

République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة الجيلالي بونعامة خميس مليانة  
Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département des Sciences de la Matière



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention d'un diplôme de *Master en Chimie*

*Spécialité: Chimie Pharmaceutique*

*Thème :*

***Extraction et caractérisation d'un colorant naturel à partir du Pélargonium graveolens et étude de ses propriétés antimicrobiennes et antioxydantes.***

Devant le jury composé de :

- |                |              |
|----------------|--------------|
| - K. HACHAMA   | Encadrant    |
| - A. HARZALLAH | Co-Encadrant |
| - R. MOUMEN    | Examineur    |
| - M. HAMMOUDI  | Examineur    |

Présenté par :

- M<sup>elle</sup> YOUFIANE Nour- El- Houda
- M<sup>elle</sup> BENACHOUR Razika

**Année universitaire : 2019/ 2020**



## Dédicaces

*Mon cher père. Rien au monde ne vaut les efforts que tu as fournis jour et nuit pour mon éducation, ma formation et mon bien être. Ce travail est le fruit des sacrifices que tu as consentis à faire.*

*Ma très chère mère. Tu as fait plus qu'une mère peut faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leurs vies et leurs études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de faire depuis ma naissance, durant mon enfance et jusqu'à maintenant.*

*Ce travail est le témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, vous protéger et vous accorder santé, bonheur et longue vie.*

*Mes très chers frères Kheireddine et Nadir. Je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.*

*A mon adorable petite sœur Ihçene, qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille*

*A Anissa, Houda, Wassila, Sara, Keltoum, ... Et Ghania qui ma beaucoup aidée, merci pour leurs encouragements et leur soutien moral.*

*A toute ma famille, mes amis, et mes collègues a mon binôme Razika et sa famille. Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

*A Monsieur HACFAMA Kamel Notre encadrant, Merci pour sa présence et son soutien, ses encouragements et ses précieux conseils.*

*A Ma chère M<sup>ELLE</sup> Harzallah Amel, merci pour votre patience et votre générosité avec nous Merci pour vos efforts, vos conseils et votre soutien pour nous. Vous serez toujours un symbole dont nous sommes fiers.*

*Merci à tous mes professeurs rencontrés au cours de mon parcours scolaire.*

**Nour - El - Houda**

*\*Dédicaces\**

*C'est avec une profonde gratitude et de sincères mots, que je dédie ce modeste travail de fin d'études à ma maman chérie Mimouna, et mon cher papa Mohammed. Nulle dédicace ne peut exprimer mes sincères sentiments envers mes chères parents que j'aime de tout mon cœur, qui font tous les jours preuve d'une patience illimitée, une aide précieuse et un encouragement continu.*

*Je les remercie également pour avoir sacrifié leur vie pour voir leurs enfants réussir, j'espère qu'un jour je pourrais leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour nous. Que Dieu leur prête santé et longue vie.*

*A mes chères sœurs que j'adore: Djahida, Bahia et Keltoum pour leur grand soutien et leur aide précieuse, qu'elles trouvent ici l'expression de ma haute gratitude.*

*A mes chers frères que j'aime profondément : Rabah, Sid Ali, & Hamza, pour leur soutien moral.*

*Sans oublier mes petits anges Nour-El-Dine, Abd-Ellah et Sid Ali, ainsi qu'à mes petites princesses Nourssine, Meriem, Malek & ma Poussin Darine, pour leur présence à mes côtés. Ma source de bonheur.*

*Merci à tous d'être là pour moi. Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite, et de sérénité.*

*Une dédicace spéciale pour mes chères copines Fatima et Wassila, a toutes mes amis sans exception, et mes collègues de la promotion de Master II Chimie Pharmaceutique. En témoignage de l'amitié qui nous uni, des souvenirs, et de tous les moments que nous avons passés ensemble.*

*A mon binôme Nour El Houda qui j'ai passé de bons moments avec elle et toute sa famille.*

*Sans oublié toutes les personnes que je porte dans mon cœur.*

*Je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

*Razika*

# Remerciements

*Tout d'abord, louange à « Allah » qui nous a guidés sur le droit chemin tout au long du travail et nous a inspirés les bons pas et les justes reflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pas abouti.*

*Nous aimerions exprimer par ces quelques lignes de remerciements, nos gratitude envers tous ceux, qui par leur présence, leur soutien, leur disponibilité et leurs conseils, m'ont permis de réaliser ce travail.*

*Nous commençons par remercier chaleureusement notre promoteur monsieur K.HACHAMA (Docteur, Enseignant et chercheur) pour sa présence constante, sa gentillesse, sa patience, ses conseils et ses notes fructueuses. Tout notre respect et notre gratitude, merci.*

*Nous tenons également à remercier notre co-promotrice, Mlle A.HARZALLAH, Nous la remercions profondément pour ses encouragements continus et pour sa présence constante pour nous écouter, nous aider et nous guider dans la recherche du bon chemin grâce à sa sagesse et ses précieux conseils. Nous la remercions également pour son soutien moral et sa grande compréhension qui nous ont donné la force et le courage d'aller de l'avant avec ce projet.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury monsieur M.HAMMOUDI et monsieur R.MOMEN qui ont acceptés d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Nous ne pouvons pas achever ce mémoire sans exprimer notre gratitude à tous les professeurs des Sciences et de la Technologie pour leur dévouement et leur assistance tout au long notre carrière universitaire.*

*Enfin à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de modeste travail.*

*Un grand merci à tous*

## ملخص:

تم استخدام *Pélarгонium graveolens* في الطب التقليدي للتخفيف من البواسير والدوسنتاريا والالتهابات والسرطان، وكذلك في صناعات العطور ومستحضرات التجميل والعلاج بالروائح في جميع أنحاء العالم. لقد ثبت مؤخرًا أن *p. graveolens* له تأثيرات مضادة للأكسدة ومضادة للجراثيم ومضادة للفطريات ومبيدات للقراد. ترتبط الجوانب العلاجية القيمة لـ *P. graveolens* بشكل أساسي بوجود مكونات متطايرة، مثل *terpenoids* و *flavonoïdes*. نظرًا لتوزيعه الواسع وسهولة قطف هذا النبات، فضلاً عن أنشطته البيولوجية الرائعة ومحتواه العالي من الزيوت العطرية، فقد أصبح هذا النبات نباتًا طبيًا في الصيدليات، وخاصة في العلاج بالروائح. الهدف من هذا العمل هو تقديم تحليل للعمل العلمي على الخواص الكيميائية النباتية والدوائية والطبية لـ *P. graveolens* في خطوة أولى، وتطوير المستخلصات النباتية كصبغات طبيعية في خطوة أخرى.

**الكلمات المفتاحية:** *Pélarгонium graveolens*، تلوين طبيعي، بوليفينول، نشاط مضاد للمكروبات،

## Résumé :

*Pélarгонium graveolens* a été utilisé en médecine traditionnelle pour soulager les hémorroïdes, la dysenterie, l'inflammation et le cancer, ainsi que dans les industries de la parfumerie, des cosmétiques et de l'aromathérapie dans le monde entier. Il a récemment été démontré que *P. graveolens* a des activités antioxydantes, antibactériennes, antifongiques et des effets acaricides. Les précieux aspects thérapeutiques de *P. graveolens* sont principalement liés à l'existence de constituants volatils, terpénoïdes et flavonoïdes. En raison de sa grande diffusion et de la facilité de cueillette de cette plante, ainsi que de ses activités biologiques remarquables et de sa teneur élevée en huile essentielle, cette plante est devenue une plante médicinale en pharmacie, notamment en aromathérapie. Le présent travail a pour but de présenter une analyse des travaux scientifiques sur les propriétés phytochimiques, pharmacologiques et les utilisations médicinales de *P. graveolens* dans une première étape, et de valoriser des extraits de plante comme colorants naturelle dans une autre étape.

**Mots clés:** *Pélarгонium graveolens*, Colorant naturel, Polyphénols, Activité antimicrobienne.

**Abstract :**

*Pelargonium graveolens* has been used in traditional medicine to relieve hemorrhoids, dysentery, inflammation, and cancer, as well as in the perfume, cosmetic, and aromatherapy industries around the world. It has recently been shown that *P. graveolens* has antioxidant, antibacterial, antifungal and acaricidal effects. The valuable therapeutic aspects of *P. graveolens* are mainly linked to the existence of volatile constituents, terpenoids and flavonoids. Due to its wide distribution and the ease of picking of this plant, as well as its remarkable biological activities and its high essential oil content, this plant has become a medicinal plant in pharmacies, especially in aromatherapy. The aim of this work is to present an analysis of scientific work on the photochemical, pharmacological and medicinal properties of *P. graveolens* in a first step, and to develop plant extracts as natural dyes in another step.

**Key Word:** *Pelargonium graveolens*, Natural colorant, Polyphénols, Antimicrobial Activity.

## Table de Matière

Introduction général.....	01
---------------------------	----

### **CHAPITRE I: Description et étude phytochimiques de la plante pélargonium *gravelons***

I.1. Introduction.....	02
I.2. Concepts de Phytochimie .....	02
I.2.1. Les plantes médicinales .....	02
I.2.2. La Phytochimie .....	03
I.2.3. Les huiles essentielles .....	03
I.2.3.1. Classification des huiles essentielles .....	03
I.2.3.2 Caractéristiques physiques des huiles volatiles .....	04
I.2.4. Les polyphénols.....	04
I.2.4.1. Généralités sur les polyphénols.....	05
I.2.4.2. Classification des polyphénols selon leur structure chimique .....	05
I.2.4.2.1. Les chalcones .....	05
I.2.4.2.2. Les xanthones .....	06
I.2.4.2.3. Les flavonoïdes .....	07
I.2.4.3. Identification des polyphénols.....	08
I.2.4.4. Propriétés thérapeutiques des polyphénols.....	09
I.2.4.5. Conclusion.....	10
I.3. Etude ethnobotanique du Pélargonium.....	10
I.3.1. Description botanique du Pélargonium.....	10
I.3.2. La carte botanique.....	11

I.3.3. Monographie de la plante .....	11
I.3.4. Caractéristiques physiques .....	11
I.3.5. Usage traditionnel .....	12
I.3.6. Propriétés phytochimiques.....	12
I.3.7. Les huiles essentielles de pélargonium <i>gravelons</i> .....	13
I.3.8 les propriétés antioxydantes et antimicrobiennes de Pélargonium <i>graveolens</i> .....	14
I.3.8.1. L'Activité antioxydante.....	14
I.3.8.1.1. L'évaluation de l'activité antioxydante.....	14
- <i>Principe</i> .....	14
I.3.8.1.2 L'activité antioxydant des huiles essentielles de Pélargonium <i>graveolens</i> .....	15
I.3.8.2. Activité antimicrobienne .....	15
I.3.8.2.1. Les solvants utilisés pour extraire l'actif antimicrobien.....	15
I.3.8.2.2. Les souches antimicrobienne.....	15
I.3.8.2.2.1. Souches bactériennes .....	15
I.3.8.2.2.2. Souches fongiques .....	15
I.3.8.2.3. Activité antimicrobienne de l'huile essentielle de Pélargonium <i>graveolens</i> .....	16
I.3.8.3. Comparaison entre les activités biologiques de pélargonium <i>graveolens</i> .....	16
I.3.9.Toxicité .....	16
I.3.10. Autre intérêts.....	16

## **CHAPITRE II: Les colorants naturels**

II.1. Introduction.....	17
II.2. Généralité sur les colorants naturels .....	17
II.3. Caractéristiques physico-chimiques des colorants naturels.....	18
II.4. Classification des colorants naturels.....	18
II.4.1. Classification basée sur la structure chimique.....	19
II.4.1.1. Les colorants indigoïdes .....	19



II.4.1.2. Les colorants quinonoïdes .....	20
II.4.1.3. Les colorants caroténoïdes.....	21
II.4.1.4. Les colorants flavonoïdes .....	22
II.4.1.5. Les colorants tannins.....	24
II.4.1.6. Les colorants azotés.....	24
II.4.1.7. La chlorophylle (pigments verts) .....	25
II.4.2. Classification basée sur l'application de la teinture.....	26
II.4.2.1. Les colorants directs .....	26
II.4.2.2. Les colorants mordants.....	27
II.4.2.3. Les colorants faiblement solubles dans l'eau .....	27
a) Colorants de cuve .....	27
b) Colorants dispersés .....	28
II.5. Application des colorants naturels.....	28
II.5.1. Application de colorants naturels sur les textiles.....	28
II.5.2. Application des colorants naturels dans les aliments .....	30
II.5.3. Application des colorants naturels dans le domaine électrochimique .....	30
II.5.4. Applications dans le domaine pharmaceutique.....	31
II.5.5. Autres applications des colorants naturels .....	31
II.6. Teinture avec des colorants naturels.....	32
II.6.1. Teinture du coton.....	32
II.6.2. Teinture de laine et soie.....	33
II.6.3. Teinture de Nylon.....	33
II.6.4. Teinture de Polyester.....	34

II.7. Solidité des colorants naturels.....	35
II.8. Les avantages d'utilisations des colorants naturels.....	35
II.9. Les limitations de l'utilisation des colorants naturels .....	36
II.10. Discussions entre les colorants synthétiques et naturels.....	37
II.11. Conclusion .....	37

### **CHAPITRE III : Les techniques d'extraction des colorants naturels**

III.1. Extraction .....	38
III.1.1. Préparation du matériel végétal .....	38
III.1.2. Echantillonnage .....	38
III.1.3. Réactifs .....	39
III.1.4. Procédure d'extraction .....	39
III.1.5. Les techniques utilisées.....	40
III.1.5.1. Les techniques d'extraction non-conventionnelle .....	40
III.1.5.2.1. Les techniques d'extraction conventionnelle utilisée pour les colorants .....	40
III.1.5.2.1.1. Fermentation .....	40
III.1.5.2.1.2. Extraction aqueuse .....	41
III.1.5.2.1.3. Processus d'extraction d'acide et d'alcalin .....	41
III.1.5.2.1.4. Extraction par solvant .....	42
III.1.5.2.2. Extraction des polyphénols .....	42
III.1.5.2.2.1. Macération .....	43
- <i>Principe</i> .....	43
III.1.5.2.2.2. L'extraction par Soxhlet .....	43
a) Principe : (lixiviation, rinçage, l'évaporation) .....	44
b) Matériel et méthode .....	45

c) Résultats .....	45
III.1.5.2.3. Extraction des huiles essentielles de <i>P. graveolens</i> par Hydrodistillation.....	45
III.2. Purification .....	46
III.2.1. Les méthodes chromatographiques.....	47
III.2.2. Les deux grandes catégories .....	47
III.2.2.1. Chromatographie planaire.....	47
III.2.2.2. Chromatographie sur colonne.....	48
III.2.3. Appareillage.....	50
III.2.3.1. Analyse chromatographique.....	50
III.2.3.2. Analyse spectrale .....	50
III.3. Conclusion .....	50
<i>Conclusion générale</i> .....	52

### ***Références bibliographiques***

Liste des tableaux

Liste des figures

Listes des symboles et Abréviations

# *Introduction Générale*

## INTRODUCTION

---

De nos jours, on a assisté à un regain d'intérêt des consommateurs pour les produits naturels. C'est pour cela que les industriels développent de plus en plus des procédés mettant en œuvre des extraits et des principes actifs d'origine végétale. Parmi ces nouveaux composés potentiellement intéressants, les colorants, tels que les polyphénols, ont été particulièrement étudiés en raison de leur utilisation dans les domaines pharmaceutiques, cosmétiques et alimentaires pour leurs effets bénéfiques pour la santé (Alois G.Puntener 2000).

