

## Table des matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste de figures

Tables des matières

Introduction ..... 1

### Chapitre I : Phytothérapie et plantes médicinales

1. Phytothérapie ..... 3

2. Plantes médicinales ..... 4

2.1. Définition ..... 4

2.2. Intérêt ..... 4

3. Éléments actifs des plantes médicinales ..... 4

3.1. Principe actif ..... 4

3.2. Métabolites secondaires ..... 5

3.2.1. Polyphénols ..... 5

3.2.2. Flavonoïdes ..... 6

3.2.3. Tanins ..... 6

3.2.4. Lignines ..... 6

3.2.5. Alcaloïdes ..... 6

3.2.6. Saponosides ..... 7

4. Différents types des extraits des plantes médicinales .....	7
4.1. Drogues extraites des plantes .....	7
4.2. Extraits de plantes .....	7
4.3. Teintures.....	7
4.4. Poudres .....	7
4.5. Huiles essentielles .....	8
4.6. Parties des plantes utilisées .....	8
5. Activité biologique des extraits des plantes .....	8
5.1. Activité antioxydante .....	8
5.1.1. Stress oxydant .....	8
5.1.2. Radicaux libres.....	8
5.1.3. Effets et conséquences biochimiques du stress oxydant .....	9
5.1.4. Antioxydants .....	10
5.2. Activité antimicrobienne .....	11
5.2.1. Antibiotiques .....	12
5.2.2. Pouvoir antimicrobien des extraits des plantes médicinales .....	12
5.2.3. Résistance aux antibiotiques .....	13

## **Chapitre II : *Borago officinalis* L**

1. Aperçu sur la plante.....	15
2. Historique de la plante en phytothérapie.....	15
3. Description et classification botanique .....	16
4. Ecologie.....	16
5. Mise en culture .....	17
6. Propriétés chimiques .....	17
6.1. Tiges, feuilles et fleurs .....	18
6.2. Graines .....	19

7. Activités biologiques.....	20
8. Usage et thérapeutique .....	21

### **Chapitre III : *Justicia adhatoda* L.**

1. Origine et dénomination.....	23
2. Description et classification botanique .....	23
3. Utilisations traditionnelles de la plante .....	24
4. Constituants chimiques .....	25
5. Activités biologiques et thérapeutiques.....	27
5.1. Activité antioxydante .....	27
5.2. Activité antimicrobienne .....	28
5.3. Activité bronchodilatatrice .....	28
5.4. Activités antiallergiques et antiasthmatiques .....	28
5.5. Activité antitussive.....	29
5.6. Activité anti-inflammatoire .....	29
5.7. Effets hépatoprotecteurs .....	29
5.8. Activité anti-diabétique .....	29
5.9. Activité anti-Alzheimer.....	30
5.10. Effets sur l'utérus .....	30
Conclusion.....	31
Références Bibliographiques.....	32

# **INTRODUCTION**

### **Introduction**

La nature agit comme un réservoir majeur pour de nouvelles thérapies. L'émergence d'agents pathogènes résistants aux médicaments et l'augmentation des maladies affectant le système immunitaire ont considérablement intensifié la nécessité d'étudier de nouveaux métabolites bioactifs pour des applications pharmaceutiques et industrielles potentielles ([Demain and Sanchez, 2009](#)).

Les plantes médicinales en tant que remède majeur dans le système médical traditionnel sont utilisées dans la pratique médicale depuis des milliers d'années et ont grandement contribué au maintien de la santé humaine ([Nweze and Eze, 2009](#)).

Les plantes sont utilisées en médecine dans différents pays et sont une source de nombreux médicaments puissants. Il a été établi que jusqu'à 25 % des médicaments prescrits dans les médicaments conventionnels sont directement ou indirectement associés à des substances naturelles pour la plupart d'origine végétale. Ces dernières années, les sociétés pharmaceutiques ont consacré beaucoup de temps et d'argent à développer des produits naturels extraits de plantes, afin de produire des remèdes plus rentables et abordables pour la population ([Doughari, 2006](#)).

Les plantes médicinales traditionnellement utilisées produisent une variété de composés de propriétés thérapeutiques connues. Ces dernières années, les propriétés biologiques des plantes médicinales à savoir antioxydantes et antimicrobiennes sont de plus en plus signalées dans différentes parties du monde. On s'attend à ce que les extraits de plantes présentant des sites cibles autres que ceux utilisés par les médicaments soient actifs contre les agents pathogènes résistants aux médicaments ([Ahmad and Beg, 2001](#)). Compte tenu de la grande potentialité des plantes en tant que sources de médicaments naturels, une enquête systématique a été entreprise pour cribler l'activité biologique de deux plantes à savoir de *Borago officinalis* L. et *Justicia adhatoda* L.

*Borago officinalis* ou bourrache est une plante herbacée annuelle qui est cultivée à des fins médicinales et culinaires, même si elle est cultivée commercialement pour l'huile de bourrache. L'huile de graines de bourrache est la source végétale la plus riche en acide gamma-linolénique (GLA) qui est utilisé comme complément alimentaire. La bourrache est une plante médicinale qui a différents usages dans les domaines pharmaceutique, industriel et fourrager et est utilisée dans la production de boissons et de salades. Cette plante est connue comme plante haute dans les régions méditerranéennes ([Asadi-Samani et al., 2014](#)).

## **Introduction**

---

D'autre part, *Justicia adhatoda* est un arbuste poussant dans le Sud-est d'Asie. Elle est considérée comme un expectorant bien connu dans les systèmes de médecine traditionnelle indienne ([Chopra et al., 1956](#)). L'utilisation fréquente de *Justicia adhatoda* a abouti à son inclusion dans le manuel de l'OMS (l'utilisation de la médecine traditionnelle dans les soins de santé primaires) ([WHO, 1990](#)). Dans les années 1980, l'OMS a inclus *Justicia adhatoda* dans le Programme spécial de recherche sur la reproduction humaine en tant que plante digne pour une étude sur la régulation de la fertilité ([Farnsworth et al., 1983](#)).

Dans cette étude, différents aspects des deux plantes tels que les caractéristiques, la composition chimique, les applications en médecine traditionnelle et les effets thérapeutiques sont présentés. Cependant, la partie pratique de ce travail n'a pas été réalisée suite à la conjoncture sanitaire qu'a connue le monde entier, nous étions contraints de limiter notre travail à une revue bibliographique qui se compose principalement de trois chapitres : Phytothérapie et plantes médicinales, *Borago officinalis* L. et *Justicia adhatoda* L.

# **Chapitre I : Phytothérapie et plantes médicinales**

## 1. Phytothérapie

La phytothérapie est actuellement considérée comme une discipline allopathique qui joue un rôle de prévention et de traitement de certains troubles fonctionnelles et/ou certains états au moyen de plantes, de parties de plantes ou de préparations de plantes ([Wichtl et al., 2003](#)).

Historiquement, le mot phytothérapie provient de deux mots grecs «phyton» et «therapein» qui signifient plante et soigner respectivement, autrement dit, **se soigner par les plantes** ([Nogaret, 2011](#)).

Actuellement, ils existent deux types de phytothérapie, une pratique traditionnelle, parfois très ancienne basée sur l'utilisation de plantes selon les vertus découvertes empiriquement. Elle est considérée comme une médecine non conventionnelle du fait de l'absence d'étude clinique et elle est encore massivement employée surtout dans certains pays en voie de développement. Une autre pratique plus avancée est basée sur preuves scientifiques qui recherchent des extraits actifs des plantes. Cette pratique conduit à ce qu'on appelle des phytomédicaments (médicaments à base de plantes) et selon la réglementation en vigueur appliqués dans le pays, leur circulation est soumise à l'autorisation de mise sur le marché pour les préparations magistrales de plantes médicinales, c'est la pharmacognosie ou bien la biologie pharmaceutique ([Chabrier, 2010](#)).

La phytothérapie présente des avantages relatifs avec les plantes elles même. Parmi ces avantages, on peut citer:

- Le degré de la toxicité qui est faible ou absent surtout quand il s'agit de plante comestibles ;
- La diversité thérapeutique des plantes : une plante peut traiter plusieurs pathologies par utilisation des graines, racines, feuilles et fruits.

Les autres avantages de la phytothérapie sont liés aux conditions socio-économiques, à cause de :

- La place forte considérable, qu'occupe la phytothérapie dans la culture populaire ;
- Le cout des plantes médicinales relativement bas et qui rend leur achat accessible ([Bruneton, 1993](#)).

A l'opposé de ses avantages, la phytothérapie peut présenter des risques liés à des facteurs multiples tel que :

- Mauvaise identification botanique ;
- Sélection d'une mauvaise partie de la plante ;

- Stockage inapproprié ;
- Contamination de la plante par divers agents chimiques, métaux lourds, microorganismes ;
- Altération du produit végétal lors du conditionnement ([Larrey, 1997](#)).

## **2. Plantes médicinales**

### **2.1. Définition**

Les plantes médicinales sont les plantes ou au moins une partie de ces plantes possèdent des propriétés médicamenteuses. Une plante médicinale contient, au niveau de ses organes, un ou plusieurs principes actifs utilisables à des fins thérapeutiques. En effet, il s'agit d'une plante qui est utilisée pour prévenir, soigner ou soulager divers maux et douleurs ([AbdulRazzaq and Haykle, 1993](#)).

Malgré l'influence croissante du système sanitaire moderne, les plantes médicinales continuent de répondre à un besoin important. A l'échelle mondiale, environ 35000 espèces de plantes sont employées à des fins médicinales, ce qui constitue le plus large éventail de biodiversité utilisé par les êtres humains ([Atiyat, 1995](#)).

### **2.2. Intérêt**

La plupart des espèces végétales contiennent des substances qui peuvent agir, à un niveau ou un autre, sur l'organisme humain et animal. Elles présentent en effet des avantages dont les médicaments sont souvent dépourvus. La raison fondamentale est que les principes actifs végétaux proviennent de processus biotiques répandus dans tout le monde vivant, alors que l'essentiel des médicaments de synthèse sont des xénobiotiques aux effets secondaires très mal maîtrisés. Les plantes médicinales sont donc importantes pour la recherche pharmaceutique et l'élaboration des médicaments, directement comme agents thérapeutiques, mais aussi comme matière première pour la synthèse des médicaments ([Verdrager, 1978](#); [Iserin et al., 2001](#)).

## **3. Éléments actifs des plantes médicinales**

### **3.1. Principe actif**

Le principe actif peut être défini comme la molécule contenu dans une plante ou dans une préparation à base de plante et utilisé pour la fabrication des médicaments. Cette molécule, présentant un intérêt thérapeutique curatif ou préventif pour l'homme ou l'animale, est issue de plantes fraîches ou des plantes séchées ou même des parties des plantes comme : les racines, écorces, feuilles, fleurs, fruits, ou encore les graines ([Pelt, 1980](#)).

### **3.2. Métabolites secondaires**

Tous les êtres vivants ont un métabolisme primaire qui fournit les molécules de base qui entrent dans le développement et la croissance de la plante (acides nucléiques, lipides, protéines, acides aminés et glucides). Les plantes produisent, en plus, un grand nombre de composés qui ne sont pas issus directement lors de la photosynthèse, mais résultent des réactions chimiques ultérieures. Ces composés sont des métabolites dits secondaires. Les métabolites secondaires peuvent être considérées comme les substances indirectement essentiels à la vie des plantes et qui participent à l'adaptation de la plante avec l'environnement, ainsi à la tolérance contre les différents chocs qui peuvent affecter la plante (lumière UV, les insectes nocifs, variation de la température ...etc.) ([Sarni-Manchado and Cheynier, 2006](#)).

Ces composés sont importants, non seulement en raison de leur rôle dans les plantes, mais aussi pour leurs propriétés biologiques comme antioxydant, antimicrobien et anti-cancérigènes et leurs effets thérapeutiques contre plusieurs maladies à savoir l'hypertension, le diabète et l'obésité ([Aires et al., 2013](#)).

Parmi les métabolites secondaires produits par les plantes, on peut citer :

#### **3.2.1. Polyphénols**

Les polyphénols ou composés phénoliques forment une grande classe de produits chimiques qui sont trouvés dans les plantes au niveau des tissus superficielles. Ils sont des composés photochimiques poly hydroxylés et comprenant au moins un noyau aromatique à 6 carbones et sont solubles dans les solvants polaires. Ils subdivisent en sous classe principales ; les acides phénols, les flavonoïdes, les lignines, les tanins...etc. ([Sarni-Manchado and Cheynier, 2006](#)).