Les colorants naturels sont des substances très répandues dans tout le règne végétal où ils interviennent comme un filtre UV et comme agent de protection contre des organismes pathogènes. Ils sont apportés au niveau de l'organisme grâce à la consommation des fruits, des légumes, des céréales et de boissons (Alois G.Puntener 2000) .

Dans le premier chapitre, un petit aperçu sur la phytothérapie et l'intérêt croissant de l'utilisation des plantes médicinales, puis on a présenté ethno botaniquement notre plante.

De brèves informations sur les colorants naturels, leurs sources, leurs classifications ainsi leurs procédures d'application et les divers avantages et inconvénients ont été discutées dans une deuxième partie.

Le troisième chapitre vise à bibliographier les travaux antérieurs qui concerne notre espèce.

Notre travail ouvert un nouveau axe de recherche longuement négligé, on encourage continuer cette recherche.

***Chapitre I:***  
***Description et étude***  
***phytochimiques de la plante***  
***Pélargonium graveolons***

### I.1. Introduction :

Les gens du monde entier utilisent des plantes médicinales pour leurs maladies / affections chroniques et aiguës sans savoir qu'il existe de nombreux problèmes potentiels liés aux plantes médicinales qui pourraient affecter leur qualité de vie (Charles 2017). Ce chapitre vise à discuter les plantes médicinales en général et l'avantage de leur utilisation, puis plus spécifiquement on s'intéressait à notre plante (Pélargonium Graveolens) en présentant certains métabolites disponibles dans cette espèce, les huiles essentielles par exemple.

De grands efforts de la part des autorités pharmaceutiques du monde entier, des professionnels de la santé, des universités et des chercheurs sont très importants et fortement recommandés pour réglementer et garantir l'innocuité et l'efficacité des plantes médicinales.

### I.2. Concepts de Phytochimie :

L'utilisation intensive de plantes comme médicaments a montré que les plantes médicinales ne sont pas aussi sûres qu'on le prétend fréquemment. Par conséquent, il peut être nocif de prendre des médicaments à base de plantes sans être conscient de leurs effets indésirables potentiels. Un système de surveillance complet pour surveiller les effets indésirables des médicaments à base de plantes est désormais indispensable (Raffael Capasso 2000). La connaissance de la corrélation existant entre les composés marqueurs et les autres ingrédients présents dans les plantes est également une condition nécessaire pour garantir l'efficacité et la qualité des plantes médicinales (Raffael Capasso 2000).

#### I.2.1. Les plantes médicinales :

Les plantes ont fourni des remèdes dans les systèmes médicaux traditionnels pendant des siècles avant l'avènement de la médecine moderne et plus de 60% des personnes dans le monde utilisent encore la médecine traditionnelle. (Nusrat Subhan 2018) Des estimations récentes suggèrent que plusieurs 1000 espèces végétales ont été utilisées comme médicament dans diverses cultures, en sous forme de matières premières végétales ou sous forme raffinée d'extraits bruts (Maher Boukhris 2013). Traditionnellement, Pélargonium a une très longue histoire en raison de leur polyvalence et disponibilité. On utilise divers espèces de pélargonium (par exemple, *P. gravelons*) pour traiter différentes maladies telles que Diarrhée, la toux la bronchite, de la fièvre,....etc (Fulya Tahan 2013).

Une plante médicinale est une plante utilisée pour ses propriétés thérapeutiques. Cela signifie qu'au moins une de ses parties (feuille, tige, racine etc.) peut être employée dans le but de se

soigner. Elles sont utilisées depuis au moins 7.000 ans avant notre ère et sont à la base de la phytothérapie (Guarrera 2005). Leur efficacité relève de leurs composés, très nombreux et très variés en fonction des espèces, qui sont autant de principes actifs différents (Festy 2017).

Donc il s'agit d'une plante dont un des organes, par exemple la feuille ou l'écorce possède des vertus curatives, et parfois toxiques selon son dosage. (Minaksh iRajput 2020).

### **I.2.2. La Phytochimie :**

La Phytochimie et la chimie des substances naturelles, est la science qui étudie la structure, le métabolisme et la fonction ainsi que les méthodes d'analyse, de purification et d'extraction des substances naturelles issues des plantes (Olga Silva 2020).

### **I.2.3. Les huiles essentielles :**

Les huiles essentielles sont des produits naturels, caractérisés par une forte odeur, et sont formées par des plantes aromatiques comme métabolites secondaires. La caractéristique qui différencie ces plantes aromatiques de toutes les autres, malgré le fait qu'elles appartiennent à de nombreuses familles différentes, est proprement la production de composés secondaires chimiquement apparentés, le faible poids moléculaire et la présence de molécules volatiles (Filomena Nazzaro s.d.).

#### **I.2.3.1. Classification des huiles essentielles :**

Les huiles essentielles sont souvent classées en fonction de la disposition naturelle des plantes dans lesquelles elles se trouvent, mais ce système contient les inconvénients de l'assombrissement sont les similitudes dans la composition et les propriétés des différentes huiles.

Ils sont classés en fonction de leurs principaux composants chimiques comme suit (Mukherjee, 2019):

- Huiles volatiles contenant des hydrocarbures.
- Huiles volatiles contenant des alcools.
- Huiles volatiles contenant du cinéole.
- Huiles volatiles contenant des aldéhydes.
- Huiles volatiles contenant des cétones.
- Huiles volatiles contenant des phénols d'éther phénolique.



- Huiles volatiles contenant des esters.

### I.2.3.2 Caractéristiques physiques des huiles volatiles :

C'est un fait bien connu que les huiles volatiles diffèrent généralement les unes des autres en ce qui concerne leurs constitutions chimiques.

Cependant, ils possèdent invariablement un certain nombre de caractéristiques physiques, qui sont énoncées ci-dessous (Mukherjee, 2019).

- a) Odeur: La plupart des huiles volatiles possèdent une odeur très agréable et caractéristique.
- b) Nature: En général, les huiles volatiles sont des liquides mobiles aux températures ordinaires.
- c) Volatilité: Les huiles essentielles sont pour la plupart complètement volatiles.
- d) Couleur: invariablement, la couleur des huiles volatiles fraîchement obtenues est plus ou moins incolore, mais lors d'un stockage prolongé, elles subissent généralement à la fois une oxydation et une résinifications, ce qui les rend de couleur foncée.
- e) Indice de réfraction: L'indice de réfraction des huiles volatiles varie de 1,42 à 1,61. Ils sont principalement caractérisés par indices de réfraction.
- f) Poids spécifique: Le poids spécifique des huiles volatiles varie de 0,8 à 1,17.
- g) Solubilité: La majorité des huiles volatiles ne sont pas miscibles à l'eau, mais sont solubles dans l'alcool absolu et plusieurs autres des solvants organiques, par exemple, l'éther, le chloroforme, le disulfure de carbone, l'acétone, l'hexane et l'acétate d'éthyle.

Les huiles essentielles sont utilisées en cosmétiques mais aussi en phytothérapie. Elles ont un effet antispasmodique, anti-inflammatoire, astringente (Mukherjee, 2019).

### I.2.4. Les polyphénols :

Les phytonutriments sont classés en différentes classes en fonction de leur structure chimique et de leurs attributs fonctionnels. Ceux-ci comprennent généralement les polyphénols, les alcaloïdes, les stéroïdes, les caroténoïdes, les terpénoïdes, etc. (Indra.Bhatt)

Donc les herbes aromatiques et médicinales sont de riches sources de polyphénols comme le romarin (*Rosmarinus officinalis*), l'origan (*Origanum vulgare* sp. *Hirtum*), la sauge (*Salvia officinalis*), la marjolaine (*Majorana syriaca*) et la sarriette d'hiver (*Satureja thymbra*). Et bien connu notre espèce *Pélagonium graveolens* (Antigoni Oreopoulou, 2019)

### **I.2.4.1. Généralités sur les polyphénols:**

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires abondamment trouvés dans légumes et fruits, et qui possèdent plusieurs propriétés pharmacologiques.

Sur la base de la structure chimique, les polyphénols peuvent être divisés en deux grands groupes: les chalcones, les xanthones et les flavonoïdes sont les principaux types de polyphénols chimiquement divers qui existent dans la nature avec un large éventail d'activités biologiques. Plus d'un million de produits ont été découverts à ce jour.

Les composés phénoliques sont l'un des principaux groupes parmi les composés phytochimiques existant dans les plantes médicinales et aromatiques. Ils contribuent aux caractéristiques sensorielles (goût, saveur, couleur, etc.) et fonctionnelles (activité antioxydant, antidiabétique, anticancéreuse, etc.) (Natalia Manousi, 2019).

Les composés phénoliques peuvent généralement être trouvés dans les plantes en tant que métabolites secondaires avec plusieurs propriétés fonctionnelles telles que soutien, attraction des animaux pollinisateurs, ainsi que protection des plantes contre les rayons ultraviolets, les agents pathogènes et les prédateurs (Cheetangdee, 2019)

Les polyphénols sont des composés hydrosolubles qui ont un poids moléculaire compris entre 500 et 4000 Da. Les polyphénols sont classés selon leur source d'origine, biologique, fonction et structure chimique.

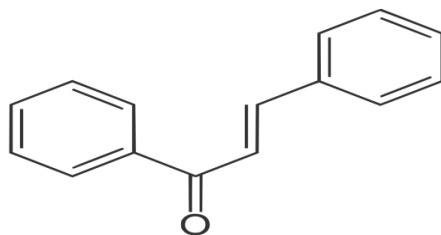
### **I.2.4.2. Classification des polyphénols selon leur structure chimique :**

Selon la structure chimique, on peut classer les polyphénols en trois grandes classes :

#### **I.2.4.2.1. Les chalcones :**

Ils sont largement répandus dans le règne végétal et ont été signalés comme précurseurs de flavonoïdes et d'isoflavonoïdes. Ils possèdent un large éventail de propriétés médicinales qui incluent antidiabétique. Anti-inflammatoire. Anticancéreux. Et les activités immunes modulatrices. Le chalcone squelette (1,3-diphényles-2E-propène-1-one) comprend un échafaudage lideneacetophenone dans lequel un pont carbonyle  $\alpha$ -,  $\beta$ -insaturé joint les deux structures. Dans la nature, les chalcones existent sous un certain nombre de formes conjuguées avec d'autres moitiés. C'est un intermédiaire comportant une structure à chaîne ouverte dans la synthèse des aurones des Flavones. L'intérêt pour les

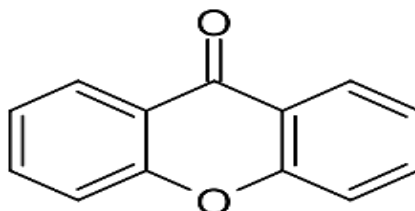
chalcones comme agents antidiabétiques a permis d'identifier divers inhibiteurs prometteurs de l' $\alpha$ -glucosidase (Bhute, 2012).



**Figure. I.1 :** Structure chimique des chalcones.

### I.2.4.2.2. Les xanthones :

Les xanthones (9H-xanthine-9-ones) sont des métabolites trouvés dans certaines bactéries, champignons et lichens, et dans des familles de plantes médicinales. Le squelette du xanthone porte un une variété de substituant qui comprennent hydroxyle, méthoxyle, glycosyle et prényle. De plus, il existe également sous forme de dimère, poly-entités chimiques cycliques et xanthone oligoïdes. Ils présentent des propriétés anti-inflammatoires, antidiabétiques, anticancéreuses et antioxydants (Liberato Venant Haulea1, 2019).



**Figure. I.2 :** Structure chimique des xanthones.

### I.2.4.2.3. Les flavonoïdes :

Les flavonoïdes sont des composés phénoliques naturels qui sont structurellement dérivés des Flavones. Ces métabolites sont principalement des composés solubles dans l'eau. Ils peuvent être extrait avec 70% d'éthanol, après le partage de celui-ci avec de l'éther de pétrole, il reste dans la couche aqueuse (Mukherjee, 2019) .

La structure de base des flavonoïdes est le noyau Flavan avec 15 atomes de carbone organisés en trois anneaux. Ils se présentent sous forme d'aglycones, de glycosides et de dérivés méthyles.

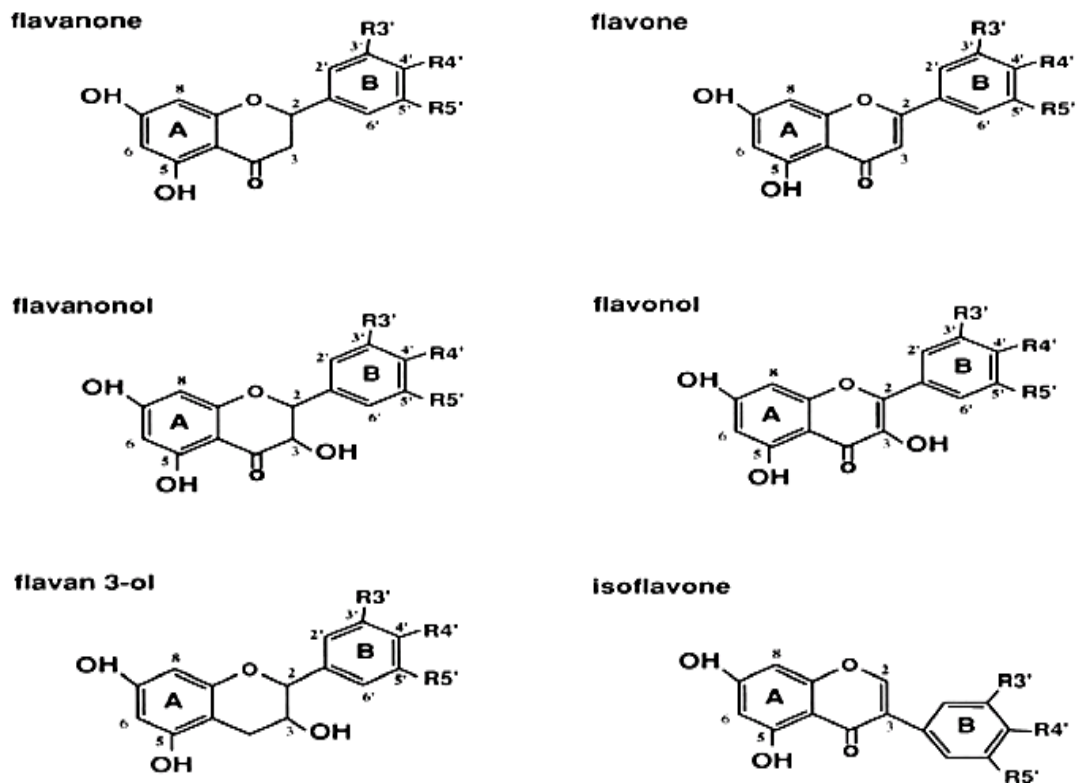


Figure. I.3 : Structure chimique des flavonoïdes.

Habituellement, les flavonoïdes sont classés en sous-groupes en fonction de leur structure chimique: Flavones, Flavonols, Flavonols, Flavanones, isoflavones et anthocyanes. Ses bienfaits pour la santé dans la prévention ou le traitement de maladies ont fait l'objet d'études approfondies (Cíntia Reis Ballard, 2019).