Ces molécules constituent la base des principes actifs que l'on trouve chez les plantes, elles jouent un rôle principale à la survie de plante, surtout à la défense contre les pathogènes à savoir les moisissures et les bactéries phytopathogènes et à la protection contre les rayonnements UV du fait que tous les composés phénoliques absorbent les rayonnements solaires. D'autre part, les phénols possèdent des activités anti-inflammatoires, antiseptiques et analgésiques (médicament d'aspirine dérivée de l'acide salicylique) ([Iserin et al., 2001](#); [Wichtl et al., 2003](#); [Sarni-Manchado and Cheynier, 2006](#); [Alvarez-Jubete et al., 2010](#); [Bakhouché et al., 2013](#)).

### 3.2.2. Flavonoïdes

Le mot flavonoïde vient du terme latin « Flavus » qui signifie jaune. C'est une substance à poids moléculaire faible qui peut être considérée parmi les agents responsables des couleurs de plante à côté des chlorophylles et caroténoïdes. Les flavonoïdes ont des sous-groupes caractérisés contenant deux ou plusieurs cycles aromatiques existent sous forme libre dite aglycone ou sous forme d'hétérosides, chacun portant une ou plusieurs groupes hydroxyles phénoliques et reliées par un pont carboné ([Martens and Forkmann, 1998](#)).

Les flavonoïdes sont généralement des agents antibactériens qui peuvent être exploités de plusieurs manières dans l'industrie cosmétique et alimentaire (jus de citron) et dans l'industrie pharmaceutique (les fleurs de trèfle rouge traitent les rhumes et la grippe en réduisant les sécrétions nasales), comme certains flavonoïdes ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales ([Iserin et al., 2001](#)).

### 3.2.3. Tanins

Le tanin est un terme provient d'une pratique ancienne qui utilisait des extraits de plantes pour tanner les peaux d'animaux. Il existe deux types de tanin : les tanins condensés, polymères d'unités flavonoïdes reliées par des liaisons fortes de carbone, non hydrolysable et ceux des tanins hydrolysables, polymères à base de glucose dont un radical hydroxyle forme une liaison d'ester avec l'acide gallique ([Hopkins, 2003](#)).

Les plantes riches en tanins sont utilisées pour retendre les tissus souples et pour réparer les tissus endommagés par un eczéma ou une brûlure, elles rendent les selles plus liquides, en facilitant ainsi le transit intestinal ([Iserin et al., 2001](#)).

### 3.2.4. Lignines

Sont des composés qui s'accumulent au niveau des parois cellulaires (tissus sclérenchymes ou le noyau des fruits), et au niveau de la sève brute qu'ils permettent la rigidité des fibres. Les lignines sont le résultat d'association de trois unités phénoliques de base dénommées monolignols de caractère hydrophobe ([Sarni-Manchado and Cheynier, 2006](#)).

### 3.2.5. Alcaloïdes

Ce sont des substances organiques azotées d'origine végétale qui peuvent être trouvés dans plusieurs familles des plantes, de caractère alcalin et de structure complexe (noyau hétérocyclique). La plupart des alcaloïdes sont solubles dans l'eau et l'alcool et ont un goût amer et certains sont fortement toxiques ([Wichtl et al., 2003](#)).

### 3.2.6. Saponosides

Le terme saponoside est dérivé de mot savon, se sont des terpènes glycosylés comme ils peuvent aussi se trouve sous forme aglycones. Ils ont un goût amer et acre et ils existent sous deux formes à savoir les stéroïdes et les terpénoïdes ([Iserin et al., 2001](#); [Hopkins, 2003](#)).

## 4. Différents types des extraits des plantes médicinales

Ils existent de nombreuses préparations faites par les plantes médicinales, à savoir :

### 4.1. Drogues extraites des plantes

En 1906, Friedrich Sertumer en Allemagne, a isolé le premier alcaloïde d'une plante dite morphine. Il parvient alors à extraire des cristaux blancs de morphine à partir de l'opium brut du pavot. Grâce à des techniques utilisées, l'aconitine est extraite de l'aconit, l'émétine de l'ipéca, l'atropine de la belladone, et la quinine de l'écorce du quinquina. Ces composés, qui sont tous des alcaloïdes, sont extrêmement puissants, et avant que les scientifiques ne parviennent à en faire la synthèse, ne pouvaient ces derniers être obtenus qu'à partir de plantes brutes ([Scott, 1998](#)).

### 4.2. Extraits de plantes

Les extraits des plantes sont des substances de consistance fluide, semi solide, ou solide, résultant de l'évaporation soit d'un suc de plante, soit d'une solution extractive obtenue en traitant les matières premières végétales par un solvant approprié. Un extrait se prépare donc en deux temps : la préparation du liquide extractif et ensuite la concentration des solutions extractives effectuée par évaporation. Les extraits sont classés selon leur mode de préparation, les solvants employés, les drogues d'origine et aussi selon les propriétés physiques ([Iserin et al., 2001](#)).

### 4.3. Teintures

Les teintures sont des préparations liquides généralement obtenues soit à partir d'une partie végétale ou de matière animale et de dix parties de solvant d'extraction, soit à partir d'une partie végétale ou de matière animale et de cinq parties de solvant d'extraction. Les teintures sont préparées par action de l'éthanol, soit par macération, soit par percolation ([Wichtl et al., 2003](#)).

### 4.4. Poudres

L'élaboration des poudres repose généralement sur un séchage préalable, à une température indiquée ou sur une cryodessiccation des plantes ciblées. Il se peut que la pulvérisation aboutisse à un produit final inhomogène, en raison d'éléments plus ou moins

résistants, d'où la nécessité de réaliser un tamisage pour certaines poudres ([Wichtl et al., 2003](#)).

#### 4.5. Huiles essentielles

Les huiles essentielles (également appelées huiles volatiles ou étherées) sont des liquides huileux aromatiques obtenus à partir de matière végétale (fleurs, bourgeons, graines, feuilles, brindilles, écorce, herbes, bois, fruits et racines). Ils peuvent être obtenus par expression, fermentation, enfleurage ou extraction, mais la méthode de distillation à la vapeur est la plus couramment utilisée pour la production commerciale des huiles essentielles. Le terme «huile essentielle» dérive du nom inventé au XVI<sup>e</sup> siècle par le réformateur suisse de la médecine, *Paracelsus von Hohenheim*; il a nommé le composant efficace d'un médicament issu de *Quinta essentia* ([Burt, 2004](#)).

#### 4.6. Parties des plantes utilisées

En phytothérapie, on utilise la plante entière ou seulement une partie de la plante (la feuille, la fleur, ...etc.). Chaque organe peut contenir des principes actifs spécifiques et donc avoir un effet particulier.

Les parties des plantes utilisées par ordre de croissances sont : les feuilles, la tige, l'écorce, le bois, les bourgeons, les racines, les rhizomes, les bulbes, les fleurs, les sommités fleuries, les fruits, la queue des fruits, les graines ([Pelt, 1980](#)).

### 4. Activité biologique des extraits des plantes

#### 4.1. Activité antioxydante

##### 4.1.1. Stress oxydant

Le stress oxydant est défini comme un déséquilibre de la balance entre les systèmes de défenses antioxydants et les pro-oxydants, que ce soit par un déficit dans les mécanismes de défense comprenant des composés et des enzymes antioxydants ou une surproduction des radicaux libres ([Albayrak et al., 2013](#); [Duran-Bedolla et al., 2013](#); [Meda et al., 2013](#)).

##### 4.1.2. Radicaux libres

Les radicaux libres sont connus dans la chimie depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle. Ils ont été initialement utilisés pour décrire des composés intermédiaires en chimie organique et inorganique ([Rochette et al., 2013](#)). Ce sont des molécules ou fragment de molécules très réactives, puisque ils contiennent des électrons non appariés dans leur orbite extérieure, ils cherchent donc à atteindre un état stable en s'appropriant les électrons des molécules proches qui à leur tour deviennent instables ([Penna et al., 2009](#); [Capasso, 2013](#)).

**a. Espèces Réactives de l'Oxygène (ERO)**

Les radicaux dérivés de l'oxygène représentent la classe la plus importante d'espèces radicalaires générées dans les systèmes vivants. Ce sont des molécules très réactives qui sont constamment produites par des réactions enzymatiques dans les cellules. Il existe plusieurs ERO comme le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ), le radical superoxyde ( $O_2^-$ ) et le radical hydroxyle (HO) ([Grassi et al., 2010](#); [Ivanov et al., 2013](#)).

**b. Radicaux dérivés d'azote (ERN)**

Ils sont considérés comme une sous-classe des radicaux libres qui sont générés par la réaction de l'oxygène avec l'azote. Les ERN incluent des espèces non-radicalaires (acide nitreux, le peroxyde nitrite et alkylperoxyde nitrite) et des espèces radicalaires (l'oxyde nitrique et le dioxyde d'azote) ([Penna et al., 2009](#)).

**4.1.3. Effets et conséquences biochimiques du stress oxydant**

Il s'agit des modifications des macromolécules cellulaires comme les lipides, les membranes, les protéines et les acides nucléiques :

**a. Effet sur l'ADN**

Les modifications structurales de l'ADN résultent essentiellement à des modifications de ses bases, la coupure des brins d'ADN et l'altération de nombreuses protéines qui sont en contact avec l'ADN. Ces modifications peuvent conduire à des mutations génétiques affectant les gènes suppresseurs des tumeurs ([Borrego et al., 2013](#)).

**b. Effet sur les protéines**

Les dommages protéiques causés par les radicaux libres impliquent plusieurs réactions chimiques comme l'oxydation des acides aminés, fragmentation des chaînes de polypeptides et les changements de conformation des protéines conduisant à des conséquences fonctionnelles telles que l'inhibition des activités enzymatiques, une susceptibilité accrue à l'agglomération et la protéolyse, l'augmentation ou la diminution de l'absorption cellulaire ([Shacter, 2000](#)).

**c. Effet sur les lipides**

Quand les radicaux libres réagissent avec les constituants membranaires essentiellement les acides gras, le stress oxydatif cause la peroxydation lipidique dans les membranes cellulaires impliquant la destruction des lipides membranaires, des troubles métaboliques et inflammatoires, la formation et la propagation des radicaux lipidiques avec de nombreux effets délétères ([Zhao et al., 2013](#)).

#### **d. Effet sur les carbohydrates**

Les radicaux libres réagissent avec les carbohydrates conduisant à des ruptures dans la chaîne des molécules importantes comme l'acide hyaluronique dans le liquide synovial entourant les articulations ([Devasagayam et al., 2004](#)).

#### **4.1.4. Antioxydants**

##### **a. Définition**

Un antioxydant peut être défini comme toute substance qui retarde ou prévient significativement l'oxydation d'un substrat trouvée à des concentrations faibles par rapport à celles d'un substrat oxydable ([Asgarpanah and Kazemivash, 2012](#)).

##### **b. Mécanisme d'action**

Le mécanisme d'action des antioxydants contre les effets néfastes des espèces réactives peuvent être comme suit :

- Inhibition de la formation des radicaux libres ;
- Neutralisation des radicaux libres ;
- Augmentation du système de défense du corps ;
- Réparation des dommages résultants de radicaux libres ([Liochev, 2013](#)).

##### **c. Différents types antioxydants**

###### **c.1. Antioxydants enzymatiques**

Ce système comprend plusieurs éléments dont les plus connus sont : le super oxyde dismutase, la catalase et la glutathions peroxydase. A côté de ces enzymes principales, il se trouve : les peroxyredoxines. Ce sont des enzymes qui agissent en tant qu'antioxydants spécifiques également impliquées dans la dégradation enzymatique de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ([Cardenas-Rodriguez et al., 2013](#)). Il existe aussi, la famille des paraoxonases qui a émergé comme une nouvelle classe d'enzymes antioxydantes, jouant un rôle important dans les maladies associées à l'obésité, notamment les maladies cardiovasculaires et le diabète. Elle se trouve en particulier, à la surface des lipoprotéines de haute densité (HDL) ([Savini et al., 2013](#)). On trouve aussi l'enzyme thioredoxin qui est principalement trouvée dans le réticulum endoplasmique. Cette enzyme peut également réagir directement avec H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ([Cardenas-Rodriguez et al., 2013](#)).

## c.2. Antioxydants non enzymatiques

### c.2.1. Antioxydants endogènes

Ces systèmes antioxydants incluent la bilirubine, l'acide urique et de nombreux thiols dont le majoritaire est le glutathion. Ce dernier joue un rôle d'antioxydant en tant que substrat d'enzymes antioxydantes telles que les glutathion peroxydases, mais également grâce à ses propriétés intrinsèques. En effet, le glutathion prévient l'oxydation des groupements thiols par le biais de son pouvoir réducteur. Il est directement impliqué dans la réparation des atteintes oxydatives de l'ADN ([Thérond and Denis, 2005](#)).

### c.2.2. Antioxydants exogènes

#### ❖ Vitamines

Parmi lesquelles la vitamine E, le principal antioxydant liposoluble dans le plasma et les érythrocytes. Cette vitamine est capable de piéger l'oxygène et de réagir avec le radical hydroxyle. Parmi aussi les vitamines il y a également la vitamine C. Fréquemment présente sous forme d'ascorbate, elle est considérée comme l'antioxydant le plus important des fluides extracellulaires. C'est un piègeur très efficace de l'ensemble des ERO. Elle protège les lipoprotéines et les membranes de la peroxydation lipidique ([Valko et al., 2006](#)).

#### ❖ Caroténoïdes

Ce sont des pigments issus des plantes et des microorganismes, et sont regroupés en deux grandes familles : les carotènes et les xanthophylles. Ils permettent, en particulier, de neutraliser l'oxygène ([Valko et al., 2006](#)).

#### ❖ Composés phénoliques

En particulier les flavonoïdes, qui sont des métabolites secondaires des plantes. Leur capacité antioxydante réside dans leur faculté à terminer les chaînes radicalaires capables de catalyser la peroxydation lipidique ([Leopoldini et al., 2011](#)).

## 4.2. Activité antimicrobienne

Depuis l'antiquité, l'homme a utilisé les plantes pour traiter des maladies infectieuses courantes et certaines de ces médecines traditionnelles sont toujours incluses dans le traitement habituel de diverses maladies. Par exemple, l'utilisation de la busserole (*Arctostaphylos uva-ursi*) et du jus de canneberge (*Vaccinium macrocarpon*) pour traiter les infections des voies urinaires est rapportée dans les différents manuels de phytothérapie, tandis que des espèces telles que la mélisse (*Melissa officinalis*), l'ail (*Allium sativum*) et

l'arbre à thé (*Melaleuca alternifolia*) sont décrits comme des agents antimicrobiens à large spectre ([Rios and Recio, 2005](#)).

#### 4.2.1. Antibiotiques

Il existe plus de 22500 composés actifs biologiquement obtenus à partir des microorganismes, 45% proviennent des actinomycètes, 38% des champignons et 17% d'autres bactéries. Environ 5 000 antibiotiques ont été identifiés à partir des cultures de bactéries et les champignons filamenteux ([Gebreyohannes et al., 2013](#)).

Les plantes synthétisent plus de 100000 molécules dotées pour la plupart d'une activité antibiotique inférieure à celle exercée par les antibiotiques d'origine microbienne. Les concentrations requises pour exercer une activité antimicrobienne sont donc plus élevées pour les molécules isolées des plantes que pour celles issues de bactéries et de champignons ([Tegos et al., 2002](#); [Lewis and Ausubel, 2006](#)).

#### 4.2.2. Pouvoir antimicrobien des extraits des plantes médicinales

Les recherches actuelles sur les molécules antimicrobiennes d'origine naturelle se concentrent principalement sur les plantes, car ils peuvent être achetés plus facilement et seront sélectionnés sur la base de leur utilisation en médecine traditionnelle ([Yano et al., 2006](#)).

Les polyphénols sont doués d'activité antimicrobienne importante, probablement dus à leurs diversités structurales. Leur activité est probablement due à leur capacité à se complexer avec des protéines extracellulaires et faire des complexes avec les parois cellulaires bactériennes. Les quinones et les flavonoïdes les plus lipophiles peuvent également rompre les membranes microbiennes. Les flavonols et les tannins ont reçu plus d'attention dû à leur large spectre et forte activité antimicrobienne par rapport aux autres polyphénols, à leur capacité de supprimer un nombre de facteurs de virulence microbienne telles que l'inhibition de la formation de biofilms, la réduction de l'adhésion aux ligands de l'hôte et la neutralisation des toxines bactériennes ainsi qu'à leur capacité d'agir avec certains antibiotiques ([Cowan, 1999](#); [Daglia, 2012](#)).

En règle générale, les extraits des plantes qui contiennent un pourcentage élevé de composés phénoliques comme la caracole, l'eugénol et le thymol possèdent des propriétés antibactériennes fortes contre les agents pathogènes. Il semble raisonnable que leur mécanisme d'action serait donc similaire à d'autres composés phénoliques comme la perturbation de la perméabilité des membranes cytoplasmiques, en agissant sur la force

protomotrice, le flux d'électrons, le transport actif et la coagulation du contenu des cellules (Burt, 2004) (Tab. 1).

**Tableau 1** : Mécanisme d'action de composés antimicrobiens des plantes (Cowan, 1999).

Classes	Sous classe	Exemples	Mécanisme d'action
<b>Phénols</b>	Phénols simples	Catéchol	Privation en substrat Perturbation de la membrane
	Acides phénoliques Quinones	Acide cinnamique Hypéricine	Liaison aux adhésines, complexe avec la paroi cellulaire, inactive les enzymes
	Flavonoïdes Flavones	Chrysin Abyssinone	Liaison aux adhésines, Complexe avec la paroi cellulaire, Inactive les enzymes, Inhibe la transcriptase reverse du HIV
	Flavonols Tannins	Totarol Ellagitanine	? Liaison aux protéines, Liaison aux adhésines, Inhibition des enzymes, Privation en substrat, Complexe avec la paroi cellulaire, Perturbation de la membrane, Complexe aux ions de métaux
	Coumarines	Warfarine	Interaction avec l'ADN eucaryote (activité antivirale)
<b>Terpenoïdes</b>		Capsaïcine	Perturbation de la membrane
<b>Alcaloïdes</b>		Berberine Pipérine	Intercalle avec la paroi et/ou l'ADN
<b>Lectines Polypeptides</b>		Agglutinine spécifique du mannose Fabatine	Bloque la fusion ou l'adsorption Virale, Forme des ponts disulfures
<b>Polyacétylènes</b>		8S-Heptadeca-2(Z),9(Z)-diène-4,6-diyne-1,8-diol	

#### 4.2.3. Résistance aux antibiotiques

La résistance des bactéries aux antibiotiques peut être défini comme la résistance d'une souche qui se cultive en présence de concentration plus élevée en antibiotique comparativement à d'autres souches qui lui sont phylo-génétiquement liées. L'étude de la

résistance bactérienne est aujourd'hui indispensable à connaître pour une meilleure utilisation des antibiotiques ([Patzner et al., 2008](#); [Boerlin and White, 2013](#)). On distingue trois types de résistance qui peuvent apparaître chez les bactéries :

**a. Résistance naturelle ou résistance intrinsèque**

La résistance naturelle ou intrinsèque est une caractéristique propre à une espèce bactérienne et partagée par toutes les souches de cette espèce. Elle peut être due à la présence d'un gène chromosomique commun à toutes les bactéries de l'espèce ([Faure, 2009](#)).

**b. Résistance acquise**

Cette résistance résulte d'une modification génétique par mutation ou d'une acquisition de matériel génétique étranger. Elle est également trouvée seulement chez certaines souches de l'espèce ([Faure, 2009](#)).

**c. Multirésistance**

C'est un terme utilisé couramment pour décrire « une bactérie qui, du fait de l'accumulation de résistances naturelles ou acquises, n'est plus sensible qu'à un petit nombre d'antibiotiques habituellement actifs en thérapeutique » ou pour « une bactérie sensible à moins de trois familles d'antibiotiques ». Ce terme s'emploie généralement pour une bactérie qui pose en général un problème de ressource thérapeutique ([Fajardo et al., 2009](#)).

## **Chapitre II : *Borago officinalis* L.**

## 1. Aperçu sur la plante

La bourrache (*Borago officinalis*) est une plante herbacée annuelle qui est cultivée à des fins médicinales bien qu'elle soit commercialement cultivée pour l'huile de graines de bourrache. La bourrache, borage en anglais est botaniquement assimilée à *Borago officinalis* L. appartenant à la famille des *Boraginaceae*. La plante est originaire d'Europe, d'Afrique du Nord, d'Inde, d'Iran et largement distribuée dans les pays méditerranéens ([Bianco et al., 1996](#); [Mhamdi et al., 2009](#); [Asadi-Samani et al., 2014](#); [Zemmouri et al., 2019](#)). La famille des *Boraginaceae* comprennent environ 100 genres pour 2000 espèces regroupant des arbustes, des arbres, des plantes herbacées et des lianes. Les plantes de cette famille sont rencontrées dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées des cinq continents. Elles sont utilisées comme plantes ornementales ainsi que pour des propriétés médicinales ([Evans, 2009](#)). Cette plante commune, endémique, est très répandue en lisière de forêt, sur les bords des chemins et dans les décombres. Elle peut même se trouver dans de nombreux jardins et jusqu'à 1500m d'altitude. Il s'agit d'une plante à comportement héliophile, mais appartenant à une espèce qui supporte un demi-ombrage. Elle « aime » les sols assez riches en bases au pH proche de la neutralité et ayant de bonnes réserves en eau ([Dufresne et al., 2010](#)).

## 2. Historique de la plante en phytothérapie

La bourrache était utilisée depuis l'Antiquité comme aphrodisiaque, aussi comme drogue tonique et énergisante. Les traces de ces pratiques ont été apparues aussi bien en Europe qu'en Asie. Ils supposaient que les principales sources de bourrache provenaient de Syrie et d'Asie mineure alors que cette plante ne se trouve que très peu. Il semble que cette plante soit originaire des régions de la Méditerranée occidentale, d'Espagne et d'Afrique du Nord, puis s'est naturalisée dans de nombreux autres endroits. Des documents historiques montrent que les peuples des tribus Nord-Africaines l'ont transféré en Espagne puis dans d'autres régions ([Río-Celestino et al., 2008](#); [Colombo et al., 2010](#)). Cependant, la plupart des chercheurs disent que cette plante est originaire des régions méditerranéennes. Ses fleurs et ses feuilles sont utilisées depuis longtemps en cuisine, pour agrémenter les salades. Elles sont réputées pour améliorer le transit intestinal, grâce aux mucilages qu'elles contiennent. Des traces de l'utilisation de la bourrache, pour ses vertus médicinales, ont été retrouvées dès le premier siècle de notre ère. Elle était appréciée pour ses vertus dépuratives et sudorifiques, ainsi que pour son action antidépressive et ses capacités à stimuler la lactation. La bourrache était également utilisée, à cette époque, en médecine vétérinaire, pour soigner les maladies inflammatoires et pulmonaires des porcs et des bovins ([Grünwald and Jänicke, 2006](#)).

### 3. Description et classification botanique

L'herbe de jardin *Borago officinalis* L. communément connue comme Bourrache prend la position systématique illustrée dans le Tableau 2 ([Griffiths et al., 1996](#)).

**Tableau 2 :** Classification botanique de *Borago officinalis* L.

<b>Règne</b>	<i>Plantae</i>
<b>Super division</b>	<i>Spermatophyta</i>
<b>Division</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Classe</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Sous classe</b>	<i>Asteridae</i>
<b>Ordre</b>	<i>Lamiales</i>
<b>Famille</b>	<i>Boraginaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Borago</i> L.
<b>Espèce</b>	<i>Borago officinalis</i> L.

*Borago officinalis* L. de la famille des *Boraginaceae* est connu sous le nom de bourrache. La bourrache est une plante annuelle, herbacée et velue dont la hauteur varie de 70 à 100 cm. Les tiges sont droites, souvent ramifiées, creuses et couvertes de fibres dures. Ses feuilles sont alternes, simples et recouvertes de fibres dures. Les fleurs sont bleues et apparaissent rarement blanches ou roses ([Leung, 1980](#); [Yazdani et al., 2004](#); [Farhadi et al., 2012](#)). Leur corolle sont cinq parties qui sont divisées en certaines parties et donnent aux fleurs un aspect polypétale. L'une des caractéristiques de la corolle est que les parties de la lame conduisent à un tube qui est presque visible chez les plantes de cette famille, ce qui la différencie des autres plantes diverses. Chaque fleur a cinq drapeaux avec des anthères proches les uns des autres et il y a un appendice vertical dans leur base de tube. Le pistil a un ovaire supérieur qui se transforme en fruit avec 3 à 4 nucules brunâtres après la croissance et il y a une graine d'albumine foncée mais pas à l'intérieur de chacun. Le fruit de la bourrache est une petite nucule ridée ovale brunâtre. Les nucules mûres sont foncées sans albumine ([Brown, 1995](#)) (**Fig. 1**).