**Tableau. I.1 :** Exemples de sous-classe des flavonoïdes et leurs sources.

Sous-classe des flavonoïdes.	Composés (exemple)	Sources
Flavones.	Lutéoline, apigénine, chrysin.	Camomille, persil, racines
Flavonols	Quercétine, kaempférol, myricétine, fisétine	Feuilles d'oignon, brocoli, pommes, thé noir, raisins noirs
Flavonols (flavan-3-ols)	Catéchine, épicatechine, épigallocatechine gallate, proanthocyanidines	Thé vert, cacao, légumineuses,
Flavanones	Naringénine, hespérétine, naringine, hespéridine	Tomates, agrumes (pelures)
Les isoflavones	Génistéine, daidzéine, puéarine	Produits de soja, herbes
Anthocyane.	Cyanidine, delphinidine, pélargonidine, malvidine	Fruits de type bai, vin rouge

Les flavonoïdes montrent une efficacité non seulement pour la prévention et le traitement de maladies, mais aussi à utiliser comme thérapie complémentaire (Cíntia Reis Ballard, 2019)

### **I.2.4.3. Identification des polyphénols :**

De nombreux réactifs ont été décrits pour l'identification des polyphénols comme discuté ci-dessous, on peut citer (Mukherjee, 2019) :

#### **a) Test Shinoda:**

Prélever une solution d'extrait alcoolique de l'échantillon, ajouter de la poudre de magnésium et quelques gouttes de HCl concentré; des couleurs orange, rose et rouge à violet apparaîtront lorsque les Flavones, les Flavonols, le 2,3- dihydro correspondant des dérivés et / ou des xanthes sont présents.

Il est conseillé d'ajouter de l'alcool t-butylique avant d'ajouter l'acide pour éviter les accidents dus à une réaction violente; les composés colorés se dissoudront dans la phase supérieure. En

## **Description et étude phytochimiques de la plante pélagonium gravelons**

---

utilisant plutôt du zinc de magnésium, seuls les Flavanonols donnent une couleur rouge foncé à magenta; les Flavanones et les Flavonols donneront un rose pâle à couleurs magenta ou pas de couleur du tout.

### **b) Acide sulfurique:**

Les Flavones et les Flavonols se dissolvent dans l'acide sulfurique concentré pour donner une solution jaune foncé. Les chalcones et les auronnes produisent une solution rouge ou rouge-bleuâtre. Les Flavanones donnent des couleurs orange à rouge (Mukherjee, 2019) .

### **c) Test d'acétate de plomb:**

Ajouter quelques gouttes d'une solution d'acétate de plomb (10%) à la solution alcoolique; le précipité jaune est observé.

### **d) Test de réduction de l'acide chlorhydrique de zinc:**

Prélever une solution alcoolique de l'échantillon et la traiter avec une pincée de poudre de zinc et quelques gouttes d'acide chlorhydrique concentré; une couleur magenta est produite après quelques minutes, ce qui indique la présence de flavonoïdes.

### **e) Test au chlorure ferrique:**

Ajouter quelques gouttes de solution neutre de chlorure ferrique à une petite quantité d'extrait alcoolique. Une couleur vert noirâtre est produit, ce qui indique le noyau phénolique (Mukherjee, 2019).

### **I.2.4.4. Propriétés thérapeutiques des polyphénols:**

En raison des bonnes propriétés antioxydants des composés phénoliques, les plantes médicinales et aromatiques sont capables de prévenir le stress oxydatif des cellules, qui est associée à diverses maladies, telles que les maladies cardiovasculaires, neuro dégénératives et le cancer. Ils peuvent aussi présentent des propriétés antiallergiques, anti-inflammatoires, antivirales et propriétés antiprolifératives (Mukherjee, 2019) .

Les travaux sur les dérivés naturels et synthétiques des polyphénols ont conduit à la découverte d'un certain nombre d'inhibiteurs de l' $\alpha$ -glucosides prometteurs à ce jour avec un potentiel de développement en médicaments antidiabétiques. L'activité inhibitrice de l' $\alpha$ -glucosidase est prometteuse pour la découverte de médicaments antidiabétiques.

## Description et étude phytochimiques de la plante pélargonium gravelons

---

Les flavonoïdes par exemples fournissent des résultats positifs pour la prévention et le traitement obésité. Ils peuvent agir contre l'accumulation de triglycérides, stimulation lipolyse,  $\beta$ -oxydation des acides gras et réduction de l'inflammation (Cíntia Reis Ballard, 2019).

Les résultats des chercheurs indiquent qu'une alimentation riche en polyphénols peut réduire le risque de mort de diverses maladie comme : l'AVC ischémique, parmi les maladies cardiovasculaires, est l'une des principales causes de décès le monde. Un ajout de 100 mg / jour de flavonoïdes alimentaires peut réduire modérément le risque de AVC (Cíntia Reis Ballard, 2019).

### **I.2.4.5. Conclusion:**

Les polyphénols sont un groupe phytochimiques attractif avec une large gamme d'effets divers ainsi que diverses activités biologiques. Ils ont des propriétés antioxydants et neuroprotectrices, qui les rendent appropriés comme composés médicinaux complémentaires pour le traitement des troubles physiques et même psychique.

### **I.3. Etude ethnobotanique du Pélargonium:**

La division du genre par Harvey en sections a été suivie par des botanistes de plusieurs régions du monde qui ont étudié tous les aspects de la taxonomie (Richez, 2008), y compris la teneur en alcaloïdes et en protéines, la morphologie externe et l'anatomie interne.

#### **I.3.1. Description botanique du Pélargonium:**

Le nom de genre Pélargonium fait allusion à la forme du fruit qui ressemble à celle d'un bec de cigogne, et est dérivé du mot grec pelargós (πελαργός). Le Pélargonium est un genre de botanique qui fait partie de la famille des *Geraniaceae*.

Ce genre englobe environ de 250 espèces divisées en 16 sections (Freek T. Bakker 2004) dont la distinction entre eux est souvent difficile. Elles se distinguent les uns des autres par la couleur des fleurs, la forme des feuilles et les conditions du milieu où elles sont cultivées.

Un climat doux avec une faible humidité est idéal pour sa croissance car elles meurent dans la sécheresse et pendant l'hiver (Richez 2008).Le potentiel floristique algérien comprend plusieurs genres dont, Pélargonium *graveolens*, espèce largement abondante dans les montagnes fait l'objet de notre étude. (Kartesz s.d.)

### I.3.2. La carte botanique:

- Nom scientifique : *Pélargonium graveolens* (L.) L'Hér.
- Nom commun : Pélargonium en fer à cheval.
- Autres noms scientifiques : *Ciconiumdensiflorum* // *Géranium graveolens* L.
- Noms communs internationaux : Français: géranium à feuilles zonées.
- Noms communs locaux :
  - Cuba: geraniomanzana.
  - Italie: geranio zonale.
  - Pays-Bas: rundbladepelargonie.
  - Porto Rico: geranio; géranium.
  - Afrique du Sud: wildemalva.
  - Algérie : Khdaoudj.

### I.3.3. Monographie de la plante :



**Figure. I.4 :** La plante aromatique pélargonium *gravelons*.

### I.3.4. Caractéristiques physiques :

Cette espèce est un arbuste qui peut atteindre une hauteur de 3m mais croît jusqu'à environ 1m. Les jeunes tiges sont velues, succulentes mais deviennent ligneuses avec l'âge. Les grandes feuilles sont souvent lisses, avec une marque foncée en forme de fer à cheval.

Les fleurs sont hermaphrodites (ont des organes mâles et femelles) (Ken Fern, 2018) Distinctement irrégulières, elles sont portées dans une ombelle et vont du blanc pur au



## Description et étude phytochimiques de la plante pélargonium gravelons

---

rose-rose à toutes les nuances de rouge (Lawrence 2002). La floraison se produit tout au long de l'année mais surtout de Mars-Avril.

Le *P. graveolens* est facile à cultiver car il convient aux sols légers (sableux) et moyens (limoneux) et réagit très bien à l'alimentation avec des engrais organiques liquide mais il préfère un compost calcaire poreux. Il préfère un sol bien drainé, neutre à alcalin dans une position ensoleillée. Le *géranium* doit être taillé après la floraison (Dümmen Orange, 2019).

Ces plantes nécessitent généralement une protection en serre où elles doivent être maintenues assez sèches en hiver (Foxton-Smythe 2011). Les graines entreposées doivent être semées au début du printemps avec une température minimale de 12 ° C, la germination se fait généralement dans les 2 semaines même si cela prend parfois quelques mois (Plantes pour un futur sc.).

### I.3.5. Usage traditionnel :

Les pélargoniums sont largement utilisés dans les régions d'Afrique australe comme remède contre plusieurs maladies (Ian E.Cock, 2020). Les extraits de racines ont montré une activité antibactérienne, antifongique et antituberculeuse, ce qui justifie son utilisation par le peuple sud-africain dans le traitement de la toux et la tuberculose (J.Y.Y. Lalli, 2008).

Selon l'Organisation mondiale de la santé, des extraits à l'éthanol des racines de deux espèces de Pélargonium ont été utilisés en Allemagne depuis les années 1980 comme phytothérapie (T.Brendler 2008) avec un nom de marque 'Umckaloabo' utilisé pour les infections aiguës et chroniques, en particulier celles des infections des voies respiratoires, des oreilles, du nez et de la gorge (Hugo J. de Boer 2007).

Les feuilles ont été utilisées pour traiter les plaies, les abcès et utilisé à l'extérieur pour traiter un large éventail de maladies de la peau à savoir la teigne, les ulcères et des éruptions cutanées (Boer HJ s.d.). Il est notamment employé pour les maladies d'enfance telles que la rougeole et comme agent régulateur de la menstruation chez les femmes (T.Brendler 2008).

Les huiles essentielles de Pélargonium montrent intégralement une bonne activité antioxydant sur les bactéries et les champignons organismes (BENYAHIA, 2015).

### I.3.6. Propriétés phytochimiques:

Du point de vue chimique, les huiles essentielles représentent le groupe le plus hétérogène qui existe, près de 230 composants ont été détectés, c'est un mélange complexe de plus de 120

## Description et étude phytochimiques de la plante *Pélargonium gravelons*

monoterpènes et sesquiterpènes tels que le pinène, le phellandrène, la myrcène, le limonène, la germacrène, la caryophyllée et d'autres composés organiques classés comme terpènes, alcools, esters, aldéhydes, cétones et phénols, etc. (Monika Werner, 2008)

**Tableau. I.2 :** Contenu de certaines espèces de *Pélargonium*.

	<i>P. veitchianum</i> (JOHN SMITH, 1883)	<i>P. bertiana</i> (Saraswathi J.1, 2011)	<i>P. cucullatum</i> (Saraswathi J.1, 2011)	<i>Pélargonium réniforme.</i> (Saraswathi J.1, 2011)
Partie aérienne				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flavones C-glycosidiquesgalloyl.</li> <li>- Flavones non galloyl.</li> <li>- Phénoliques (flavonoïdes et tannins).</li> <li>- Dérivés d'acide benzoïque et cinnamique</li> </ul>
Fleurs	pelargonine (pélargonidine 3, 5-diglucoside) et de malvidine 3, Le 5-diglucoside			
Feuilles	Les alcaloïdes indoliques, l'éléocarpidine et son isomère 20-H épielaecarpidine.Les Flavonols (constituants majeurs).			
Les racines				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diterpène lié à un fragment poxyphénethansulfonique.</li> <li>- Ellagitanins avec un noyau 1- C4 glucopyranose.</li> <li>- 4-allyl-2, 5- diméthoxyphénol-1-b-D-glucoside.</li> </ul>

Les quatre coumarines, la scopolétine, la 7-hydroxy-5,6-diméthoxycoumarine rare et son 7-méthyléther et son 7-glucoside ont été détectés dans les racines de 11 autres espèces: *P. betulinum*, *P. capitatum*, *P. cucullatum*, *Pélargonium hirtum*, *P. luridum*, *P. moreanum*, *P. myrrifolium*, *P. radula*, *Pélargonium reniforme*, *P. salmonium*, *P. sidaefolium*, *P. triste* et *P. zonale* (Mack Moyo 2014).

### **I.3.7. Les huiles essentielles de *pélargonium graveolens* :**

Le genre *Pélargonium* (Geraniaceae) est une plante aromatique cultivée pour son huile essentielle qui fait partie des 20 meilleures huiles essentielles au monde (Rao 2000). Il est connu pour ses propriétés pharmacologiques dans le traitement de la bronchite, de la fièvre,

Diarrhée, la toux, la gastro-entérite et les autres affections respiratoires (Fulya Tahan 2013). En outre, huiles essentielles de Pélargonium sont bien connues pour leurs propriétés antifongiques, antimicrobiens, anti-inflammatoires et antispasmodiques (Mohamed Nadjib, 2013). L'huile de *géranium* rose et ses principaux composants ont été acceptés dans l'industrie alimentaire.

### **I.3.8. les propriétés antioxydantes et antimicrobiennes de Pélargonium *graveolens* :**

Les composés bioactifs à base de plantes présentent un signe antimicrobien; activité antioxydante et fonctionnelle et ont prouvé leur utilisation potentielle comme alternative préférée aux agents de conservation chimiques (Bhanu Prakash, 2020).

#### **I.3.8.1. L'Activité antioxydante :**

Les antioxydants jouent un rôle protecteur dans les produits alimentaires contre la détérioration oxydative et dans le corps contre les processus pathologiques. Alors on utilise les antioxydants pour retarder ou prévenir ce processus (Y.Zhong, 2015).

Les composés antioxydants synthétisés par les plantes comportent : les polyphénols, y compris les flavonoïdes, les acides ascorbiques, les vitamines, etc. (Y.Zhong, 2015)

##### **I.3.8.1.1. L'évaluation de l'activité antioxydante:**

Pour cela on utilise plusieurs radicaux, mais le DPPH reste la méthode la plus fiable.

##### ***Principe :***

Le radical DPPH (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle) est un radical synthétique, chromogène stable avec un couleur violet qui piège les composés phénoliques. Il peut accepter des électrons ou des atomes d'hydrogène et s'oxyde difficilement. Les solutions sont testées dans le méthanol ou de l'éthanol à température ambiante, le test DPPH est simple car il est basé sur la mesure de la perte d'absorbance de DPPH à 515 nm, les résultats sont exprimés en pourcentage d'activité de récupération des radicaux, ou en termes de concentration antioxydant.

La décoloration agit donc comme un indicateur de l'efficacité antioxydant et peut être exprimée comme CE<sub>50</sub>. La réduction du radical libre DPPH par un antioxydant peut être suivie par spectrophotométrie UV-visible (Y.Zhong, 2015).

### **I.3.8.1.2 L'activité antioxydant des huiles essentielles de Pélargonium graveolens :**

L'activité antioxydant des huiles et des extraits était relativement élevée, déterminée par DPPH (IC<sub>50</sub> = 711–1280 µg / ml pour les huiles et 12,24–44,24 µg / mL pour les extraits) et ABTS (15,8–17,95 µg TE / mg DW pour les huiles et 131,54 –241,83 µg TE / mg DW pour les extraits), ce qui était corrélé à leur contenu phénolique (Fatma Tajini, 2020).