### 4. Ecologie

C'est une plante avec une haute résistance au froid qui peut bien pousser dans des sols humides avec un bon drainage, des endroits herbeux et en pleine exposition au soleil. Elle ne peut pas tolérer les sols secs pauvres mais les conditions de croissance peuvent être meilleures dans des conditions appropriées. Elle peut également mieux pousser dans les terres exposées à un soleil modéré. Un soleil intense peut changer l'état de la plante en rosette ([Leung, 1980](#);

[Newman and O'Conner, 2009](#)). Cette plante peut pousser dans chaque type de sol et dans une plage de pH allant de 4,5 à 8,2. Le pH approprié pour cette plante est de 6,6. Il a été rapporté que la bourrache peut être facilement cultivée dans des sols moyens ou lourds avec de l'eau salée. En ce qui concerne son potentiel élevé de prise de sodium et de chlore, il convient probablement pour modifier les sols salés ([Badi and Sorooshzadeh, 2011](#); [Jaffel et al., 2011](#)).



**Figure 1** : Partie aérienne de *Borago officinalis* L.

## 5. Mise en culture

Cette plante est reproduite par semis et chaque graine pèse entre 17 et 19 g. La période de culture appropriée pour cette plante est au début du printemps, et elle peut également être cultivée en automne et à la fin de l'hiver. Les chercheurs ont montré que le semis précoce augmente les performances des semences par rapport au semis tardif. L'engrais azoté augmente la longueur de la plante et l'efficacité de la production ([Zargari, 1997](#); [Ghassemi-Golezani et al., 2013](#)).

Puisque les rameaux fleuris sont médicinaux, il est nécessaire de les ramasser, puis de les sécher et de les emballer selon les principes corrects. Cette plante est récoltée en période de floraison avant le début de la formation des graines. Ils doivent être séchés à l'air frais à l'ombre ou au séchoir à une température de 40 °C ([Mhamdi et al., 2010](#)).

## 6. Propriétés chimiques

L'herbe de bourrache contient 11% de mucilage, ce qui donne du glucose, du galactose et de l'arabinose comme principaux sucres, lorsqu'elle est hydrolysée ([De Smet, 1993](#)). Les autres constituants des herbes comprennent l'allantoïne, les tanins (jusqu'à 3%), l'acide silicique, les acides organiques et le nitrate de potassium ([Tyler, 1987](#)).

L'extraction des graines fournit 13 à 33% d'huile, qui se compose principalement de glycérides d'acides gras insaturés, en particulier d'acide oléique (17-19%), d'acide linoléique (37-39%) et d'acide  $\gamma$ -linoléique (20- 22%). La teneur en acide  $\gamma$ -linoléique est affectée par un stockage à température ambiante sans protection contre la lumière ([De Smet, 1993](#)).

Des chercheurs suisses ont isolé sept alcaloïdes pyrrolizidiniques de l'herbe de *Borago officinalis*. Trois échantillons d'herbes donnent des fractions alcaloïdes brutes de 20 à 26 mg/kg de bases libres et de 0 à 16 mg/kg de *N*-oxydes. Les alcaloïdes individuels suivants ont été détectés: lycopsamine (16-39%), 7-acétyllycopsamine (9-31%), 7-acétylintermédiaire (< 2%), amabiline (13-35%), supinin (12-36%) et d'autres alcaloïdes (2-20%) ([Lüthy et al., 1984](#)). La présence de lycopsamine dans la bourrache (avec soit l'amabiline ou cynaustine et quatre autres alcaloïdes) a également été signalée par une équipe de recherche américaine. Ce groupe a obtenu une fraction alcaloïde brute de 97 mg/kg à partir d'un échantillon de fragments de plantes séchées ([Larson et al., 1984](#)). L'équipe a également analysé les fleurs de bourrache, les graines et l'huile de graines. Le seul constituant pyrrolizidine trouvé dans les fleurs était l'alcaloïde saturé thésinine. Les graines de bourrache mûres ont donné une fraction alcaloïde brute de l'ordre de 300 mg/kg. Le principal alcaloïde de la graine était la thésinine, avec l'amabiline comme composant mineur. Les graines immatures contenaient de la thésinine, mais l'amabiline n'a pas pu être démontrée dans ce matériel. Des échantillons d'huile de graines de bourrache n'ont donné qu'une petite fraction de base brute, et aucun alcaloïde pyrrolizidine n'a été récupéré ([Dodson and Stermitz, 1986](#)).

*Borago officinalis* est capable de produire des traces d'acide cyanhydrique avec un rendement maximal de 15 mg/kg à partir de jeunes plantes récoltées au début de mois de juin. En revanche, les plantes à fleurs collectées à la fin du mois de juin ne généraient que 1,2 mg/kg ([Hegnauer, 1958](#)).

### 6.1. Tiges, feuilles et fleurs

De nombreux chercheurs ont rapporté que les acides gras sont disponibles dans les feuilles ou la plante entière de bourrache, mais il y a peu d'informations sur les changements d'acides gras pendant la période de croissance. La quantité de matière sèche à tous les stades de croissance considérés était très faible. Le composé chimique était étroitement lié aux stades de croissance de la plante et la quantité de fibres était de plus en plus élevée ([Peiretti et al., 2004](#)).

Étant donné que la valeur nutritionnelle pendant la période de croissance était constante, le stade de récolte optimal de la bourrache est au début du stade de formation des graines

lorsque la performance de la matière sèche est minimale. Le profil des acides gras change au cours des stades de croissance. L'acide  $\alpha$ -linoléique (ALA) et l'acide stéaridonique (SDA) sont les principaux composés en phase de germination qui sont ensuite diminués par la suite. Au début de la phase de formation des graines, l'acide linoléique (LA) est au niveau le plus élevé et les quantités de l'acide gamma-linoléique (GLA) et d'acide oléique augmentent ([Asadi-Samani et al., 2014](#)).

Les feuilles de bourrache contiennent les composés suivants: une petite quantité d'alcaloïdes pyrrolizidiniques, de licosamine, d'intermédine, de sopinine, les acides gras dont l'ALA (55 %) et le GLA (plus de 4 %), acide silicique (1,5 % -22,0 %), potassium, calcium, nitrate de potassium (3%), acide acétique, acide lactique et l'acide malique. Les feuilles fraîches contiennent également du mucilage hydrolysable en glucose, galactose, arabinose et l'allantoïne jusqu'à 30 % ([Bandonien and Murkovic, 2002](#)).

La quantité de gomme et de mucilage disponible en feuilles et en tige est de 3,8 % et en inflorescence est de 5,4 %. Les quantités de potassium et de calcium sont respectivement de 5,3 % et 6,2%. Par rapport à l'inflorescence, moins de quantités de potassium, de gomme et de mucilage sont présentes dans la tige et les feuilles, mais plus de calcium est dans la tige et les feuilles. Les fleurs de bourrache et généralement toutes les parties de la plante contiennent 30% de mucilage. Les parties vertes de la plante contiennent du nitrate de potassium, de la résine, du malate et une petite quantité d'essence, du manganèse, de l'acide phosphorique et de l'allantoïne ([Medrano et al., 1992](#); [Tyystjärvi, 1993](#); [Farhadi et al., 2012](#)).

## 6.2. Graines

La famille des *Boraginaceae* est l'une des ressources les plus connues des acides gras. Plusieurs études ont été menées sur la combinaison d'acides gras disponibles dans l'huile de graines d'espèces de *Boraginaceae*. La quantité d'acide linoléique, ALA, GLA, SDA et l'acide érucique est d'une importance particulière à l'intérieur de cette famille ([Velasco and Goffman, 1999](#); [Eskin, 2008](#)).

Les composés phénoliques existent dans les graines oléagineuses et divers études ont prouvé leurs propriétés antioxydantes. La bourrache est importante en raison de la grande quantité de GLA disponible dans son huile de graines. Les propriétés antioxydantes des extraits de bourrache sont attribuées aux composés phénoliques. Il a été déterminé que l'acide rosmarinique, l'acide synergique et l'acide synaptique sont les principaux composés phénoliques disponibles dans l'extrait de graines de bourrache. L'acide rosmarinique est le composant principal de l'extrait de romarin largement utilisé dans les industries alimentaires.

D'autre part, l'acide synergique et l'acide synaptique sont inclus dans le phénol et les principaux antioxydants du colza et du canola ([Sánchez-Escalante et al., 2003](#); [Mhamdi et al., 2009](#)).

### 7. Activités biologiques

L'oxydation des graisses est l'une des principales raisons de la diminution de la qualité des aliments gras. Ce processus affecte la couleur, la faveur, les tissus et la valeur nutritionnelle des aliments. Les radicaux libres peuvent provoquer une oxydation des graisses. L'utilisation d'antioxydants synthétiques dans les aliments pourrait retarder l'oxydation, mais leur utilisation dans les produits alimentaires est soumise à des restrictions en ce qui concerne les règles, car ces composés ont une potentielle anti-santé. Ce sujet nous amène à préférer les antioxydants naturels à eux. Les plantes médicinales contenant des antioxydants naturels se sont avérées bénéfiques dans diverses complications telles que le cancer, les brûlures, le diabète, l'hyperlipidémie et l'amnésie. Ces composés sont capables de prévenir ou de guérir les effets secondaires d'autres composés ([Asadi-Samani et al., 2014](#)).

L'huile de bourrache est riche en acides gras insaturés comme le GLA qui est très résistant à l'oxydation. Cette résistance résulte de l'existence de tocophérols et de plusieurs composés phénoliques dans les tissus contenant de l'huile. Lorsque l'huile est extraite, les antioxydants tels que les tocophérols sont extraits avec de l'huile qui sont les principaux facteurs de protection de l'huile. La farine de bourrache contient de grandes quantités de composés phénoliques après l'extraction de l'huile. Ces antioxydants peuvent être concentrés sous forme d'extraits bruts ou être utilisés comme composés phénoliques dans des huiles insaturées comme les huiles de graines. La farine de Bourrache et ses extraits ont des propriétés antioxydantes liées à la concentration. Des produits contenant une grande quantité d'antioxydant peuvent être obtenus à partir de farine de bourrache dans des conditions optimales. L'activité antioxydante maximale de l'extrait est obtenue si l'extraction est réalisée avec de l'éthanol à 52 % à 74 °C pendant 60 min. La capacité de cet extrait à retarder l'oxydation des graisses est attribuée aux composés phénoliques à éliminer les espèces réactives de l'oxygène. L'extrait de bourrache peut être ajouté aux huiles et aux produits carnés au lieu d'antioxydants pour retarder l'oxydation des graisses ([Wettasinghe and Shahidi, 1999](#); [Wettasinghe et al., 2001](#)).

Les ions métalliques de transition comme le fer, le magnésium, le manganèse se retrouvent également fréquemment dans les êtres vivants et les aliments d'origine végétale et animale. Ces métaux interfèrent directement ou indirectement au début de l'oxydation des graisses. Il a

été déterminé que la forme d'ions métalliques à la peroxydation des graisses est moins disponible. Étant donné que l'extrait brut de bourrache et ses composants ont une propriété minérale dans un environnement expérimental aqueux pour les aliments et autres produits ([Garcia-Iñiguez-de-Ciriano et al., 2009](#)).

En ce qui concerne la capacité de l'extrait de bourrache à piéger les espèces réactives de l'oxygène et le radical DPPH, il pourrait être utilisé comme médicament relatif pour traiter les maladies liées aux radicaux libres qui pourraient endommager les tissus ([Wettasinghe and Shahidi, 2002](#)).

[Abolhassani \(2004\)](#) a testé l'extrait aqueux de fleurs séchées de bourrache in vitro pour son activité antibactérienne. L'extrait a montré une activité antibactérienne dépendante de la concentration contre *Staphylococcus aureus* 8327. Cette activité était résistante à la chaleur, mais l'activité de l'extrait lyophilisé a progressivement diminué pendant une période de 90 jours.

[Suganda et al. \(1983\)](#) ont testé l'activité d'un extrait éthanolique de bourrache contre le virus de l'herpès humain et le poliovirus humain in vitro. Aucun effet antiviral n'a été démontré.

## 8. Usage et thérapeutique

Vu ses vertus thérapeutiques, son usage n'est pas exclusivement médicinal, mais aussi culinaire. Les infusions de feuilles ou de fleurs de bourrache ont une longue tradition dans la médecine traditionnelle. La fraie herbe a été utilisée pour traiter les plaies et les gonflements inflammatoires, et il a également été transformé en collyre ([De Smet, 1993](#)).

Les infusions d'herbes séchées sont également appréciées comme adjuvants de salade avec un effet rafraîchissant et comme boissons d'été. L'herbe peut également être consommée comme épinards, crus ou cuits ([Tyler, 1987](#)).