### **I.3.8.2. Activité antimicrobienne:**

L'activité antimicrobienne est généralement exprimée en utilisant la minimum concentration inhibitrice (CMI) dans les milieux de croissance liquides.

Le criblage quantitatif est évalué à l'aide du disque de gélose. Elle est utilisée pour déterminer les zones d'inhibition (ZI) qui permettent de trouver les valeurs d'inhibition quantitatives (Akshay Kumar, 2020).

#### **I.3.8.2.1. Les solvants utilisés pour extraire l'actif antimicrobien :**

Plusieurs solvants ont été utilisés pour extraire l'actif antimicrobien constituant :

- les alcools (méthanol et éthanol)
- eau (chaude ou froide)
- acétone, acétate d'éthyle
- chloroforme
- benzène.

#### **I.3.8.2.2. Les souches antimicrobienne :**

On utilise les souches suivantes pour évaluée les activités antimicrobiennes :

##### **I.3.8.2.2.1. Souches bactériennes :**

Gram positif : *S. aureus*, *E. faecalis*, *B. subtilis* et *S. epidermidis*.

Gram négatif : *E. col*, *Enterobacter aerogenes*, *P.a eruginosa*, *K. pneumoniae* et *Proteus vulgaris*.

##### **I.3.8.2.2.2. Souches fongiques :**

*Fusarium poae*, *Fusarium sporotrichioide*, *A. fumigatus* *C. albicans*.

### **I.3.8.2.3. Activité antimicrobienne de l'huile essentielle de Pélargonium *graveolens* :**

L'huile a montré un effet antibactérien prometteur contre les bactéries Gram positives plus que négatives et fournit un bon effet inhibiteur contre les souches de Candida (Abdelkrim Kameli, 2013). L'huile volatile des espèces de géranium rose a reçu un certain nombre de propriétés biologiques, notamment: antibactérienne (Fatma Tajini, 2020) antifongique (Ghanmi Mohamed, 2011) ainsi que d'autres propriétés pharmacologiques telles que les effets anti-inflammatoires (Couic-Marinier, 2018).

En revanche, *P. a eruginosa* et *K. pneumoniae* étaient les souches les plus résistantes aux huiles tandis que *Proteus vulgaris*.

*S. aureus* et *E. faecalis* étaient les souches les plus sensibles à l'OE, suivies par *B. subtilis* et *S. epidermidis*.

### **I.3.8.3. Comparaison entre les activités biologiques de pélargonium *graveolens* :**

L'activité antifongique de l'huile essentielle est plus importante que l'activité antibactérienne. L'huile de *géranium* s'est révélé fortement antioxydant par inhibition des radicaux libres (Ghanmi Mohamed, 2011).

### **I.3.9. Toxicité :**

La toxicité du *Pelargonium graveolens* a été évaluée in vitro d'extraits choisis d'acétone pour la valeur suivante :  $83.31 \pm 2.56$ . Les valeurs de  $CI_{50}$  pour l'activité antioxydant et la toxicité sont moyennes  $\pm$  écart-type (A.M. Viljoen, 2008).

### **I.3.10. Autre intérêts:**

Cette plante a été utilisée dans les industries de la parfumerie, de la cosmétique et de l'aromathérapie. Selon Asgarpanah et Ramezanloo, 2015, leurs aspects précieux sont principalement liés à l'existence des constituants volatils, de terpénoïdes et de flavonoïdes. El Ouali et call, 2017 ont trouvé que la fraction acétate d'éthyle et la fraction éther diéthylique de l'extrait aqueux de *Pélargonium graveolens* présentent une bonne activité antioxydante à une concentration de  $2 \mu\text{g} / \text{ml}$ , jusqu'à 53% et 51,84% respectivement (Hanane HADDADI, 2019).

***CHAPITRE II :***  
***Les colorants naturels***

### **II.1. Introduction:**

La coloration au fil du temps était initié en utilisant des couleurs provenant de ressources naturelles connues sous le nom de colorants naturels qui produisaient une teinte très rare, apaisante et douce et étaient également non toxiques et respectueuses de l'environnement. Les colorants naturels qui ont été repoussés au cours des soixante dernières années à l'arrière-plan par des colorants synthétiques retiennent à nouveau l'attention des consommateurs en raison des dangers associés à l'utilisation de colorants synthétiques, tels qu'allergiques, polluants et toxiques. Ce chapitre présente un bref état des colorants naturels, leur classification, et leur application sur différents domaines ainsi que certaines propriétés thérapeutiques (Sujata Saxena, 2014).

### **II.2. Généralité sur les colorants naturels :**

Les colorants naturels comprennent tous les colorants et pigments obtenus directement à partir des ressources naturelles, à savoir. Animaux, matières végétales sans traitement chimique. Ceux-ci font partie intégrante de la vie humaine depuis des temps immémoriaux. Il s'agit de la seule classe de colorants attirant une vaste activité de recherche à travers le monde pharmacopée européens.

La teinture avec des colorants naturels est l'une des plus anciennes techniques pratiquées par l'ancienne civilisation. C'est ce que l'on appelle l'art mural par exemple les pyramides égyptiennes qui étaient exclusivement recouvertes de colorants naturels (JN Chakraborty, 2015).

Le déclin de l'utilisation des colorants naturels a commencé avec l'introduction des colorants synthétiques au milieu du XIXe siècle; ce dernier a reçu une acceptabilité plus rapide en raison d'une large gamme d'applications plus importantes dans les industries textiles en raison de la facilité de teinture, du coût global, de la luminosité. Mais, au cours des dernières décennies, l'utilisation de colorants synthétiques a diminué progressivement en raison d'une sensibilisation accrue à l'environnement et des effets nocifs résultant de la toxicité ou de la nature non biodégradable. Les colorants naturels sont respectueux de l'environnement, sûrs pour le contact avec le corps, peu sophistiqués et harmonisés avec la nature, ils sont obtenus à partir de sources renouvelables et leur préparation implique également des réactions chimiques moindres (JN Chakraborty, 2015).

## Les colorants naturels

---

Les colorants naturels peuvent être additifs ou substantifs; les types d'additifs nécessitent la présence d'un mordant chimique, tel qu'un sel métallique pour former une liaison entre le colorant et la fibre, tandis que les types substantifs sont attachés avec des fibres sans aucun assistant chimique.

Lorsqu'ils sont utilisés comme colorants textiles, les colorants naturels sont principalement des colorants mordants bien que certains appartiennent à d'autres groupes tels que la cuve, les solvants, les pigments, les colorants directs et acides.

### **II.3. Caractéristiques physico-chimiques des colorants naturels:**

La perception de la couleur est une capacité de certains animaux, y compris les humains, à détecter certaines longueurs d'onde de rayonnement électromagnétique (lumière) différemment des autres longueurs d'onde. L'observation de la couleur par l'œil humain s'explique par les éléments suivants (Wichien Sang-aroon, 2019):

- Ils sont capables d'absorber la lumière dans le spectre visible (400–700 nm).
- Ils possèdent au moins un chromophore (groupe porteur de couleur).
- Ils peuvent également avoir un système conjugué, c'est-à-dire une structure avec des liaisons doubles et simples alternées.
- Ils peuvent présenter une résonance d'électrons, qui est une force stabilisatrice supplémentaire dans les composés organiques.

Bien qu'il ne soit pas responsables de la couleur, la présence d'un groupe ionisant peut changer la couleur d'un colorant et ils sont le plus souvent utilisés pour influencer la solubilité du colorant.

### **II.4. Classification des colorants naturels:**

Les colorants naturels peuvent être classés de diverses manières. Les premières méthodes de classification étaient basées simplement sur la disposition alphabétique des colorants. Plus tard, de nombreuses autres méthodes de classification ont été adoptées, qui sont les suivantes:

- Classification basée sur la structure chimique (Kubelka P., 2019).
- Classification basée sur leur origine ou les sources à partir desquelles ils sont obtenus, voir, plantes, minéraux et animaux.
- Classification obtenue basée sur leurs méthodes d'application (ATEL, 2011).



- Classification basée sur leur couleur.

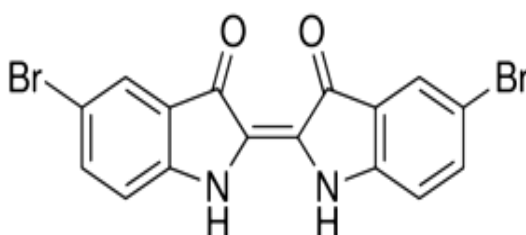
Dans « Color Index », les colorants naturels constituent une section distincte, où ils sont organisés en fonction de la teinte dans leur catégorie d'application.

### II.4.1. Classification basée sur la structure chimique :

Cette classification est la plus courante. Les colorants et pigments organiques naturels appartiennent à un large éventail de classes chimiques qui sont ou pourraient être utilisés dans les matières alimentaires et les produits pharmaceutiques, telles que les indigoïdes, les anthraquinonoïdes, les naphthoquinones, les polyméthines, les cétones, les imines, les quinones, les flavones, les flavanols, les flavanones et la chlorophylle (Kubelka P., 2019).

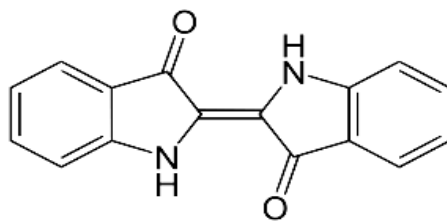
#### II.4.1.1. Les colorants indigoïdes :

Deux colorants naturels très importants possèdent une structure indigoïde sont le violet de Tyrie (6,6-dibromoindigo) et l'indigo (Raja, 2014)



**Figure .II.1 :** La structure chimique de la molécule 6,6-dibromoindigo.

L'indigo est peut-être le plus ancien colorant naturel utilisé par l'homme. Ceci a été utilisé pré-historiquement en Inde, où il est probablement originaire. Le mot est dérivé de «Indican». C'est le colorant le plus important en termes de volume. On connaît actuellement au moins 30 moyens différents de leur synthèse. L'indigo naturel est un colorant appliqué aux fibres cellulosiques et il présente l'avantage de ne pas nécessiter l'utilisation d'un mordant pour améliorer les propriétés de solidité (Kubelka P., 2019).



**Figure .II.2 :** La structure chimique de l'indigo.

### II.4.1.2. Les colorants quinonoïdes :

Les colorants quinonoïdes sont des composés du système cyclique benzoïde fusionné. Ils peuvent être trouvés dans les plantes à fleurs, les champignons, les bactéries, les lichens, les oursins et certains insectes. Ces colorants quinonoïdes sont en outre classés en benzoquinones, naphthoquinones, anthraquinones et autres quinonoïdes comme les plantoquinones, les ubiquinones et les ménaquinones (Gupta, 2019).

Les quinonoïdes naturels auraient des performances satisfaisantes sur les textiles qui peuvent être améliorées par l'utilisation de mordant. De plus, ils sont utilisés comme des agents antimicrobiens dans les textiles.

Les colorants rouges les plus importants sont basés sur la structure anthraquinones. Ceux-ci sont caractérisés par une bonne résistance à la lumière, ils participent à la formation de complexes de sels métalliques et développent également une bonne résistance au lavage. Leur formule générale dérivent de l'anthracène, un noyau quinonique sur lequel peuvent s'attacher des groupes hydroxyles ou amines. Le tableau suivant représente les différentes familles des anthracènes (Alois G.Puntener, 2000):

## Les colorants naturels

**Tableau. II.1** : Les couleurs produits et leurs chromogènes naturels dans la famille des anthracènes. (Alois G.Puntener, 2000)

Famille des anthracènes	Couleur produite	Chromogènes naturels (Ex : Source)
<b>Anthraquinones</b>	Pigments jaunes, roses et rouges	Morindone (Morindacitrifolia)
		acide carminique (cochenille) (Alkannatinctoria, Dactylopius coccus)
		Acide laccaïque (insecte du lac) (Lacciferlacca)
		Acide kermisique (pou du bouclier) (Kermesilicis)
		Acide ruberéthrique (alizarine) (Alnusglutinosa)
<b>Naphtoquinones</b>	Pigments bruns, roses ou violets	Juglone (Juglansnigra)
		Lawson (Lawsoniainnermis)
		Alcannine (A .tinctoria)
		Shikonin (Lithospermumerythorhizon)

### II.4.1.3. Les colorants caroténoïdes:

Il s'agit d'une famille de pigments jaunes et oranges trouvés dans la plupart des organismes photo synthétiseurs. Plus de 200 caroténoïdes naturels ont été identifiés, mais seuls quelques-uns sont disponibles dans le commerce, y compris le  $\beta$ -carotène. Les deux principaux groupes de la famille sont les carotènes (orange ou rouge-orange) et les xanthophylles (jaune), quelques exemples sont représentée dans le tableau suivant (Gupta, 2019):

## Les colorants naturels

**Tableau II.2 :** Les familles des caroténoïdes et quelques exemples de leurs chromogènes.

Famille des caroténoïdes	Couleur produite	Chromogènes naturels (Ex: Source)
Carotènes	Orange ou rouge-orange	Azafrin (Christisoniabicolour)
		Bixine (Bixaorellana)
		Crocétine (Ziziphus jujube)
		$\beta$ -carotène (Rubusfruticosa)
Xanthophylles	Jaune	Capsanthine (Capsicumannum)
		Cryptoxanthine (graines de Zeamays)
		Antheraxanthine (Carecapapaya fruits)
		Safrane (C. Sativus)

Les caroténoïdes sont des composés constitués de huit unités isoprénoïdes reliées en tête à queue avec un ordre inversé au centre de la molécule. Ces colorants sont des extraits des feuilles, des fleurs et des fruits de plantes et de légumes tels que les carottes et les tomates.

Les caroténoïdes sont les plus utilisés comme colorant alimentaire car ils sont riches en vitamine A. Cette famille est aussi utilisée comme un antioxydant sur les textiles. Leurs propriétés d'affinité et de solidité peuvent être améliorées par une modification structurelle en introduisant de nouveaux groupes fonctionnels ou en utilisant du mordant pendant le processus de teinture (Bhute, 2012).

### II.4.1.4. Les colorants flavonoïdes :

Les flavonoïdes sont des composés hétérocycliques dérivés de la phénylalanine et des esters de la coenzyme A acétate (Raja, 2014), ils sont basés sur une structure C6-C3-C6. La liaison C3 forme un cycle pyrone. L'état d'oxydation de ce cycle et son 'hydroxylation ou méthylation (premier groupe C6) distinguent les différents groupes de cette classe. Les flavonoïdes sont responsables des couleurs vives de la plupart des fruits et légumes. Le degré de couleur qu'ils montrent est déterminé par le degré d'hydroxylation ou de méthylation du cycle B (le deuxième groupe C6): en particulier, l'hydroxylation a tendance à augmenter le bleu, tandis que la méthylation augmente la rougeur.

## Les colorants naturels

Les colorants flavonoïdes majeurs sont classés en Flavones, Flavones, anthocyanidines et anthocyanes. Les exemples courants de colorants naturels flavonoïdes végétaux comprennent la festine, l'isohamnetine et la quercitrine. Le tableau 1.03 regroupe les différentes classes des flavonoïdes.

Cette famille peut être utilisée pour la teinture des fibres naturelles et leur performance est améliorée par un mordant (Bhute, 2012).

**Tableau. II.3 :** Les couleurs produits et leurs chromogènes naturels dans la famille des flavonoïdes.

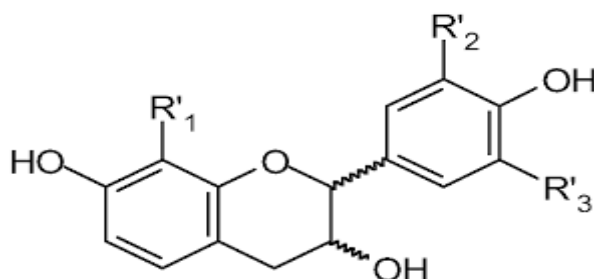
Famille des flavonoïdes	Couleur produite	Chromogènes naturels (Ex: Source)
Flavones et Flavonoles	Jaune	Quercétine, kaempférol et myricétine (plusieurs familles)
		Fisétine (fustique, orties, etc.)
		morine (fustic, Osage-orange)
		luteoline (marguerite, pois et soudure)
Anthocyanidins et anthocyanins	Pigments bleus, rouge bleuâtre, mauve, marron, orange et brun rougeâtre.	malvidine (mallows)
		carajurine (Bigoniachica)
		Delphinidine (fleurs de violette)
		cyanidine (petals de rose rouge, canneberge)
		Pelargonidine (Pelargonium, petals de géranium)
Flavonoïdes mineurs	Plusieurs	Les chalcones - coréopsidoside et maréoside (famille des marguerites), auronnes - sulfurosides (fustique, famille des marguerites) et isoflavones, qui ont tendance à produire des couleurs fortes et permanentes, telles que la génistéine (famille des pois), l'osajin et la pomiférine (Osage-orange (Maclurapomifera)).

- Les anthocyanidines et les anthocyanes sont les plus colorés des flavonoïdes. On en connaît actuellement douze molécules. Les anthocyanes sont les glycosides des anthocyanidines, produits par la substitution des sucres par des groupes hydroxyles. La performance des colorants de cette famille peut être modifiée par la présence de métaux, par le pH et par interaction avec des flavonoïdes incolores. Les glycosides de cyanidine se trouvent dans plus de 80% des feuilles pigmentées et 50% des fleurs.

- La plupart des jaunes naturels sont des dérivés de Flavones et d'isoflavones substitués par des groupes hydroxyle et méthoxy. Parmi les flavonols et les flavones (jaunes), les flavanols ont tendance à s'estomper sous une forte lumière, tandis que les flavones ont tendance à être plus permanents mais de couleur plus claire. Un exemple courant est la soudure (contenant un pigment de lutéoline) donnant des couleurs brillantes et colorent très rapide sur la laine et la soie.

### II.4.1.5. Les colorants tannins:

Les tanins sont présents dans la plupart des tissus végétaux mais sont surtout associés aux tissus endommagés et à l'écorce. Ce sont des composés polyphénoliques de masse moléculaire relativement élevée solubles dans l'eau avec des substituant hydroxyles trouvés dans de nombreuses plantes (Raja, 2014). Les tanins hydrolysés (couleurs jaunâtres) comprennent les gallo-tanins (fustique et chêne) et les ellagitanins (par exemple sumac, nénuphars). Les tanins condensés (couleurs rougeâtres) sont dérivés, par exemple de l'écorce de saule.



**Figure. II.3 :** La structure chimique de tanins (tanins de raisin).

Les tanins sont utilisés dans les industries du cuir, de l'encre et de la colle et comme un mordant. Dans les textiles, ils sont principalement utilisés comme un mordant primaire pour les fibres cellulosiques car la cellulose à une faible affinité pour les mordants métalliques.

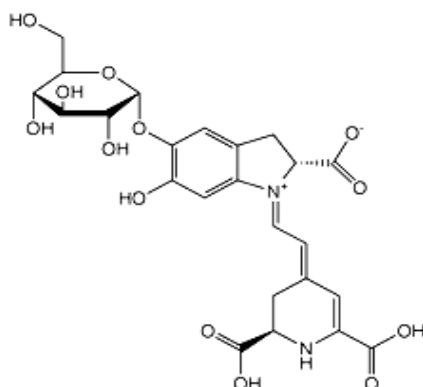
Deo et Desai (1999) ont rendu compte de l'utilisation d'extrait de thé qui contient du tanin comme colorant principal pour la teinture des tissus de coton et de jute. Les résultats ont révélé que l'extrait donnait des nuances brunes avec de bonnes propriétés de résistance à la lumière et au lavage (Kubelka P., 2019).

### II.4.1.6. Les colorants azotés :

Les bétalaines sont des pigments azotés dérivés du chromophore de l'acide bétalamique. Ces colorants rouges, ainsi que les béta xanthines apparentées (jaunes) étaient à l'origine considérés comme des flavonoïdes, cependant, ils diffèrent en ce qu'ils contiennent de l'azote

## Les colorants naturels

et ne subissent pas le même changement de couleur réversible que les anthocyanes lorsqu'ils sont exposés à différents niveaux de pH. Ils ne seraient présents que dans quelques familles de *Chenopodiaceae*, comme les familles des betteraves, des portulacacées et des pieds d'oie (Kubelka P., 2019).

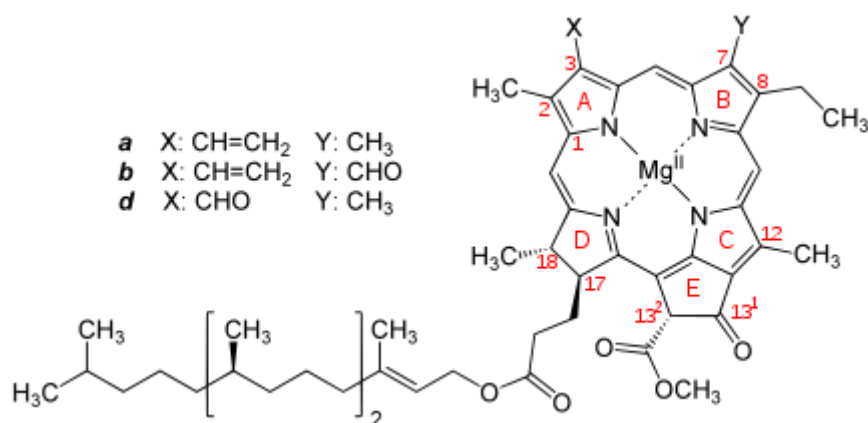


**Figure. II.4 :** La structure chimique de la bétalaïnes.

Cette classe est couramment utilisée dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique en raison de leurs effets bioactifs. Bien que l'utilisation de pigments de bétalaïnes naturels ne soit pas populaire dans les textiles, des études ont rapporté des résultats positifs sur son utilisation comme colorants et finitions antimicrobiennes dans les textiles (Kubelka P., 2019).

### II.4.1.7. La chlorophylle (pigments verts) :

La chlorophylle est le principal pigment utilisé par les plantes pour capter l'énergie lumineuse. Une molécule de chlorophylle se compose d'une tête de porphyrine (quatre anneaux de pyrrole contenant de l'azote disposés en anneau autour d'un ion magnésium) et d'une longue queue d'hydrocarbure. La queue hydrocarbonée est liposoluble.



**Figure. II.5 :** La structure chimique de chlorophylle.

Il existe quatre types de chlorophylle (Kubelka P., 2019):

- Chlorophylle a, présente dans toutes les plantes supérieures, les algues et les cyanobactéries.
- Chlorophylle b, trouvée dans les plantes supérieures et les algues vertes.
- Chlorophylle c, trouvée dans les diatomées, les dinoflagellates et les algues brunes.
- Chlorophylle d, trouvée uniquement dans les algues rouges.

Ce colorant est extrait de sources naturelles et largement utilisé dans la coloration des encres, résines, savons et cires, graisses comestibles, cosmétiques, liniments, lotions, parfums, bains de bouche et cuir. Il est très difficile de préparer chimiquement la chlorophylle pure et le produit commercial contient un mélange de chlorophylles a et b (dans le rapport de 3: 1) et plusieurs caroténoïdes. Le procédé commercial d'extraction de la chlorophylle du matériel végétal implique de nombreuses étapes utilisant des solvants tels que l'éther de pétrole et l'acétone (Kubelka P., 2019). (Amit Kumar Pandey, 2020)

### **II.4.2. Classification basée sur l'application de la teinture:**

Selon cette classification, les colorants naturels peuvent être classés en colorants directs, en colorants mordants et en colorants faiblement solubles dans l'eau.

#### **II.4.2.1. Les colorants directs :**

Les colorants directs possèdent une affinité pour les fibres cellulosiques sans aucun prétraitement. Ils sont aussi les principaux colorants utilisés pour le papier, généralement appliqués dans des conditions neutres. Certains colorants directs sont utilisés dans les imprimantes à jet d'encre pour ordinateurs.

De nombreux colorants naturels appartiennent à cette classe. L'exemple le plus courant est le curcuma. Ils peuvent être subdivisés en (ATEL, 2011):

- Colorants directs pour le coton : ils doivent être appliqués à toutes les fibres textiles naturelles (ex : le curcuma, la grenade, le rocou, la fleur de safran).
- Colorants directs pour la laine et la soie (ex : curcuma, grenade, rocou, safran).
- Colorants acides: possèdent une structure sulfonique ou carboxylique qui convient le mieux à la teinture de la laine et du nylon et, dans une moindre mesure, la soie et



## Les colorants naturels

---

l'acrylique. Ces colorants ne sont pas importants pour la cellulose car la partie colorée de la molécule est l'anion, et cela se fixe aux groupes cationiques dans la fibre. Ils sont utilisés dans des milieux acides pour favoriser le processus de teinture. Le post-traitement à l'acide tannique, améliore la solidité des couleurs.

- Les colorants basiques : Les teintures de base étaient à l'origine principalement utilisées pour la soie, bien qu'elles soient de nos jours utilisées pour les fibres acryliques, où elles peuvent avoir une bonne solidité. La partie colorée de la molécule est le cation. Ils comprennent des couleurs très vives dérivées du triphényl méthane, qui ont une force de couleur très élevée. Ils sont également utilisés pour le papier.

### II.4.2.2. Les colorants mordants:

D'un autre côté, les colorants mordants conviennent également aux fibres animales et végétales. Les colorants mordants importants comprennent la garance, le bois de grume et la cochenille.

Ceux-ci nécessitent essentiellement un mordant à appliquer en raison de leur manque d'affinité pour la fibre. Ces colorants forment des complexes avec le mordant.

Trois types de mordants sont utilisés (Bhute, 2012) :

- les mordants métalliques tels que les sels métalliques d'aluminium, de cuivre ... .
- le mordant tannique tel que l'acide tannique.
- le mordant d'huile qui forme un complexe avec le mordant métallique principal (Raja, 2014).

### II.4.2.3. Les colorants faiblement solubles dans l'eau :

Il existe une autre classe de colorants, qui sont faiblement insolubles dans l'eau.

#### a) Colorants de cuve :

Les colorants de cuve sont insolubles, on peut donc les considérer comme des pigments. Cependant, ils peuvent être réduits avec de l'hydrosulfure de sodium suivi d'une solubilisation avec de l'hydroxyde de sodium dans cet état, ils montrent une affinité pour les fibres naturelles. Ils s'oxydent ensuite dans l'air, revenant à leur forme insoluble.

## Les colorants naturels

---

Les colorants de cuve ont généralement une très grande résistance au lavage et généralement une bonne résistance à la lumière. En 1954, une nouvelle classe de colorants a été découverte (c'est-à-dire les colorants réactifs), ce qui a nécessité une nouvelle édition du Color Index.

### **b) Colorants dispersés :**

Les colorants dispersés ont été développés pour l'acétate de cellulose au début des années 1920, mais maintenant leur principale application est le polyester. Ils ont un poids moléculaire relativement faible, presque insolubles parce qu'ils n'ont aucun groupe solubilisant puissant, c'est pour cela ils sont post-mordancés avec du sel de chrome, de cuivre ou d'étain et sont appliqués sur des fibres synthétiques à un pH acide neutre à doux.

Ces colorants peuvent également être appliqués sur la soie et la laine. Ils sont souvent appliqués sous pression à des températures élevées, ce sont les colorants les plus importants utilisés aujourd'hui avec les colorants réactifs (Raja, 2014).

## **II.5. Application des colorants naturels:**

L'utilisation des colorants naturels sont différentes et multiples dans plusieurs domaines.

### **II.5.1. Application de colorants naturels sur les textiles:**

Les colorants naturels peuvent être appliqués sur les textiles sous différentes formes du matériau fibreux, c'est-à-dire la fibre, le fil, le tissu ou le vêtement. La plupart d'entre eux ne donnent pas de résultats aussi fiables avec les fibres artificielles, cependant certaines études rapportent une application réussie sur les textiles naturels et synthétiques en utilisant des techniques de teinture modernes telles que : le bain ouvert, la haute pression haute température (HTHP) et les techniques de rembourrage.

La teinture des textiles avec un colorant naturel peut se faire par des méthodes conventionnelles ou non conventionnelles. Dans la teinture conventionnelle, le colorant dans une solution est amené au substrat par épuisement ou rembourrage à l'aide de l'énergie conventionnelle uniquement. Plusieurs recherches ont été menées sur cet axe. Pour en mentionner quelques-uns :

- Ali et al. (2009) ont étudié la teinture des tissus de coton en utilisant des feuilles de henné par échappement sous milieu alcalin. Les résultats ont indiqué que les propriétés de solidité du colorant étaient influencées par la nature du colorant et non par la technique de teinture.

## Les colorants naturels

---

- Komboonchoo et Bechtold (2009) ont étudié la consommation d'énergie, d'eau et de produits chimiques entre la teinture à deux bains des cheveux et de la laine avec du carmin indigo en combinaison avec d'autres colorants naturels. La méthode de teinture à un bain a donné de meilleurs résultats en termes de consommation d'énergie, d'eau et de produits chimiques par rapport à la teinture à deux bains.

La teinture conventionnelle nécessite une grande quantité d'eau et de produits chimiques auxiliaires tels que les dispersants, des supports et des agents de nivellement. Cependant des études ont montré que la réutilisation du bain de teinture diminue non seulement la quantité d'effluent de teinture mais offre également des économies en termes de coût et d'énergie. Ces bains de teinture réutilisés présentent une homogénéité des teintes ce qui indique la possibilité d'obtenir une teinture sans effluent avec des colorants naturels.

Les techniques de teinture non conventionnelles comprennent les ultrasons, les micro-ondes et le dioxyde de carbone supercritique. Dans ces méthodes, la quantité de colorant utilisée pour produire une teinte souhaitée est inférieure à celle des méthodes conventionnelles pour les colorants naturels. La teinture non conventionnelle est considérée comme une technique de teinture plus propre en raison de l'utilisation moindre ou nulle d'eau et de produits chimiques auxiliaires. Certaines des techniques non conventionnelles ne libèrent aucun effluent du processus de teinture.

Le tableau suivant présente quelques applications importantes des colorants naturels aux fibres naturelles et synthétiques :

**Tableau. II.4 :** Certain application importants des colorants naturels aux différents substrats.

Classe chimique	Substrat
Indigoïdes	Coton, laine et soie
Anthraquinonoïdes	Laine et soie et Nylon et coton (impression)
Alphanaphthaquinonens	Laine et soie
Flavone dihydropyrans	Laine, soie et coton
Anthocyanidines	Coton et soie
Caroténoïdes	Laine et soie

### II.5.2. Application des colorants naturels dans les aliments :

En raison de l'intérêt mondial croissant pour la qualité et la sécurité sanitaire des aliments. L'utilisation de colorants naturels pour la coloration des aliments fait l'objet d'une attention croissante de la part des fabricants d'aliments ainsi que des consommateurs.