Comme l'huile de graines de bourrache est riche en acide  $\gamma$ -linoléique, elle est promue comme un supplément diététique alternatif à l'huile d'onagre. Des chercheurs ont administré de l'huile de graines de bourrache (9 capsules par jour, chacune contenant 0,5 g d'huile) à des patients atteints de polyarthrite rhumatoïde active dans le cadre d'une étude ouverte non contrôlée. Ils ont observé un bénéfice clinique apparent qui aurait pu être lié en partie à une production réduite de produits d'oxygénation à base d'acide arachidonique ([Pullman-Mooar et al., 1990](#)).

Cette plante contient des alcaloïdes, des mucilages, des huiles essentielles, des flavonoïdes et des acides organiques. En médecine populaire, elle est connue pour de

nombreuses vertus thérapeutiques : expectorante, tonique, galactagogue, agissant aussi contre la toux, la fièvre et la dépression ([Barnes et al., 2002](#)). Par ailleurs, [Gilani et al. \(2007\)](#) ont révélé que cette plante médicinale possède un éventuel effet pharmacologique représenté par une activité spasmolytique importante, qui peut s'exercer au niveau des appareils cardiovasculaire, respiratoire et gastro-intestinale via un mécanisme antagoniste avec les ions de calcium. De même, [Jäger et al. \(2013\)](#) ont montré par leur étude que l'extrait éthanolique de la partie aérienne présente une grande affinité vis-à-vis du transporteur de la sérotonine, ce qui lui confère un effet antidépresseur. Cette multitude d'effets s'explique essentiellement par la richesse de cette plante en divers composés, en particulier en acide gras.

L'huile de bourrache est connue pour offrir une protection contre l'athérosclérose qui est un trouble inflammatoire caractérisé par perte d'intégrité et de fonction de l'endothélium artériel ([Shewale et al., 2015](#)). De plus, l'huile de bourrache est connue pour ralentir le remodelage cardiaque après un infarctus du myocarde (IM) et ainsi prévenir l'insuffisance cardiaque. Le mécanisme impliqué semble être la réduction de la réponse inflammatoire des lymphocytes et des macrophages, la réduction de la fibrose au tissu infarcté et la prévention de la distension ventriculaire ([Maldonado-Menetti et al., 2016](#)). L'huile de bourrache possède également une efficacité thérapeutique contre la polyarthrite rhumatoïde (PR). La PR est une maladie inflammatoire chronique qui affecte les articulations ([Moelants et al., 2013](#)).

L'huile de bourrache est aussi connue pour inverser les effets neurotoxiques et de la réduction de potentialisation à long terme de la neurodégénérescence par les  $\beta$ -amyloïdes et de la perte des fonctions cognitives dans la maladie d'Alzheimer. Cet effet est dû à la propriété antioxydante de sa teneur en GLA ([Zargooshnia et al., 2015](#)).

## **Chapitre III : *Justicia adhatoda* L.**

## 1. Origine et dénomination

La famille des *Acanthaceae* comprend près de 250 genres avec 2500 espèces. Ses espèces sont répandues dans les régions tropicales du monde ([Wasshausen and Wood, 2004](#)) et sont peu représentées dans les régions tempérées ([Mabberley, 1997](#)). *Justicia* est le plus grand genre d'*Acanthaceae*, avec environ 600 espèces que l'on trouve dans les régions tropicales ([Durkee, 1986](#)).

La plante est originaire du nord du sous-continent indien (Pendjab, Assam, Népal) et fut introduite dans toute l'Inde, au Ceylan, dans l'archipel malais, en Afrique du Sud et est cultivée aux Antilles. Son nom Adhatoda viendrait du tamoul où il désigne une plante délaissée par les animaux ([Ghédira and Goetz, 2015](#)). La plante est utilisée dans le système de médecine indigène en Inde depuis plus de 2000 ans. C'est un médicament officiel et mentionné dans la pharmacopée indienne ([Atal, 1980](#)).

L'espèce est communément appelée comme suit :

- **Arabe** : بيضاء بستاشيا
- **Français** : Carmantine de Ceylan, carmantine en arbre, Noix de Malabar.
- **Anglais** : Malabar nut, adulsa, adhatoda, vasa, vasaka ([Ghédira and Goetz, 2015](#)).

## 2. Description et classification botanique

La plante prend la position systématique illustrée dans le tableau 3.

**Tableau 3** : Classification botanique de *Justicia adhatoda* L.

<b>Règne</b>	<i>Plantae</i>
<b>Sous-règne</b>	<i>Viridiplantae (Tracheobionta)</i>
<b>Super division</b>	<i>Embryophyta</i>
<b>Division</b>	<i>Tracheophyta Magnoliophyta</i>
<b>Subdivision</b>	<i>Spermatophytina</i>
<b>Classe</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Sous classe</b>	<i>Asteridae</i>
<b>Superordre</b>	<i>Asteranae</i>
<b>Ordre</b>	<i>Lamiales</i>
<b>Famille</b>	<i>Acanthaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Justicia</i> L.
<b>Espèce</b>	<i>Justicia adhatoda</i> L.

*Justicia adhatoda* L. est un arbuste répandu dans les régions tropicales du Sud-est d'Asie. Le nom, *J. adhatoda* L. et *Adhatoda zeylanica* sont utilisés comme synonymes. Il est communément appelé *Vasaka* ou noix de Malabar ([Khalekuzzaman et al., 2008](#)).

C'est un arbuste vivace de 1 m à 2,5 m de hauteur. Les branches sont terminées par un épi à enveloppes vertes. Munies d'une lèvre supérieure recourbée, les fleurs blanches veinées de rouge ou de pourpre rosé s'épanouissent en été. Les fleurs sont de grandes épines terminales denses avec de gros pétales blancs attrayants, striés de violet sur la lèvre inférieure. Les feuilles persistantes vert franc brillant sont et oblongues qui mesurent de 20 à 25 cm de long sur 8 cm de large ([Ghédira and Goetz, 2015](#)). Les feuilles poussent dans une formation opposée et sont entièrement lancéolées, et brièvement pétiolées, se rétrécissant vers l'apex et la base. Les feuilles deviennent vert brunâtre lorsqu'elles sont sèches et ont un goût amer avec une odeur semblable à celle du thé fort. Sa tige est douce et fait un bon charbon de bois. Le fruit est une petite capsule clavée, canalisée longitudinalement, contenant quatre graines globulaires ([P Singh et al., 2011](#)).



**Figure 2 :** Feuilles et fleurs de *Justicia adhatoda* L. ([Ghédira and Goetz, 2015](#)).

### 3. Utilisations traditionnelles de la plante

La plante est utilisée comme remède à base de plantes pour traiter le rhume, la toux, la coqueluche et la bronchite chronique et l'asthme, aussi comme expectorant sédatif, antispasmodique et anthelminthique. C'est un médicament officiel et est mentionné dans la pharmacopée indienne. Les feuilles, les racines, les fleurs et l'écorce d'*Adhatoda* sont toutes utilisées à des fins médicinales. Il est bien connu pour la préparation de médicaments pour la bronchite, l'asthme et d'autres infections pulmonaires. La Glycodin, célèbre produit utilisé

pour soigner la bronchite est extraite des feuilles de cette plante. Il a été utilisé par les phytothérapeutes européens comme antispasmodique, expectorant et fébrifuge. Elle est également connue pour ses propriétés antiarthrite, antiseptique, antimicrobienne, expectorante, sédative et antituberculeuse ([Dey, 1980](#)). La plante a été incluse dans le manuel de l'OMS «L'utilisation de la médecine traditionnelle dans les soins de santé primaires», qui vise à profiter aux agents de santé en Asie du Sud-est pour les tenir informés de l'utilité thérapeutique de la flore environnante. Dans le manuel, *Justicia adhatoda* est recommandé pour la préparation des expectorations plus liquides et utilisé pour traiter la toux, l'asthme et les hémorragies et il peut être utilisé pour les adultes et les enfants pendant une longue période. En outre, la plante est recommandée pour la médecine de premiers secours dans les soins de santé primaires et peut être utilisée chez les adultes et les enfants et pendant une longue période sans aucune restriction d'utilisation ([WHO, 1990](#)). Les utilisations de différentes parties de *Justicia adhatoda* en Asie du Sud-est sont énumérées dans le tableau 4.

#### 4. Constituants chimiques

Les études phytochimiques des différentes parties de *Justicia adhatoda* ont révélé la présence d'alcoïdes, de phytostérols, de polyphénols et de glycosides comme classe majeure de composés. Ses principaux constituants sont les alcoïdes quinazoline avec la vasicine comme principal alcoïde. Les feuilles sont riches en vitamine C et en carotène et donnent une huile essentielle. Les composés chimiques trouvés dans les feuilles et les racines de cette plante comprennent les huiles essentielles, les graisses, les résines, le sucre, la gomme, les acides aminés, les protéines et la vitamine C, ...etc. (**Tab. 5**) ([Dymock, 1972](#)).

Les feuilles contiennent également une très petite quantité d'huile essentielle et d'un acide cristallin. L'analyse élémentaire par spectrophotométrie d'absorption atomique a révélé la présence d'éléments majeurs (K, Na, Ca et Mg) et traces (Zn, Cu, Cr, Ni, Co, Cd, Pb, Mn et Fe) dans *Justicia adhatoda* ([Jabeen et al., 2010](#)).

D'après [Gulfraz et al. \(2004\)](#), des concentrations de protéines (8,5 %), de vasicine (7,5 %), de vitamine C (5,2 %) et de graisses (2,5 %) ont été trouvées dans des échantillons de racines de *Justicia adhatoda*. Alors que le niveau de ces composés était faible dans les feuilles à l'exception du sucre (16,4 %), des fibres (5,2 %), de la vasicinone (3,5 %), du Zn (0,6 %), du S (1,3 %) et du Fe (1,2 %).

**Tableau 4** : Utilisation traditionnelles de *Justicia adhatoda* L. ([P Singh et al., 2011](#)).

Parties	Usages	Pays
Feuilles	Une infusion de feuilles est un excellent agent pour la destruction des fourmis blanches, des mouches, et les moustiques.	Inde
Feuilles	L'extrait obtenu en faisant bouillir des feuilles avec des fruits de <i>Phyllanthus emblica</i> , mélangé avec du miel est utilisé dans l'asthme.	Inde
Feuilles	Le jus frais de feuilles est mélangé à du miel et du jus de gingembre, est recommandé pour tous les types de toux, bronchite chronique et asthme.	Pakistan
Feuilles	Le jus de feuilles est prescrit dans la fièvre paludéenne.	Népal
Feuilles	Les feuilles sont macérées et l'extrait est bu par voie orale pour la toux et la congestion des mucosités pendant le froid.	Bangladesh
Feuilles	Les feuilles fraîches meurtries sont utilisées pour traiter les morsures de serpent.	Inde, Sri Lanka
Feuilles	L'infusion de feuilles est utilisée pour soulager les maux de tête.	Myanmar, Pakistan
Racines	La pâte de racine fraîche est appliquée sur l'abdomen et le vagin quelques minutes avant l'accouchement pour un accouchement facile.	Inde
Racines et fleurs	Utilisé pour l'apiculture. La racine est utile comme expectorant, antispasmodial et comme infusion est utilisé comme anthelminthique. Les fleurs fraîches sont utilisées dans la fièvre élevée et la gonorrhée.	Pakistan
Feuilles et fleurs	Les feuilles et les fleurs possèdent des propriétés expectorantes et antiasthmatiques	Inde
Feuilles et écorces	Le jus de l'écorce et des feuilles est utilisé pour vomir et comme anthelminthique.	Bangladesh
Fruits	Les fruits sont utilisés pour le rhume, les antispasmodiques et la bronchite	Pakistan

**Tableau 5** : Principaux constituants chimiques de *Justicia adhatoda* L. ([Ghédira and Goetz, 2015](#)).

Famille	Constituants chimiques
Alcaloïdes totaux : 0,3-2,1 % Alcaloïdes quinazoliniques 2 %	Vasicine (ou péganine) de 45 à 95 % des alcaloïdes, avec ses dérivés oxydés : vasicinone et hydroxyvasicine, vasicinol, deoxyvasicinone, deoxyvasicine, adhavaquinone, vasicine acetate, vasicinolone
Alcaloïdes pyrroloquinazoliniques	Vasicol, vasicoline, adhatodine
Flavonoïdes	Vitexine, isovitexine, 2''-O-xylosylvitexine, rhamnosylvitexine, violanthine, apigénine, kaempférol, quercétine, lutéoline
Acides phénols	Acides p-hydroxybenzoïque, syringique et p-coumarique
Divers	Bétaine β-sitostérol Vasicinine Phéophytine (colorant) Alcool aliphatique Hydroxycétone aliphatique Acide ascorbique Carotène Éléments minéraux (10 %)

## 5. Activités biologiques et thérapeutiques

Dans cette partie, on a choisi les principales activités que la plante *Justicia adhatoda* L. possède.