Ils ont différents groupes de composés chimiques qui peuvent être utilisés directement comme colorants (ex : le ketchup contiennent des matières colorantes), ou sous une forme chimiquement modifiée pour produire différentes teintes allant du vert au jaune, orange, rouge, bleu et violet, dans différents aliments comme le safran et le curcuma , la viande congelée, les boissons gazeuses, les yaourts, la crème glacée, les bonbons, les sirops, fruits en conserve comme les cerises et les confitures...etc. (JN Chakraborty, 2015).

- En plus de la propriété colorante, ils peuvent agir comme un marqueur de contrôle de qualité pour les denrées alimentaires : tel que les extraits d'anthocyanes.
- Ils servent à améliorer la qualité nutritionnelle des aliments et boissons, jouent peut-être un rôle important dans la réduction du risque de maladie coronarienne, cancer et accident vasculaire cérébral en raison de leurs excellentes propriétés antioxydante tel que : les flavonoïdes et les tanins qui sont reconnus comme colorants à haute valeur pharmacologique (Rym Mansour, 2018).
- Ils sont eux même une source de vitamines : (ex : Le paprika est une source de vitamine C, alors que la riboflavine contient de la vitamine B (Rym Mansour, 2018).
- Les carotènes sont non seulement une source essentielle de vitamines (agents provitamine A) mais ils sont utilisés aussi comme des compléments alimentaires.

Des chercheurs désireux d'expérimenter et d'élargir cette palette intéressante de choix de colorants alimentaires naturels.

### II.5.3. Application des colorants naturels dans le domaine électrochimique :

Le domaine de la conversion d'énergie devient un sujet de recherche important. L'utilisation de colorants synthétiques est une des applications indispensables qui offre une meilleure efficacité, mais ils souffrent de plusieurs limitations telles que le coût plus élevé, la tendance à subir une dégradation et l'utilisation de matériaux toxiques. C'est pour cela leurs homologues naturels sont censés pour remédier aux lacunes compte tenu de l'énorme avantage environnemental qu'ils offrent.

## Les colorants naturels

---

Les cellules solaires sensibilisées par des colorants (DSSC) fournissent un concept alternatif crédible pour les dispositifs photovoltaïques à semi-conducteurs inorganiques. Elles sont constituées de nanoparticules d'oxyde de titane poreux en couches recouvertes d'un colorant moléculaire qui peut absorber la lumière. Leur efficacité est principalement basée sur le colorant appliqué sur le film poreux semi-conducteur  $\text{TiO}_2$ . L'utilisation de colorants naturels dans les cellules solaires a attiré une attention considérable des communautés académiques et industrielles car elle réduit le coût élevé des métaux nobles et de la synthèse chimique.

De nombreux types de pigments, tels que l'anthocyane, le caroténoïde, la chlorophylle et le flavonoïde, sont responsables de réactions chimiques telles que l'absorption de la lumière ainsi que l'injection de charges dans la bande de conduction de  $\text{TiO}_2$  par le sensibilisateur (Rym Mansour, 2018).

### II.5.4. Applications dans le domaine pharmaceutique:

L'utilisation de produits naturels ainsi que leurs propriétés thérapeutiques sont aussi anciennes que la civilisation humaine, les produits minéraux, végétaux et animaux ont été les principales sources de substances actives. En raison de leurs propriétés non toxiques, moins d'effets secondaires, plus de valeurs médicinales.

Il existe un certain nombre de colorants naturels autorisés tel que : la cochonille rouge (E120), la chlorophylle verte (E140, E141), le caramel brun (E150) (Albert).

Les colorants naturels sont aussi utilisés pour la coloration des lotions, sirops et gélules. Par exemple, la chlorophylle, l'anthocyane et le caroténoïde sont utilisés au moment de l'impression des comprimés colorés, mélangeant à la fois la granulation sèche et humide dans les médicaments (JN Chakraborty, 2015). Les couleurs en médecine aident à distinguer les différents médicaments.

Beaucoup de CN possèdent une activité antioxydant et ont montré une remarquable fonction antibactérienne, ex : la catéchine de l'Acacia Catechu et la curcumine du curcuma (Nusrat Subhan, 2018) et le henné (*Lawsonia inermis*), anti-inflammatoire, ex : *Cassia fistula*, *Coscinium fenestratum* (Gaertn.) et *Butea monosperma* (Nusrat Subhan, 2018) et le cassis (GERBAKA, 2013) , et même anticancéreuse, ex : le corossol (*nonna muricata L.*).

### II.5.5. Autres applications des colorants naturels :

Les colorants naturels ne sont pas seulement utilisés pour la teinture des textiles mais aussi dans de nombreux autres domaines, tels que l'alimentation, les médicaments, ....etc.

## Les colorants naturels

---

L'industrie cosmétique utilise également des matières colorantes naturelles tel que le caramel colorant et l'huile de carotte car ils sont non toxiques et ils ont moins d'effets secondaires (JN Chakraborty, 2015).

En plus des applications mentionnées ci-dessus, il existe un intérêt croissant pour l'utilisation de colorants naturels pour teindre le cuir, pour teindre le bois, la pâte et certains plastiques.

### II.6. Teinture avec des colorants naturels :

Les colorants naturels ne sont généralement pas substantiels à la cellulose nécessitant un traitement avec un mordant soit par (JN Chakraborty, 2015) :

- Pré-mordant (on-mordanting).
- Simultané (méta-ou mordanting simultané).
- Post-teinture (après mordant). Bien que la pré-mordantation soit invariablement acceptée en raison de sa capacité à améliorer l'absorption de colorant.

Les mordants peuvent être soit un sel métallique soit un agent de formation de complexe de coordination pour créer une affinité entre la fibre et le colorant.

Un mordant forme une liaison métal-fibre par ancrage avec la fibre et crée le pont entre le colorant et la fibre en formant un complexe coordonné / covalent ou une liaison H.

#### II.6.1. Teinture du coton:

La méthode séculaire de teinture du coton avec des colorants naturels par «teinture – lavage – vapeur – trempage dans de la lessive alcaline – rinçage – lavage – écorchage– séchage – mordantage – teinture – teinture – séchage – et enfin finition” est tombé hors d'usage, sauf dans les industries artisanales (JN Chakraborty, 2015).

Actuellement, des processus techniquement optimisés sont utilisés par prétraitement du coton avant teinture suivi d'une pré-mordance simple ou double avec harada (mordant naturel) et sulfate d'aluminium puis soumis à une teinture avec des colorants naturels sélectifs purifiés (10–50%) en association avec du sel ordinaire (5–20 g / l), à pH ~ 10–12, plage de températures de 70–100 ° C pendant 30–120 min à un rapport de liqueur de 1: 20–1: 30, suivie d'un savonnage (2 g / l) à 60 ° C pendant 15 min; le coton teint est lavé à froid et à chaud à plusieurs reprises, puis savonné.

## Les colorants naturels

---

Le traitement avec un agent fixateur de colorant cationique améliore la résistance au lavage. Récemment, des méthodes de teinture non conventionnelles ont également été développées.

L'une de ces méthodes est la technologie de teinture propre, dans laquelle la puissance ultrasonore est utilisée pour améliorer l'absorption de colorant tout en économisant du temps et en respectant l'environnement.

Une autre approche est la cationisation du coton pour une meilleure absorption des colorants.

### **II.6.2. Teinture de laine et soie:**

La laine et la soie sont très sensibles aux attaques des alcalis (à  $\text{pH} > 9$ ) nécessitant une attention particulière lors de la teinture à pH alcalin.

La laine contient un nombre égal de groupes amine et carboxyliques ne portant aucune charge nette en solution aqueuse, tandis que la soie possède ces groupes en nombre variable avec le résultat net d'être légèrement cationique, ayant un point isoélectrique à environ  $\text{pH} 5,0$  et est moins sensible aux variations de Température (Gupta, 2019).

Le pré- ou post-mordance est effectuée avec des produits chimiques de source naturelle riches en tanin (5–20%) et / ou des sels métalliques (1–2%) comme l'alun, le sulfate d'aluminium, le sulfate ferreux, le sulfate de chrome, etc. à  $80\text{--}90^\circ\text{C}$  pendant environ 30–40 minutes à un rapport d'alcool d'environ 1: 5–1: 20 et teint sans lavage (JN Chakraborty, 2015).

La profondeur de l'ombre varie directement avec la concentration de mordant et de colorant; plus la concentration de mordant et de colorant est élevée, plus la teinte sera profonde, même si des essais doivent être effectués avant la coloration de masse.

Peu de dernières techniques non conventionnelles sont également apparues, telles que la cationisation de la laine et de la soie avant la teinture pour une meilleure absorption du colorant, le chauffage par micro-ondes pour de meilleures propriétés de solidité (JN Chakraborty, 2015).

### **II.6.3. Teinture de Nylon :**

La structure du nylon est très similaire à celle des polyamides protéiques de la soie et de la laine, mais il est beaucoup plus résistant, durable, chimiquement inerte et moins cher à produire que les fibres naturelles. Le groupe amino est présent dans le nylon comme groupe fonctionnel actif (JN Chakraborty, 2015).

## Les colorants naturels

---

L'acide, le complexe métallique et la dispersion réactive sont les colorants importants utilisés dans la teinture du nylon pour une meilleure solidité des couleurs tandis que le colorant dispersé produit de mauvaises teintes résistantes au lavage (JN Chakraborty, 2015).

Le nylon n'a pas d'affinité pour les colorants naturels et les mordants sont utilisés pour créer une affinité pour les colorants naturels. Le mordantage peut être effectué avant, pendant et après la teinture. Le mordant le plus approprié pour le nylon est le sulfate ferreux et l'acide tannique.

Le post-mordant développe une meilleure force de teinture mais le pré-mordant développe un meilleur rendement de colorant lorsque des colorants cationiques sont utilisés.

La force de la couleur varie en fonction du pH du bain de teinture; l'application de différents mordants suivie d'une teinture avec un colorant naturel peut former différentes teintes. Le nylon pouvait également être teint avec de la purpurine 6 à environ 70 ° C et le colorant s'est révélé très sensible aux changements de pH. L'application d'extrait d'écorce de *Babul* sur du nylon par la technique du froid-pad-batch et du pad-dry-steam pourrait également être considérée comme une option de teinture écologique efficace (JN Chakraborty, 2015).

### II.6.4. Teinture de Polyester :

Le polyester conserve le groupe fonctionnel ester. Il est de nature hydrophobe et la teinture est effectuée avec un support ou à HTHP.

La teinture HTHP à pH acide se traduit par une meilleure solidité et solidité de la couleur. Les colorants naturels comme l'hydrox anthraquinone se comportent comme des colorants dispersés et peuvent être appliqués dans la teinture du polyester (Gupta, 2019).

Dans une méthode de teinture du polyester avec des colorants naturels, l'application d'une solution / dispersion aqueuse de *Mollotusphillipinensis*, *Rheumemodi* et *Onasmaechoides* (ratanjot) sur du polyester a été effectuée à 130 ° C pendant 45 min à pH ~ 4,5-5,0 en gardant le tissu: rapport d'alcool de 1:50 dans un bain de glycérine; les tissus teints ont ensuite été traités avec 2 g / l de détergent non ionique à 60 ° C pendant 10 min pour éliminer les colorants non fixés, puis lavés à froid et séchés (Gupta, 2019).



### II.7. Solidité des colorants naturels:

La plupart des colorants naturels développent une mauvaise tenue des couleurs.

- La solidité au lavage d'un colorant dépend principalement du système colorant-fibre (liaison chimique) et du degré de piégeage à l'intérieur de la fibre (liaison physique) en raison de la taille du pigment ou de la formation du lac. La solidité à la lumière dépend principalement de la structure inhérente du colorant et également de la nature de la fibre à laquelle le colorant est attaché chimiquement. La décoloration photo est un phénomène de réaction photochimique qui est communément classé comme photo-oxydation et photo-réduction. Une mauvaise tenue à la lumière de certains des colorants naturels peut être attribuée à la propension du chromophore du colorant à l'oxydation photochimique

D'autres facteurs influençant la solidité à la lumière des textiles teints naturels sont la concentration de colorant et le type de lumière incidente. Plus la profondeur de l'ombre est élevée, plus la résistance à la lumière sera élevée. La nature de la lumière incidente influe également sur la solidité à la lumière du colorant (Sasmita Baliarsingh, 2012).

Les colorants fugitifs se décolorent dans la région visible tandis qu'un colorant possédant une meilleure résistance à la lumière est estompé principalement par les rayons UV. Les mordants peuvent également améliorer la résistance à la lumière et au lavage des colorants naturels. La résistance à la lumière et au lavage de divers colorants naturels peut être résumée comme suit (Sasmita Baliarsingh, 2012).

### II.8. Les avantages d'utilisations des colorants naturels:

L'utilisation de colorants naturels présente plusieurs avantages. Ces colorants sont plus verts par rapport à leur homologue synthétique, obtenus à partir de sources renouvelables ce qui les rend plus durables et leur préparation n'implique pas l'utilisation de produits chimiques toxiques qui peuvent nuire à l'environnement.

Comme les colorants naturels sont peu sophistiqués et harmonisés avec la nature, ils ne sont pas nocifs (Bhute, 2012). Dans le cas de la teinture naturelle, la quantité de toxicité des eaux usées est beaucoup plus faible et l'élimination finale des vêtements teints naturellement ne provoque pas de pollution parce qu'ils sont biodégradables (Ratnapandian, 2020).

## Les colorants naturels

---

Les colorants naturels s'avéreraient être une source de revenus supplémentaires pour les agriculteurs car le végétal résiduel qui reste après l'extraction des colorants peut être facilement compostée et utilisée comme engrais (Ratnapandian, 2020) .

Les colorants naturels sont écologiques, ils ne sont pas dangereux pour la santé et peuvent même parfois avoir un effet curatif. Beaucoup d'entre eux sont classés comme médicinaux comme (POLYSILANE UPSA) qui contient Rouge cochenille A (eurekasante.vidal) , et certains colorants ont montrés des propriétés antimicrobienne tel que la chlorophylle de Rufel qui contient la chlorophylle.

Les utilisateurs de tissus teints naturels ont également constaté que ces tissus étaient des moustiques répulsif et / ou antimites comme peut-être le matériel végétal à partir duquel ces les colorants dérivés pouvaient également contenir des substances répulsives naturelles.

Dans En outre, récemment, des textiles cellulosiques traités avec de l'extrait végétal naturel ont été trouvé pour présenter des propriétés ignifuges.

De nombreuses études ont rapporté l'effet des colorants naturels comme un agent protecteur contre les rayons UV. Ils absorbent la lumière dans la région ultraviolette et produisent des couleurs douces apaisantes pour les yeux qui sont en harmonie avec la nature.

### **II.9. Les limitations de l'utilisation des colorants naturels :**

Malgré les avantages considérables, il existe certaines limitations qui doivent être surmontées. Les chercheurs ont prouvé que les colorants naturels peuvent fournir une grande variété de couleurs mais les limitations indiquées sont la quantité et la qualité.

Certains inconvénients bien connus des colorants naturels sont le faible rendement et l'efficacité pendant le processus de teinture, la disponibilité et la réintroduction de colorants naturels à l'échelle industrielle. L'utilisation de colorants naturels ne pose aucun problème pour l'élimination du produit. Cependant, certains d'eux exigent l'utilisation des métaux lourds ou d'autres substances potentiellement toxiques (Bhute, 2012) .

Ainsi, la recherche sur ce domaine ouvre la voie à des développements innovants à l'avenir. Il convient de noter que les colorants naturels ne peuvent pas remplacer complètement leurs homologues synthétiques (Ratnapandian, 2020).

### **II.10. Discussions entre les colorants synthétiques et naturels:**

En comparant les colorants naturels et synthétiques, on peut noter que ce dernier a de meilleures performances et économiquement viable que le premier. Cependant, le cycle de vie des colorants synthétiques implique la libération de produits chimiques dangereux dans l'environnement. L'utilisation de substances nocives dans le cycle de vie des colorants, en production ou en application, contribue beaucoup à la pollution de l'environnement. Ainsi, davantage d'efforts sont nécessaires pour minimiser le rejet de polluants dans l'environnement par les colorants.

Les colorants naturels et synthétiques présentent des avantages et des inconvénients. Malgré les défis des colorants, qu'ils soient naturels ou synthétiques, l'utilisation de colorants offre de nombreux avantages. La synthèse des colorants naturels a lieu dans des conditions naturelles vertes et sans problèmes écologiques.

De brèves informations sur les colorants naturels, leurs sources, les procédures d'application et les divers avantages et inconvénients de leur utilisation ont été discutées dans ce chapitre.

### **II.11. Conclusion :**

Les colorants naturels ont été négligés pendant environ 150 ans, mais sont récemment revenus sur le devant de la scène. Aujourd'hui, ils peuvent compléter les colorants synthétiques comme une option écologique pour le consommateur soucieux de l'environnement. Il y a également eu un grand intérêt récent pour leurs effets pharmacologiques. Et bien qu'ils présentent de nombreux inconvénients, Les études futures peuvent les surmonter.

Cependant, la principale exigence pour leur renaissance à l'échelle commerciale est le développement de nouvelles techniques suffisamment efficaces pour permettre aux colorants naturels disponibles d'être utilisés avec un effet maximal. Un colorant approprié doit avoir de bonnes performances sur le substrat, économiquement viable et des effets environnementaux et sanitaires minimaux dans son cycle de vie. Les colorants naturels peuvent être facilement obtenus dans la localité, sa production est verte, biodégradable et respectueuse de l'environnement et certains possèdent des activités biologiques. La base de données scientifique sur la chimie des colorants naturels et leur application continue à s'étendre. Des recherches mondiales ont été menées non seulement pour obtenir une compréhension profonde sur les colorants naturels, mais également pour les utiliser avec une technologie moderne.

# ***Chapitre III* : Les techniques d'extraction des colorants**

### III.1. Extraction :

#### III.1.1. Préparation du matériel végétal :

Avant la procédure d'extraction, un prétraitement des échantillons de plantes est généralement nécessaire. La sélection des plantes est effectuée sur la base de bases structurelles aléatoires, ethno-pharmacologiques, chimio-taxonomiques, géographiques et ses composées. Donc la sélection du matériel végétal se fait en effectuant d'abord une étude approfondie de la littérature. (K.Mukherjee, 2019).

Les parties utilisables de la plantes aromatiques pour l'extraction sont les feuilles et les fleurs. Les échantillons de plantes peuvent être utilisés directement comme plantes fraîches ou séchées.

Pour les échantillons séchés, il existe plusieurs techniques de séchage utilisées, les plus courants sont (Victoria Samanidou, 2019):

- Le séchage à l'air.
- Le séchage par micro-ondes.
- Séchage avec un four sophistiqué.
- La lyophilisation d'échantillons de plantes.

Le séchage à l'air nécessite généralement de plusieurs jours à plusieurs mois, selon le type de l'échantillon. Et c'est la technique que nous avons adoptée pour notre plante.

Une réduction de la taille des particules est nécessaire par broyage pour augmenter le contact de surface entre la plante et le solvant extracteur (Victoria Samanidou, 2019). Les échantillons en poudre sont préférés au lieu d'échantillons broyés, car ils sont constitués de particules plus homogénéisées et plus petites. Cette étape joue un rôle crucial, des mortiers et des pilons conventionnels sont utilisés pour cela.

#### III.1.2. Echantillonnage :

Des échantillons de feuilles et de fleurs (la partie aérienne) de pélagonium ont été collectés en avril, mai et juin 2020 à Dejndel et Hammam Righa, province d'Ain Defla, Algérie. Ils ont été séchés à une température ambiante à l'ombre dans un milieu aéré pendant un mois pour chaque échantillon. Lorsqu'elles sont sèches, leurs couleurs se noircissent. L'identification a été confirmée par Mme. W.HAMRAT, enseignante chimie de l'environnement à l'Université de Djilali BOUNAAMA Khemis Miliana 2020.

## Les techniques d'extraction des colorants naturels

Les matières végétales étaient broyées avec un mortier et un pilon conventionnel, et tamisé en maille de 0,2 mm). Ensuite, la poudre obtenue a été conservée dans un récipient en verre séché et bien scellé jusqu'à son utilisation.

### III.1.3. Réactifs :

Les produits chimiques et les solvants requis pour les analyses ont été achetés à une qualité analytique ou au plus haut niveau de pureté disponible.

Le tableau (III.1) représente les produits chimiques et les solvants requis pour les analyses.

**Tableau. III.1** : Les produits chimiques et les solvants requis pour les analyses.

Les analyses	Les produits
Extraction	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ethanol(<math>\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}</math>),</li><li>- Sulfate de Sodium(<math>\text{Na}_2\text{SO}_4</math>),</li><li>- Ether de pétrole (<math>\text{CH}_3\text{-(CH}_2)_n\text{-CH}_3</math>),</li><li>- Acetone (<math>\text{C}_3\text{H}_6\text{O}</math>),</li><li>- Acide sulfurique (<math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>).</li></ul>
Purification	<ul style="list-style-type: none"><li>- gel de silice,</li><li>- anhydride,</li><li>- acide sulfurique.</li></ul>

Les facteurs environnementaux : (lumière, nutriments du sol, stress, température et altitude), la partie végétale sélectionnée et la conservation des échantillons sont toutes très importantes pour obtenir une bonne qualité de l'extrait (K.Mukherjee, 2019).

### III.1.4. Procédure d'extraction :

L'extraction est le traitement des tissus végétaux ou animaux par procédures standard avec des solvants sélectifs, afin de dissoudre les constituants pharmaceutiquement actifs, tandis que la plupart des matières inertes reste non dissous. L'extraction de composés chimiques bioactifs est la première étape de l'analyse des plantes médicinales et aromatiques et il joue un rôle dans leur séparation et leur caractérisation ultérieures (Victoria Samanidou, 2019).

### III.1.5. Les techniques utilisées:

De nos jours, une large gamme de techniques d'extraction est disponible. Elles subdivisent entre les méthodes classiques ou conventionnelles et d'autre qui utilise de la nouvelle technologie, on les appelle les méthodes non-conventionnelles (Victoria Samanidou, 2019).

#### III.1.5.1. Les techniques d'extraction non-conventionnelle :

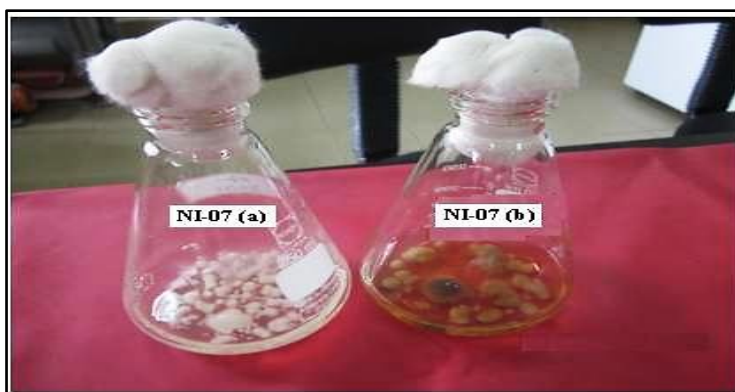
- L'extraction assistée par ultrasons (EAU).
- Extraction assistée par méthode enzymatique.
- Extraction assistée par micro-ondes (MAE).
- Extraction liquide sous pression (PLE).
- Extraction par fluide supercritique.

#### III.1.5.2.1. Les techniques d'extraction conventionnelle utilisée pour les colorants :

Pour faire une extraction rentable, le bon choix de la technique utilisée est nécessaire. La nature des solvants extractants joue également un rôle crucial. Après avoir finir l'extraction il faut bien purifier son extrait brut. La purification peut être effectuée par recristallisation ou utilisant des techniques chromatographiques telles que la chromatographie sur colonne, Chromatographie sur couche mince (CCM) et chromatographie liquide à haute performance (HPLC). Cependant, l'étape de purification peut être ignorée si une technique d'extraction sélective est utilisée (Lutamyo Nambela, 2019).

##### III.1.5.2.1.1. Fermentation :

L'extraction par fermentation à partir des plantes contenant de l'indigo comme le pastel est l'exemple le plus courant pour ce type d'extraction. Les feuilles et les rameaux d'indigo fraîchement récoltés sont trempés dans de l'eau tiède (environ 32 °C). La fermentation sera terminée entre 10 et 15 h, ensuite recueillie, lavée après avoir retiré l'excès de l'eau (Raja, 2014). La fermentation aide à élimination des sucres indésirables, des pesticides, des métaux lourds et autres des contaminants qui peuvent polluer l'extrait (Victoria Samanidou, 2019).



**Figure.III.1 :** Figure représente l'extraction par la fermentation.

### **III.1.5.2.1.2. Extraction aqueuse :**

Dans cette méthode, le matériau contenant du colorant en poudre est trempé avec de l'eau dans des récipient en bois ou en métal (de préférence en cuivre ou en acier inoxydable) pendant une longue période, généralement pendant la nuit, pour desserrer la structure cellulaire puis sera bouillie pour obtenir la solution de colorant qui sera filtrée pour éliminer les restes de la plante. Le processus d'ébullition et de filtrage est répété plusieurs fois pour éliminer autant de colorant que possible (Raja, 2014).



**Figure.III.2 :** Photo qui représente la méthode d'extraction aqueuse.

### **III.1.5.2.1.3. Processus d'extraction d'acide et d'alcalin :**

Comme de nombreux colorants se présentent sous forme de glycosides, ceux-ci peuvent être extraits dans des milieux acides ou alcalins. L'addition de l'acide ou de l'alcali facilite



## Les techniques d'extraction des colorants naturels

l'hydrolyse des glycosides résultant en une meilleure extraction et un rendement plus élevé. L'eau acidifiée est également utilisée pour extraire certains colorants flavone pour empêcher la dégradation oxydative (Raja, 2014).

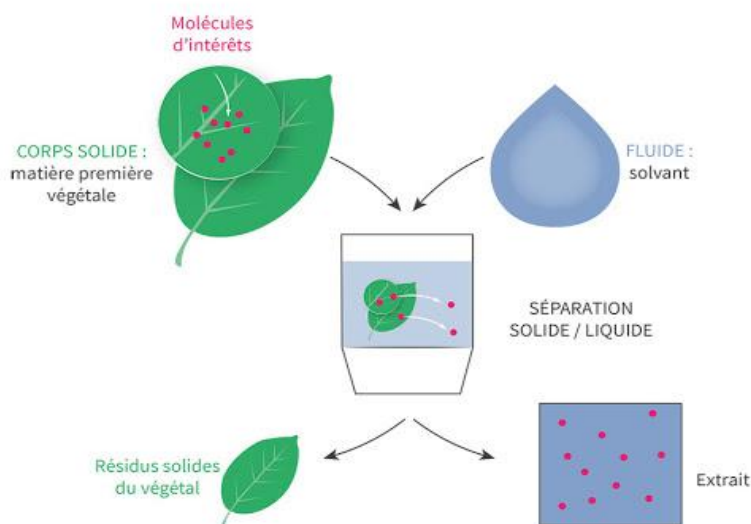
L'extraction alcaline convient aux colorants ayant des groupes phénoliques car ils sont solubles dans l'alcali. Les colorants peuvent être précipités plus tard par l'utilisation d'acides.

### III.1.5.2.1.4. Extraction par solvant :

Les matières colorantes naturelles selon leur nature peuvent également être extraites en utilisant des solvants organiques tels que l'acétone, l'éther de pétrole, le chloroforme, l'éthanol, du méthanol, ou un mélange de solvants tel qu'un mélange d'éthanol et de méthanol, mélange d'eau et d'alcool, etc. (Raja, 2014)

La méthode d'extraction eau / alcool extrait des substances solubles et insolubles dans l'eau de la plante. Le rendement d'extraction est ainsi plus élevé par rapport à la méthode aqueuse.

La purification est donc plus facile en fonction du solvant qui sera facilement retiré par distillation. (Raja, 2014)



**Figure.III.3 :** Figure qui présente l'action du solvant sur le matériel végétal.

### III.1.5.2.2. Extraction des polyphénols :

Il est convenable de noter que les techniques d'extraction utilisées pour les différents métabolites s'interfèrent, on choisit ici la plus adéquate pour les polyphénols, mais on en compte autres.

### III.1.5.2.2.1. Macération :

Une procédure qui est largement utilisée, considérée comme un moyen économique et simple.

#### *Principe :*

L'échantillon en poudre est émergé dans un solvant placé dans un récipient fermé, laissé à température ambiante pendant 16h, il est préféré d'agiter régulièrement jusqu'à la dissolution totale de la matière soluble. Le mélange est ensuite filtré.

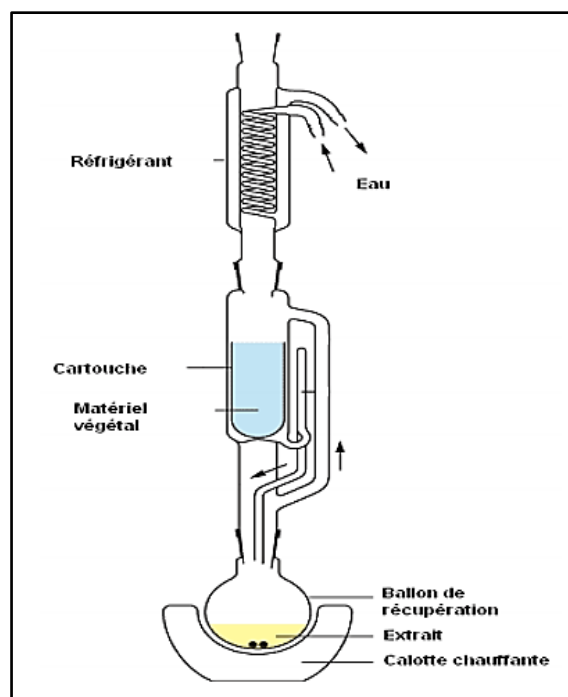
Afin d'augmenter le rendement d'extraction, il faut répéter le processus plusieurs fois (Antigoni Oreopoulou, 2019).