### 5.1. Activité antioxydante

Dans une expérience, des extraits bruts de fractions de trois plantes (*Justicia adhatoda*, *Capparis aphylla* et *Aegle marmelos*) ont été testés pour leur potentiel antioxydant. Les résultats ont indiqué que la fraction d'éther de pétrole de *Justicia adhatoda* possède les capacités antioxydantes admirables avec une teneur phénolique totale élevée. Les résultats de cette étude impliquent que le tétracosahexaène, l'hexaméthyle est un ingrédient antioxydant de *Justicia adhatoda* ([Dhankhar et al., 2014](#)). Dans une autre expérience, des extraits d'eau,

d'éthanol et de chloroforme de quelques plantes sélectionnées ont été évalués pour leur activité antioxydante ainsi que pour le potentiel d'inhibition de l'aldose réductase du cristallin de rat et l'activité anti-cataracte. *Justicia adhatoda* était l'une de ces herbes sélectionnées. Les extraits de la plante testée ont montré d'importantes activités de piégeage des radicaux libres et ont inhibé l'activité de l'enzyme polyphénol oxydase ([Gacche and Dhole, 2011](#)). Il a également été rapporté que la vasicine, isolée de *J. adhatoda*, présentait une activité d'inhibition significative de la DPPH indiquant une activité antioxydante ([Shahwar et al., 2012](#)).

### 5.2. Activité antimicrobienne

[Duraipandiyan et al. \(2015\)](#) ont rapporté que l'acétate de vasicine obtenu par acétylation de la vasicine présentait une bonne zone d'inhibition contre les bactéries: *Enterobacter aerogenes*, *Staphylococcus epidermidis* et *Pseudomonas aeruginosa*. En outre, la vasicine a montré une forte activité antibactérienne contre *Escherichia coli* à une dose de 20 µg/ml et a également démontré une activité antifongique maximale contre *Candida albicans* à la dose >55 µg/ml. L'extrait méthanoïque de *J. adhatoda* a montré une activité antibactérienne contre les souches Gram-positives, à savoir, *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus* et *Pseudomonas aeruginosa* à Gram négatif ([Rahim et al., 2015](#)).

[Karthikeyan et al. \(2009\)](#) ont également démontré l'activité antimicrobienne d'extraits de feuilles de *J. adhatoda* contre *S. aureus*, *S. epidermidis*, *Bacillus subtilis*, *Proteus vulgaris* et *C. albicans*.

### 5.3. Activité bronchodilatatrice

La vasicine est bronchodilatatrice dont son activité est comparable à celle de la théophylline. La vasicine et la vasicinone, les principaux constituants alcaloïdes d'*Adhatoda*, sont bien connues pour leurs agents respiratoires thérapeutiques. La vasicine a montré une activité bronchodilatatrice à la fois in vitro et in vivo. La vasicinone, principal métabolite de la vasicine, a montré une activité bronchodilatatrice in vitro mais une activité bronchoconstrictive in vivo, suggérant qu'elle est probablement biotransformée in vivo, provoquant une bronchoconstriction. Les deux alcaloïdes en association ont montré une activité bronchodilatatrice à la fois in vitro et in vivo ([Lahiri and Pradhan, 1964](#)).

### 5.4. Activités antiallergiques et antiasthmatiques

Les deux principaux alcaloïdes vasicine et vasicinone sont connus pour présenter une activité antiallergique. Un extrait contenant l'alcaloïde vasicinone et de vasicine a inhibé les

réactions allergiques induites par l'ovalbumine d'environ 37% à une concentration de 5 mg. La vasicinone s'est avérée être un anti-allergène puissant dans des tests sur des souris, des rats et des cobayes ([Wagner, 1989](#)). De plus, l'extrait méthanoïque de la plante entière s'est avéré posséder des activités antiallergiques et antiasthmatiques chez le cobaye après inhalation ou administration intra-gastrique à des doses de 6 mg par animal ou 2,5 g/kg, respectivement ([Mueller et al., 1993](#)).

### 5.5. Activité antitussive

L'activité antitussive de l'extrait d'*Adhatoda* a été évaluée chez le cobaye et le lapin anesthésiés et chez le cobaye non anesthésié. Lors de l'administration orale au cobaye, l'activité antitussive de l'extrait était comparable à celle de la codéine contre la toux induite par des aérosols irritants ([Dhuley, 1999](#)).

### 5.6. Activité anti-inflammatoire

Peu d'études ont été rapportées sur l'activité anti-inflammatoire de *J. adhatoda*. L'activité anti-inflammatoire des composés phytochimiques de *J. adhatoda* testée en utilisant le modèle de l'œdème de la patte induit par la carragénine. Les résultats ont révélé que la vasicine présentait les effets anti-inflammatoires les plus puissants (59,51%) à la dose de 20,0 mg/kg six heures après l'injection de carragénine. Dans une autre expérience, le test de membrane chorio-allantoïde d'œuf de poule a été utilisé pour évaluer l'activité anti-inflammatoire de l'extrait au méthanol. La fraction alcaloïde a montré une activité puissante à une dose de 50 µg/pastille équivalente à celle de l'hydrocortisone ([Chakraborty and Brantner, 2001](#)).

### 5.7. Effets hépatoprotecteurs

Une activité hépatoprotectrice de la vasicinone a été rapportée dans le modèle d'hépatotoxicité aiguë chez la souris. Le prétraitement avec la vasicinone a diminué de manière significative les taux d'enzymes hépatiques et l'architecture hépatique normale, ce qui suggère une récupération prononcée des lésions hépatiques. Dans une autre expérience, les feuilles d'*Adhatoda* ont montré un effet hépatoprotecteur significatif à des doses de 50 à 100 mg/kg sur les lésions hépatiques induites par la D-galactosamine chez le rat ([Bhattacharyya et al., 2005](#)).

### 5.8. Activité anti-diabétique

L'effet a été étudié chez des lapins rendus diabétiques. L'activité hypoglycémiante de l'extrait aqueux des feuilles de *J. adhatoda* a été comparée à celle du glibenclamide. Chez les lapins diabétiques, la glycémie à jeun varie de 200 à 250 mg/100 ml dans les 24 heures. Cette

étude a révélé que l'extrait aqueux de *J. adhatoda* pris par voie orale aux doses de 100 et 200 mg/kg, réduit la glycémie chez les lapins rendus diabétiques après l'injection. La réduction significative de la glycémie a commencé 3 heures après administration de l'extrait et a continué pendant 6 h ([Zainab et al., 2008](#)).

Une autre étude a montré que l'administration orale de 50 et 100 mg/kg d'extraits éthanoliques de feuilles de *J. adhatoda* chez des rats normaux et des rats rendus diabétiques expérimentalement a induit une réduction significative des niveaux de glycémie après 2 à 6 jours de traitement par rapport à l'extrait de racine de *J. Adhatoda* (100 mg/kg) et le glibenclamide (5 mg/kg) ([Gulfraz et al., 2011](#)).

### **5.9. Activité anti-Alzheimer**

Dans une étude menée par ([Ali et al., 2013](#)), les extraits *J. adhatoda* ont montré un effet inhibiteur sur l'acétylcholinestérase, et cet effet sur l'enzyme est réversible. Le chercheur a affirmé que le médicament à base de plantes peut être utilisé dans le traitement de la maladie d'Alzheimer.

### **5.10. Effets sur l'utérus**

La vasicine est utérotonique, son activité est comparable à celle de l'ocytocine et la méthergine. A forte dose elle peut devenir abortive : ceci est vérifié par voie intra-amniotique mais n'existe pas par prise orale ([Gupta et al., 1979](#)).

Outre les effets bénéfiques sur la santé susmentionnés, *J. adhatoda* a également montré peu d'autres activités qui ont un effet indirect sur la conservation de la santé humaine, à savoir, antifongique, larvicide et acaricide ([Svinningen et al., 2010](#)).

Bien que *J. adhatoda* ait été utilisé depuis longtemps comme médicament et prétendu être sans danger pour l'utilisation comme médicament, peu d'effets indésirables ont également été signalés comme la cytotoxicité, des effets indésirables sous forme d'urticaire, d'exanthème et de dermatite dans la population suédoise ([Jacobsson et al., 2009](#)).

# **CONCLUSION**

### **Conclusion**

L'intérêt mondial pour l'étude et la pratique des médicaments bruts a considérablement augmenté au cours des deux dernières décennies en raison de la prise de conscience croissante de la toxicité et des effets secondaires des médicaments synthétiques, de leurs limites dans de nombreux domaines thérapeutiques, de leur coût comparativement élevé et souvent de médicaments au-delà de la portée de l'homme ordinaire. L'intérêt mondial pour la phytothérapie a pris de l'ampleur, c'est pourquoi la standardisation des médicaments à base de plantes est la plus souhaitable à l'heure actuelle.

La bourrache est une plante herbacée annuelle qui est cultivée à des fins médicinales bien qu'elle soit commercialement cultivée pour l'huile de graines de bourrache. L'huile de graines de bourrache est acide gamma-linolénique (GLA) utilisé comme complément alimentaire. Outre que l'huile de graines, elle contient beaucoup d'acides gras comme l'acide linoléique, l'acide oléique, l'acide palmitique, l'acide stéarique, ...etc. La plante est utilisée pour le traitement de plusieurs maladies telles que la sclérose en plaques, diabète, maladies cardiaques, arthrite et l'eczéma.

*Justicia adhatoda* est une plante médicinale bien connue à partir de laquelle certains alcaloïdes, phénoliques, flavonoïdes, stérols et leurs dérivés glucidiques ont été identifiés. Ses diverses activités médicinales comprennent la protection cardiovasculaire, les activités antituberculeuses, antimutagènes, antiulcéreuses, antiasthmatiques, hépatoprotectrices, antibactériennes et antitussives. Il est couramment utilisé dans le système de médecine populaire traditionnelle en Asie du Sud-est.

Dans le monde, une grande population utilise des médicaments traditionnels. Par conséquent, les plantes médicinales gagnent rapidement en importance économique. Outre le manque de normalisation, la pratique commerciale et de substitution des médicaments à base de plantes authentiques pose un grand obstacle à la vulgarisation des médicaments traditionnels à base de plantes qui ont fait leurs preuves.

## **Références bibliographiques**

### **Références Bibliographiques**

AbdulRazzaq, O., Haykle, M.E.S., 1993. Plantes médicinales et aromatiques, Installations connaissances d'Alexandrie.

Abolhassani, M., 2004. Antibacterial effect of borage (*Echium amoenum*) on *Staphylococcus aureus*. *Brazilian Journal of infectious diseases* 8, 382-385.

Ahmad, I., Beg, A.Z., 2001. Antimicrobial and phytochemical studies on 45 Indian medicinal plants against multi-drug resistant human pathogens. *Journal of ethnopharmacology* 74, 113-123.

Aires, A., Marques, E., Carvalho, R., Rosa, E.A., Saavedra, M.J., 2013. Evaluation of biological value and appraisal of polyphenols and glucosinolates from organic baby-leaf salads as antioxidants and antimicrobials against important human pathogenic bacteria. *Molecules* 18, 4651-4668.

Albayrak, Y., Ünsal, C., Beyazyüz, M., Ünal, A., Kuloğlu, M., 2013. Reduced total antioxidant level and increased oxidative stress in patients with deficit schizophrenia: a preliminary study. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry* 45, 144-149.

Ali, S.K., Hamed, A.R., Soltan, M.M., Hegazy, U.M., Elgorashi, E.E., El-Garf, I.A., Hussein, A.A., 2013. In-vitro evaluation of selected Egyptian traditional herbal medicines for treatment of Alzheimer disease. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 13, 121.

Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E., Gallagher, E., 2010. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food chemistry* 119, 770-778.

Asadi-Samani, M., Bahmani, M., Rafieian-Kopaei, M., 2014. The chemical composition, botanical characteristic and biological activities of *Borago officinalis*: a review. *Asian Pacific journal of tropical medicine* 7, S22-S28.

Asgarpanah, J., Kazemivash, N., 2012. Phytochemistry, pharmacology and medicinal properties of *Coriandrum sativum* L. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* 6, 2340-2345.

Atal, C., 1980. Chemistry and pharmacology of vasicine: A new oxytocic and abortifacient.

## **Références Bibliographiques**

---

Atiyat, A.F., 1995. Plantes médicinales et aromatiques dans le monde arabe, l'agriculture et la fabrication de plantes médicinales dans le monde arabe., Institution arabe pour les études et publication.

Badi, H.N., Sorooshzadeh, A., 2011. Evaluating potential of borage (*Borago officinalis* L.) in bioremediation of saline soil. *African Journal of Biotechnology* 10, 146-153.

Bakhouche, A., Lozano-Sánchez, J., Beltrán-Debón, R., Joven, J., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A., 2013. Phenolic characterization and geographical classification of commercial Arbequina extra-virgin olive oils produced in southern Catalonia. *Food Research International* 50, 401-408.

Bandonien, D., Murkovic, M., 2002. The detection of radical scavenging compounds in crude extract of borage (*Borago officinalis* L.) by using an on-line HPLC-DPPH method. *Journal of biochemical and biophysical methods* 53, 45-49.

Barnes, J., Anderson, L.A., Phillipson, J.D., 2002. Herbal medicines: Joanne Barnes, Linda A. Anderson, J. David Phillipson. a guide for healthcare professionals.

Bhattacharyya, D., Pandit, S., Jana, U., Sen, S., Sur, T.K., 2005. Hepatoprotective activity of *Adhatoda vasica* aqueous leaf extract on D-galactosamine-induced liver damage in rats. *Fitoterapia* 76, 223-225.

Bianco, V., Santamaria, P., Elia, A., 1996. Nutritional value and nitrate content in edible wild species used in southern Italy. III International Symposium Diversification of Vegetable Crops 467, pp. 71-90.

Boerlin, P., White, D.G., 2013. Antimicrobial resistance and its epidemiology. *Antimicrobial therapy in veterinary medicine* 4, 27-43.

Borrego, S., Vazquez, A., Dasí, F., Cerdá, C., Iradi, A., Tormos, C., Sánchez, J.M., Bagán, L., Boix, J., Zaragoza, C., 2013. Oxidative stress and DNA damage in human gastric carcinoma: 8-Oxo-7'8-dihydro-2'-deoxyguanosine (8-oxo-dG) as a possible tumor marker. *International Journal of Molecular Sciences* 14, 3467-3486.

Brown, D., 1995. *New Encyclopedia of Herbs and Their Use*. NY: Dorling Kindersley Publishing.

Bruneton, J., 1993. *Pharmacognosie: phytochimie plantes médicinales*.

## **Références Bibliographiques**

---

Burt, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology* 94, 223-253.

Capasso, A., 2013. Antioxidant action and therapeutic efficacy of *Allium sativum* L. *Molecules* 18, 690-700.

Cardenas-Rodriguez, N., Huerta-Gertrudis, B., Rivera-Espinosa, L., Montesinos-Correa, H., Bandala, C., Carmona-Aparicio, L., Coballase-Urrutia, E., 2013. Role of oxidative stress in refractory epilepsy: evidence in patients and experimental models. *International Journal of Molecular Sciences* 14, 1455-1476.

Chabrier, J.-Y., 2010. *Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie*. UHP-Université Henri Poincaré.

Chakraborty, A., Brantner, A., 2001. Study of alkaloids from *Adhatoda vasica* Nees on their antiinflammatory activity. *Phytotherapy Research* 15, 532-534.

Chopra, R., Nayar, S., Chopra, I., 1956. *Glossary of Indian Medicinal Plants Part 22*. Council of Scientific and industrial Research, New Delhi, Republic of India.

Colombo, M.L., Assisi, F., Della Puppa, T., Moro, P., Sesana, F.M., Bissoli, M., Borghini, R., Perego, S., Galasso, G., Banfi, E., 2010. Most commonly plant exposures and intoxications from outdoor toxic plants. *Journal of pharmaceutical sciences and research* 2, 417.

Cowan, M.M., 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews* 12, 564-582.

Daglia, M., 2012. Polyphenols as antimicrobial agents. *Current opinion in biotechnology* 23, 174-181.

De Smet, P., 1993. *Borago officinalis*. *Adverse effects of herbal drugs* 2, Springer, pp. 147-152.

Demain, A.L., Sanchez, S., 2009. Microbial drug discovery: 80 years of progress. *The Journal of antibiotics* 62, 5-16.

Devasagayam, T., Tilak, J., Bolor, K., Sane, K.S., Ghaskadbi, S.S., Lele, R., 2004. Free radicals and antioxidants in human health: current status and future prospects. *Japi* 52, 4.

Dey, A.C., 1980. *Indian medicinal plants used in ayurvedic preparations*.

## **Références Bibliographiques**

---

Dhankhar, S., Dhankhar, S., Ruhil, S., Balhara, M., Malik, V., K Chhillar, A., 2014. Isolation and biological evaluation of novel tetracosahexaene hexamethyl, an acyclic triterpenoids derivatives and antioxidant from *Justicia adhatoda*. *Combinatorial chemistry & high throughput screening* 17, 723-732.

Dhuley, J.N., 1999. Antitussive effect of *Adhatoda vasica* extract on mechanical or chemical stimulation-induced coughing in animals. *Journal of ethnopharmacology* 67, 361-365.

Dodson, C.D., Stermitz, F.R., 1986. Pyrrolizidine alkaloids from borage (*Borago officinalis*) seeds and flowers. *Journal of Natural Products* 49, 727-728.

Doughari, J., 2006. Antimicrobial activity of *Tamarindus indica* Linn. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* 5, 597-603.

Dufresne, C., Ouellet, C., Beaugard, G., Rioux, A., 2010. *La bourrache*. Guide de production sous régie biologique, Québec 26.

Duraipandiyar, V., Al-Dhabi, N., Balachandran, C., Ignacimuthu, S., Sankar, C., Balakrishna, K., 2015. Antimicrobial, antioxidant, and cytotoxic properties of vasicine acetate synthesized from vasicine isolated from *Adhatoda vasica* L. *BioMed research international* 2015.

Duran-Bedolla, J., Rodriguez, M.H., Saldana-Navor, V., Rivas-Arancibia, S., Cerbon, M., Rodriguez, M.C., 2013. Oxidative stress: production in several processes and organelles during *Plasmodium* sp development. *Oxidants and Antioxidants in Medical Science* 2, 93-100.

Durkee, L., 1986. *Flora Costaricensis*. Family# 200 Acanthaceae, Field Museum of Natural History.

Dymock, W., 1972. *India pharmacographia of plants*. Hamdard National Foundation Pak 3, 343-344.

Eskin, N.M., 2008. Borage and evening primrose oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* 110, 651-654.

Evans, W.C., 2009. *Trease and evans' pharmacognosy* E-book, Elsevier Health Sciences.

Fajardo, A., Linares, J.F., Martínez, J.L., 2009. Towards an ecological approach to antibiotics and antibiotic resistance genes. *Clinical microbiology and infection* 15, 14-16.

## **Références Bibliographiques**

---

- Farhadi, R., Balashahri, M.S., Tilebeni, H.G., Sadeghi, M., 2012. Pharmacology of Borage (*Borago officinalis* L.) medicinal plant. *International journal of Agronomy and Plant Production* 3, 73-77.
- Farnsworth, N., Fong, H., Diczfalusy, E., 1983. New fertility regulating agents of plant origin.
- Faure, S., 2009. Transfert d'un gène de résistance aux beta-lactamines blaCTX-M-9 entre *Salmonella* et les entérobactéries de la flore intestinale humaine: influence d'un traitement antibiotique.
- Gacche, R., Dhole, N., 2011. Aldose reductase inhibitory, anti-cataract and antioxidant potential of selected medicinal plants from the Marathwada region, India. *Natural product research* 25, 760-763.
- Garcia-Iñiguez-de-Ciriano, M., Garcia-Herreros, C., Larequi, E., Valencia, I., Ansorena-Artieda, D., Astiasarán, I., 2009. Use of natural antioxidants from lyophilized water extracts of *Borago officinalis* in dry fermented sausages enriched in  $\omega$ -3 PUFA.
- Gebreyohannes, G., Moges, F., Sahile, S., Raja, N., 2013. Isolation and characterization of potential antibiotic producing actinomycetes from water and sediments of Lake Tana, Ethiopia. *Asian pacific journal of Tropical biomedicine* 3, 426-435.
- Ghassemi-Golezani, K., Dastborhan, S., Zehtab-Salmasi, S., 2013. Seed priming and field performance of borage (*Borago officinalis* L.) under different irrigation treatments. *Int J Agron Plant Prod* 4, 82-87.
- Ghédira, K., Goetz, P., 2015. *Justicia adhatoda* L.(Acanthacées). *Phytothérapie* 13, 410-414.
- Gilani, A.H., Bashir, S., Khan, A.-u., 2007. Pharmacological basis for the use of *Borago officinalis* in gastrointestinal, respiratory and cardiovascular disorders. *Journal of ethnopharmacology* 114, 393-399.
- Grassi, D., Desideri, G., Ferri, L., Aggio, A., Tiberti, S., Ferri, C., 2010. Oxidative stress and endothelial dysfunction: say NO to cigarette smoking! *Current pharmaceutical design* 16, 2539-2550.
- Griffiths, G., Brechany, E.Y., Jackson, F.M., Christie, W.W., Stymne, S., Stobart, A.K., 1996. Distribution and biosynthesis of stearidonic acid in leaves of *Borago officinalis*. *Phytochemistry* 43, 381-386.

## **Références Bibliographiques**

---

- Grünwald, J., Jänicke, C., 2006. Guide de la phytothérapie, Marabout.
- Gulfraz, M., Ahmad, A., Asad, M.J., Afzal, U., Imran, M., Anwar, P., Zeenat, A., Abbasi, K.S., Maqsood, S., Qureshi, R.U., 2011. Antidiabetic activities of leaves and root extracts of *Justicia adhatoda* Linn against alloxan induced diabetes in rats. *African Journal of Biotechnology* 10, 6101-6106.
- Gulfraz, M., Arshad, M., Nayyer, N., Kanwal, N., Nisar, U., 2004. Investigation for Bioactive Compounds of *Berberis Lyceum* Royle and *Justicia Adhatoda* L. *Ethnobotanical leaflets* 2004, 5.
- Gupta, O., Wakhloo, R., Sharma, M., Atal, C., 1979. Vasicine—a potent uterine stimulant. *Studies on human myometrium. J Obstet Gynaecol India* 29, 935-938.
- Hegnauer, R., 1958. Over de verspreiding van blauwzuur bij vaatplanten. *Pharm. Weekblad* 93, 801-819.
- Hopkins, W., 2003. *Physiologie végétale*. 2<sup>ème</sup> édition. De Boeck, Bruscelles, 61-476.
- Iserin, P., Masson, M., Restellini, J., Ybert, E., De Laage de Meux, A., Moulard, F., Zha, E., De la Roque, R., De la Roque, O., Vican, P., 2001. *Larousse des plantes médicinales* identification, préparation, soins. Editions Larousse, Paris, 15.
- Ivanov, A.V., Bartosch, B., Smirnova, O.A., Isaguliants, M.G., Kochetkov, S.N., 2013. HCV and oxidative stress in the liver. *Viruses* 5, 439-469.
- Jabeen, S., Shah, M.T., Khan, S., Hayat, M.Q., 2010. Determination of major and trace elements in ten important folk therapeutic plants of Haripur basin, Pakistan. *Journal of Medicinal Plants Research* 4, 559-566.
- Jacobsson, I., Jönsson, A.K., Gerdén, B., Hägg, S., 2009. Spontaneously reported adverse reactions in association with complementary and alternative medicine substances in Sweden. *Pharmacoepidemiology and drug safety* 18, 1039-1047.
- Jaffel, K., Sai, S., Bouraoui, N., Ammar, R., Legendre, L., Lachâal, M., Marzouk, B., 2011. Influence of salt stress on growth, lipid peroxidation and antioxidative enzyme activity in borage (*Borago officinalis* L.). *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* 145, 362-369.

## **Références Bibliographiques**

---

Jäger, A.K., Gauguin, B., Andersen, J., Adersen, A., Gudiksen, L., 2013. Screening of plants used in Danish folk medicine to treat depression and anxiety for affinity to the serotonin transporter and inhibition of MAO-A. *Journal of ethnopharmacology* 145, 822-825.

Karthikeyan, A., Shanthi, V., Nagasathaya, A., 2009. Preliminary phytochemical and antibacterial screening of crude extract of the leaf of *Adhatoda vasica*. L. *International Journal of Green Pharmacy (IJGP)* 3.

Khalekuzzaman, M., Rahman, M., Rashid, M., Hossain, M., 2008. High frequency in vitro propagation of *Adhatoda vasica* Nees through shoot tip and nodal explants culture. *Journal of Bio-Science* 16, 35-39.

Lahiri, P., Pradhan, S., 1964. PHARMACOLOGICAL INVESTIGATION OF VASICINOL-ALKALOID FROM *ADHATODA VASICA* NEES. *Indian Journal of Experimental Biology* 2, 219-&.

Larrey, D., 1997. Hepatotoxicity of herbal remedies. *Journal of Hepatology* 26, 47-51.

Larson, K.M., Roby, M.R., Stermitz, F.R., 1984. Unsaturated pyrrolizidines from borage (*Borago officinalis*), a common garden herb. *Journal of Natural Products* 47, 747-748.

Leopoldini, M., Russo, N., Toscano, M., 2011. The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. *Food chemistry* 125, 288-306.

Leung, A.Y., 1980. *Encyclopedia of common natural ingredients used in food, drugs, and cosmetics*, Wiley.

Lewis, K., Ausubel, F.M., 2006. Prospects for plant-derived antibacterials. *Nature biotechnology* 24, 1504-1507.

Liochev, S.I., 2013. Reactive oxygen species and the free radical theory of aging. *Free Radical Biology and Medicine* 60, 1-4.

Lüthy, J., Brauchli, J., Zweifel, U., Schmid, P., Schlatter, C., 1984. Pyrrolizidine alkaloids in medicinal plants of Boraginaceae: *Borago officinalis* L. and *Pulmonaria officinalis* L. *Pharmaceutica acta Helvetiae* 59, 242.

Mabberley, D.J., 1997. *The plant-book: a portable dictionary of the vascular plants*, Cambridge university press.

## **Références Bibliographiques**

---

- Maldonado-Menetti, J.d.S., Vitor, T., Edelmuth, R.C.L., Ferrante, F.A., Souza, P.R.d.M., Koike, M.K., 2016. Borage oil attenuates progression of cardiac remodeling in rats after myocardial infarction. *Acta Cirurgica Brasileira* 31, 190-197.
- Martens, S., Forkmann, G., 1998. Flavonoid biosynthesis in gerbera hybrids: genetics and enzymology of flavones. XXV International Horticultural Congress, Part 11: Application of Biotechnology and Molecular Biology and Breeding-Gene 521, pp. 67-72.
- Meda, N., Bangou, M., Bakasso, S., Millogo-Rasolodimby, J., Nacoulma, O., 2013. Antioxidant activity of phenolic and flavonoid fractions of *Cleome gynandra* and *Maerua angolensis* of Burkina Faso. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 3, 36.
- Medrano, A., Masoud, T., Martinez, M., 1992. Mineral and proximate composition of borage. *Journal of Food Composition and Analysis* 5, 313-318.
- Mhamdi, B., Wannes, W.A., Bourgou, S., Marzouk, B., 2009. Biochemical characterization of borage (*Borago officinalis* L.) seeds. *Journal of food biochemistry* 33, 331-341.
- Mhamdi, B., Wannes, W.A., Sriti, J., Jellali, I., Ksouri, R., Marzouk, B., 2010. Effect of harvesting time on phenolic compounds and antiradical scavenging activity of *Borago officinalis* seed extracts. *Industrial Crops and Products* 31, e1-e4.
- Moelants, E.A., Mortier, A., Van Damme, J., Proost, P., 2013. Regulation of TNF- $\alpha$  with a focus on rheumatoid arthritis. *Immunology and cell biology* 91, 393-401.
- Mueller, A., Antus, S., Bittinger, M., Dorsch, W., Kaas, A., Kreher, B., Neszmelyi, A., Stuppner, H., Wagner, H., 1993. Chemistry and Pharmacology of the Antiasthmatic Plants *Galphimia glauca*, *Adhatoda vasica*, and *Picrorhiza kurrooa*. *Planta Medica* 59, A586-A587.
- Newman, S.E., O'Conner, A.S., 2009. Edible flowers. *Gardening series. Flowers*; no. 7.237.
- Nogaret, A.-S., 2011. *La phytothérapie: se soigner par les plantes*, Editions Eyrolles.
- Nweze, E.I., Eze, E.E., 2009. Justification for the use of *Ocimum gratissimum* L in herbal medicine and its interaction with disc antibiotics. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 9, 37.
- P Singh, T., M Singh, O., B Singh, H., 2011. *Adhatoda vasica* Nees: phytochemical and pharmacological profile. *The Natural Products Journal* 1, 29-39.

## **Références Bibliographiques**

---

- Patzer, J.A., Dzierzanowska, D., Turner, P.J., 2008. Trends in antimicrobial susceptibility of Gram-negative isolates from a paediatric intensive care unit in Warsaw: results from the MYSTIC programme (1997–2007). *Journal of antimicrobial chemotherapy* 62, 369-375.
- Peiretti, P., Palmegiano, G., Salamano, G., 2004. QUALITY AND FATTY ACID CONTENT OF BORAGE (*BORAGO OFFICINALIS* L.) DURING THE GROWTH CYCLE. *Italian journal of food science* 16.
- Pelt, J., 1980. Les plantes médicinales dans les perspectives de l'écologie.
- Penna, C., Mancardi, D., Rastaldo, R., Pagliaro, P., 2009. Cardioprotection: a radical view: free radicals in pre and postconditioning. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics* 1787, 781-793.
- Pullman-Moore, S., Laposata, M., Lem, D., Holman, R.T., Leventhal, L.J., Demarco, D., Zurier, R.B., 1990. Alteration of the cellular fatty acid profile and the production of eicosanoids in human monocytes by gamma-linolenic acid. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology* 33, 1526-1533.
- Rahim, A., Ahmad, K., Ullah, F., Ullah, H., Nishan, U., 2015. In vitro antibacterial activity of selected medicinal plants from lower Himalayas. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences* 28.
- Río-Celestino, M.d., Font, R., de Haro-Bailón, A., 2008. Distribution of fatty acids in edible organs and seed fractions of borage (*Borago officinalis* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88, 248-255.
- Rios, J., Recio, M., 2005. Medicinal plants and antimicrobial activity. *Journal of ethnopharmacology* 100, 80-84.
- Rochette, L., Lorin, J., Zeller, M., Guillard, J.-C., Lorgis, L., Cottin, Y., Vergely, C., 2013. Nitric oxide synthase inhibition and oxidative stress in cardiovascular diseases: possible therapeutic targets? *Pharmacology & therapeutics* 140, 239-257.
- Sánchez-Escalante, A., Djenane, D., Torrescano, G., Beltrán, J., Roncales, P., 2003. Antioxidant action of borage, rosemary, oregano, and ascorbic acid in beef patties packaged in modified atmosphere. *Journal of Food Science* 68, 339-344.
- Sarni-Manchado, P., Cheynier, V., 2006. Polyphenols in food products. *Polyphenols in food products*.

## **Références Bibliographiques**

---

Savini, I., Catani, M.V., Evangelista, D., Gasperi, V., Avigliano, L., 2013. Obesity-associated oxidative stress: strategies finalized to improve redox state. *International Journal of Molecular Sciences* 14, 10497-10538.

Scott, I., 1998. Heroin: A Hundred-Year Habit. *History Today* 48.

Shacter, E., 2000. Quantification and significance of protein oxidation in biological samples. *Drug metabolism reviews* 32, 307-326.

Shahwar, D., Raza, M.A., Tariq, S., Riasat, M., Ajaib, M., 2012. Enzyme inhibition, antioxidant and antibacterial potential of vasicine isolated from *Adhatoda vasica* Nees. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences* 25.

Shewale, S.V., Boudyguina, E., Zhu, X., Shen, L., Hutchins, P.M., Barkley, R.M., Murphy, R.C., Parks, J.S., 2015. Botanical oils enriched in n-6 and n-3 FADS2 products are equally effective in preventing atherosclerosis and fatty liver. *Journal of lipid research* 56, 1191-1205.

Suganda, A., Amoros, M., Girre, L., Fauconnier, B., 1983. Effets Inhibiteurs de Quelques Extraites Bruts et Semi Purifiés de Plantes Indigènes Françaises sur la Multiplication de l'Herpesvirus Humain 1 et du Poliovirus Humain 2 en Culture Cellulaire. *Journal of Natural Products* 46, 626-632.

Svinningen, A., Rashani, K., Jegathambigai, V., Karunaratne, M., Mikunthan, G., 2010. Efficacy of *Curcuma aeruginosa* rhizome and *Adhatoda vasica* plant extracts, on red spider mite, *Tetranychus urticae* in *Livistona rotundifolia*. *Communications in agricultural and applied biological sciences* 75, 391-397.

Tegos, G., Stermitz, F.R., Lomovskaya, O., Lewis, K., 2002. Multidrug pump inhibitors uncover remarkable activity of plant antimicrobials. *Antimicrobial agents and chemotherapy* 46, 3133-3141.

Thérond, P., Denis, B., 2005. Cibles lipidiques des radicaux libres dérivés de l'oxygène et de l'azote: effets biologiques des produits d'oxydation du cholestérol et des phospholipides. *Radicaux libres et stress oxydant*. Paris, Lavoisier: p, 113-146.

Tyler, V.E., 1987. *New honest herbal*, GF Stickley Co.

Tyystjärvi, P.S.E., 1993. Stearidonic and  $\gamma$ -linolenic acid contents of common borage leaves. *Phytochemistry* 33, 1029-1032.

## **Références Bibliographiques**

---

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

Velasco, L., Goffman, F.D., 1999. Chemotaxonomic significance of fatty acids and tocopherols in Boraginaceae. *Phytochemistry* 52, 423-426.

Verdrager, J., 1978. *Medicine we obtain from plants*, Maloine.

Wagner, H., 1989. Search for new plant constituents with potential antiphlogistic and antiallergic activity. *Planta Medica* 55, 235-241.

Wasshausen, D.C., Wood, J.R.I., 2004. Acanthaceae of Bolivia. *Contributions from the United States National Herbarium* 49.

Wettasinghe, M., Shahidi, F., 1999. Antioxidant and free radical-scavenging properties of ethanolic extracts of defatted borage (*Borago officinalis* L.) seeds. *Food chemistry* 67, 399-414.

Wettasinghe, M., Shahidi, F., 2002. Iron (II) chelation activity of extracts of borage and evening primrose meals. *Food Research International* 35, 65-71.

Wettasinghe, M., Shahidi, F., Amarowicz, R., Abou-Zaid, M.M., 2001. Phenolic acids in defatted seeds of borage (*Borago officinalis* L.). *Food chemistry* 75, 49-56.

WHO, 1990. *The use of traditional medicine in primary health care*, WHO Regional Office for South-East Asia.

Wichtl, M., Anton, R., Bernard, M., Czygan, F.-C., 2003. *Plantes thérapeutiques: tradition, pratique officinale, science et thérapeutique*, Tec & Doc; Ed. médicales internationales.

Yano, Y., Satomi, M., Oikawa, H., 2006. Antimicrobial effect of spices and herbs on *Vibrio parahaemolyticus*. *International journal of food microbiology* 111, 6-11.

Yazdani, D., Shahnazi, S., Seifi, H., 2004. *Cultivation of medicinal plants: Applied guide for cultivation of 40 important medicinal plants in Iran*. ACECR, Institute of Medicinal Plants 169.

Zainab, K., Rehman, S., Latif, T., Jahan, N., 2008. Hypoglycemic activity of Barg-e-Arusa and Tukhm-e-Kalonji on alloxan-induced diabetes mellitus. *Hamdard Medicus* 51, 77-81.

Zargari, A., 1997. *Medicinal plants, part B*. Tehran University Press, Tehran.

## **Références Bibliographiques**

---

Zargooshnia, S., Shahidi, S., Ghahremanitamadon, F., Nikkhah, A., Mehdizadeh, M., Asl, S.S., 2015. The protective effect of *Borago Officinalis* extract on amyloid  $\beta$  (25–35)-induced long term potentiation disruption in the dentate gyrus of male rats. *Metabolic brain disease* 30, 151-156.

Zemmouri, H., Ammar, S., Boumendjel, A., Messarah, M., El Feki, A., Bouaziz, M., 2019. Chemical composition and antioxidant activity of *Borago officinalis* L. leaf extract growing in Algeria. *Arabian Journal of Chemistry* 12, 1954-1963.

Zhao, X., Wang, S., Wu, Y., You, H., Lv, L., 2013. Acute ZnO nanoparticles exposure induces developmental toxicity, oxidative stress and DNA damage in embryo-larval zebrafish. *Aquatic toxicology* 136, 49-59.