**Figure.III.4 :** Photo de la procédure de macération.

### III.1.5.2.2.2. L'extraction par Soxhlet :

Le principe consiste à effectuer une extraction par un solvant organique à l'aide d'un dispositif Soxhlet d'une capacité de 250 ml. L'échantillon est épuisé en matières grasses par le passage du solvant. Une fois l'extraction terminée le solvant est éliminé à l'aide d'un Rotavapor.



**Figure.III.5** : Schéma de l'extracteur Soxhlet.

a) **Principe** : Cette extraction repose sur le principe suivant qui se déroule en trois étapes (M.A. Lopez-Bascón, 2020):

- **Lixiviation** :

Le matériel végétal est placé dans un support poreux en papier filtre ou en cellulose, appelé "une cartouche" qui est insérée dans l'extracteur. Tout cela immergé dans l'ébullition. L'extracteur est placé sur un ballon qui est ensuite rempli avec le solvant d'extraction.

Le ballon est chauffé, le solvant se vaporise dans la cartouche en passant par un tube adducteur qui contient l'échantillon, se condense dans un réfrigérant adapté au-dessus et retombe dans l'extracteur, faisant ainsi macérer le solide dans le solvant chauffé.

- **Rinçage** :

Le solvant condensé s'accumule dans l'extracteur jusqu'à atteindre le sommet du siphon. Ce siphon est utilisé pour aspirer le contenu liquide ce qui provoque le retour de ce dernier dans le ballon, transportant les composés extractibles. Le processus se poursuit jusqu'à l'extraction complète.

## Les techniques d'extraction des colorants naturels

---

- **L'évaporation :**

Le solvant continue alors de s'évaporer, alors que les substances extraites restent dans le ballon (leur température d'ébullition doit être nettement supérieure à celle du solvant extracteur). L'évaporation permet donc de récupérer l'extrait.

- b) Matériel et méthode :**

Il est également souhaitable d'utiliser un chauffe-ballon avec une agitation magnétique intégrée, afin d'éviter des à-coups d'ébullition qui provoquent une remontée du liquide contenu dans le ballon et non des vapeurs de solvant pures. A défaut on peut placer des billes de verre ballon.

- c) Résultats :** Il faut calculer la teneur en MGT (matière grasse totale) rapporté par l'équation suivante:

$$\text{MGT (\%)} = [(P_1 - P_0) \div E] \times 100$$

Avec :  $P_0$  = poids du ballon à vide,  $P_1$  = poids du ballon contenant les lipides,  $E$  = prise d'essai.

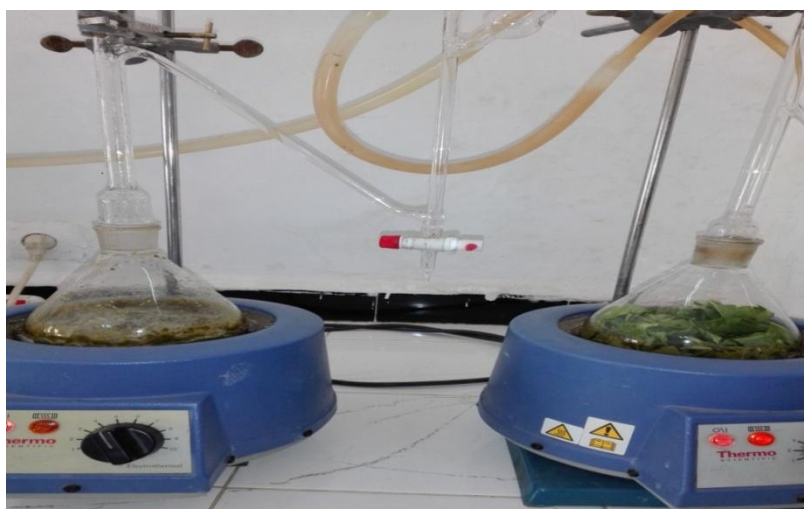
### III.1.5.2.3. Extraction des huiles essentielles de *P. graveolens* par

#### **Hydrodistillation:**

Selon les plantes aromatiques utilisées, l'extraction des huiles essentielles peut se faire par différentes procédés. La plus utilisée est l'hydrodistillation.

Il s'agit de la méthode la plus simple et de ce faite-là plus anciennement utilisée. Le matériel végétal est immergé directement dans un alambic rempli d'eau placé sur une source de chaleur. Le tout est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées dans un réfrigérant et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité. L'huile essentielle étant plus légère que l'eau, elle surnage au-dessus de l'hydrolat (Fulya Tahan, 2013).

Des échantillons de 100 g des parties aériennes de plantes séchées à l'air ont été soumis à une hydrodistillation pendant 2 h en utilisant un appareil Clevenger. L'OE obtenu a été séché sur du sulfate de sodium anhydre et, après filtration, stocké à + 4 ° C jusqu'à ce qu'il soit testé. Toutes les expériences ont été menées en triple et les résultats ont été exprimés sur la base du poids de matière sèche (Raffael Capasso, 2000).



**Figure.III.6.** Extraction par Hydrodistillation (Clevenger).

L'OE a été obtenu par hydrodistillation à partir de parties de *P. graveolens* aérien séchées à l'air avec un rendement de 0,15%.

L'huile de géranium rose obtenue est liquide et a une couleur vert jaunâtre. Elle a un parfum de rose vif avec une note de menthe moins prononcée. Par conséquent, cette huile peut être précieuse pour l'aromatization des aliments.

Les feuilles bouillies de cette herbe sont utilisées pour protéger les plaies contre les asticots (Smith 1895).

La composition en huile essentielle de *P. graveolens* a été significativement affectée par la durée de la culture et l'huile avec le meilleur rapport Citronellol : Géraniol a été obtenue à partir des cultures plantées en janvier (Nusrat Subhan, 2018). Près de 230 composants ont été détectés dans les huiles essentielles des espèces *Pélagonium*. C'est un mélange complexe de plus de 120 monoterpènes et sesquiterpènes tels que le pinène, le phellandrène, le myrcène, le limonène, le germacrène, le caryophyllène (Fulya Tahan, 2013).

### **III.2. La purification :**

Les composants dans n'importe quel extrait sont complexes et contiennent une variété de produits naturels qui nécessitent une séparation et une purification supplémentaires pour obtenir la fraction active ou des produits naturels purs. La séparation dépend de la différence physique ou chimique du produit naturel individuel. La chromatographie, en particulier, est la principale méthode utilisée pour obtenir des produits naturels purs.

### III.2.1. Les méthodes chromatographiques:

Les progrès des techniques chromatographiques et spectroscopiques, en particulier en chromatographie liquide à haute performance (HPLC), ont rendu l'isolement, la purification et la caractérisation des molécules biologiquement actives beaucoup plus faciles et plus rapides.

La procédure devient plus difficile et compliquée lorsque les composants présents dans l'extrait naturel sont inconnus, dans lesquels il est nécessaire d'effectuer analyse qualitative (Mahesh S. Majik, 2019).

Dans toutes les formes de chromatographie, il existe deux phases: une phase stationnaire et une phase mobile.

- La phase stationnaire est un matériau solide finement divisé ou un liquide visqueux contenu dans une longue colonne.
- La phase mobile est un liquide (ou une solution liquide) ou un gaz sous pression.
- La phase mobile se déplace à travers la phase stationnaire portant le mélange d'analyte avec elle.
- Selon leur affinité pour la phase stationnaire, les composants de l'analyte se déplacent rapidement ou lentement à travers la colonne, se séparant des autres composants en cours de route.

### III.2.2. Les deux grandes catégories :

Les techniques largement utilisées peuvent être classées dans les deux catégories suivantes :

- ✓ Chromatographie planaire.
- ✓ chromatographie sur colonne.

#### III.2.2.1. Chromatographie planaire: (Mahesh S. Majik, 2019)

La phase stationnaire est supportée par une surface plane (par exemple, une plaque de verre, une feuille de plastique, du papier, etc.).

La phase mobile et l'analyte traversent la phase stationnaire par capillarité et / ou gravité. L'échantillon est repéré sur une plaque de papier ou CCM et le bord inférieur de la plaque de papier ensuite est plongé dans un liquide approprié.

La phase mobile liquide remonte la fine couche d'adsorbant (gel de silice ou poudre d'alumine) par capillarité, et les composants du mélange sont séparés en différents points en

## Les techniques d'extraction des colorants naturels

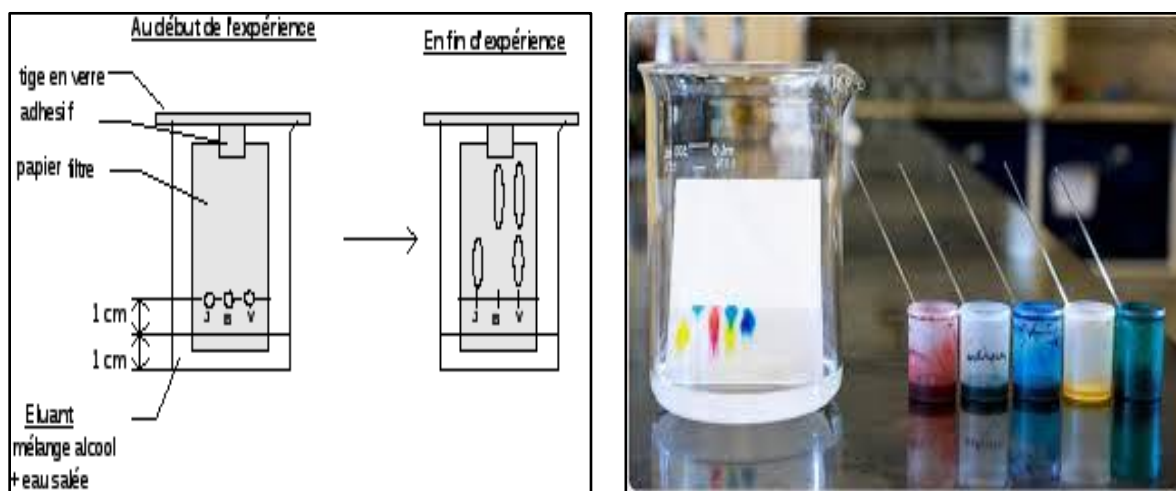
fonction de leur attirance relative pour la phase stationnaire ou de la nature des solvants qui composent la mobile phase.

La valeur  $R_f$  obtenue sera différente pour les composés. Et par conséquent, différents systèmes de solvants (phases mobiles) sont analysés pour obtenir des informations sur un certain nombre présents dans l'échantillon brut (le nombre de taches sur CCM / représente le nombre de composants présents dans l'échantillon).

La plaque CCM est visualisée soit par des méthodes non destructives telles que la lumière UV-visible / les vapeurs d'iode, soit en utilisant des méthodes destructives telles que la pulvérisation de 5%  $H_2SO_4$  dans la ninhydrine.

Au fur et à mesure, les composants remontent à des vitesses distinctes en fonction des forces intermoléculaires entre les deux phases qui varient en fonction de la polarité de groupe fonctionnel.

La valeur  $R_f$  qui définit l'élément varie entre 0.25 et 0.5, il ne s'agit d'une constante physique et la comparaison ne s'effectue qu'entre des spots sur la même feuille, exécutés en même temps dans des conditions expérimentales identiques.



**Figure.III.7** : Schéma de protocole de la Chromatographie planaire CCM.

### III.2.2.2. Chromatographie sur colonne:

Une colonne de verre est remplie d'une phase stationnaire telle que le gel de silice ou de l'alumine et équilibrée en ajoutant une phase mobile. Le mélange d'analyte à séparer est transféré en haut de la colonne en utilisant soit une méthode de chargement soit sec (Mahesh S. Majik, 2019) .

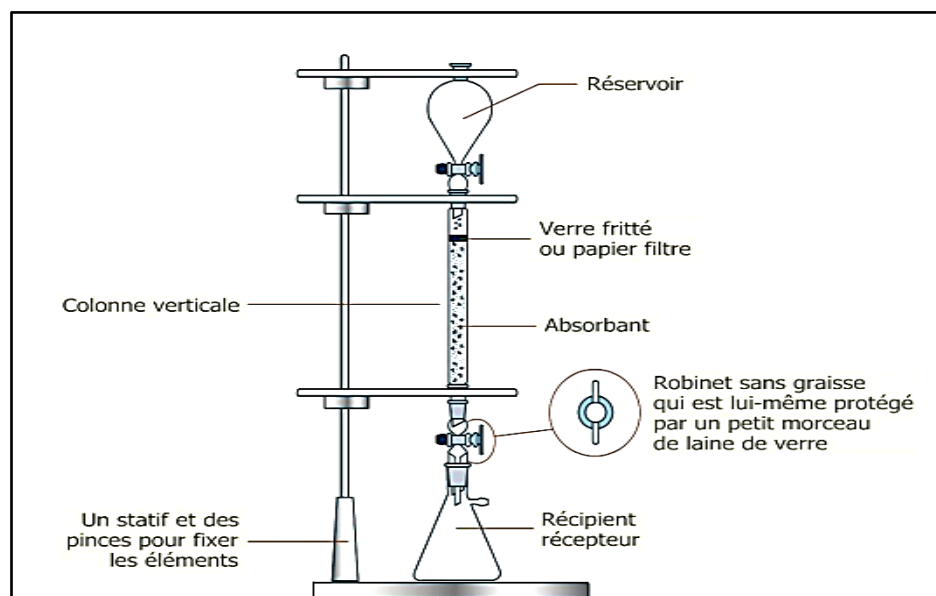
## Les techniques d'extraction des colorants naturels

La phase mobile est alimentée en continu par le haut de la colonne par gravité. Lorsque les composants traversent la colonne, selon leur affinité, ils sont adsorbés et par suite se séparent sous forme de bandes (Mahesh S. Majik, 2019).

Les analytes avec une affinité plus faible passent moins de temps sur la colonne et passent donc rapidement, tandis que ceux avec une affinité plus élevée pour la phase stationnaire passent plus de temps sur la colonne et sont donc retenus plus longtemps. La résolution des composants varie avec la taille des particules d'adsorbant et de meilleures séparations sont obtenues avec des particules de plus petite taille (Mahesh S. Majik, 2019).

Cependant, les particules les plus petites ralentissent le taux d'élution mais on peut l'augmenter en utilisant des pompes qui génèrent des pressions inférieures, moyennes ou élevées, cette technique de séparation est appelée HPLC.

Dans la séparation HPLC de mélanges complexes, les deux modes de chromatographie populaires utilisés sont la chromatographie liquide en phase normale et la chromatographie sur colonne en phase inverse (Mahesh S. Majik, 2019).



**Figure.III.8 :** Schéma de protocole de la Chromatographie sur colonne.



### III.2.3. Appareillage :

#### III.2.3.1. Analyse chromatographique:

À la chromatographie sur colonne : sur une colonne ouverte de gel de silice (60 e 120 mesh) puis éluée avec du chloroforme, du chloroformé méthanol à différents rapports (v / v) et du méthanol à partir de laquelle 15 ml de chacune de 65 fractions ont été obtenus.

La fraction recueillie dans du chloroformé méthanol (50:50) a été davantage purifiée par chromatographie sur colonne de re-colonne sur du gel de silice pour donner un composé Sa-2 (78 mg) sous forme d'aiguilles jaunes lors d'une cristallisation répétée dans du méthanol. Le test positif de Shinoda avec Mg / HCl a été indiqué (Sasmita Baliarsingh, 2012) .

L'extrait aqueux de méthanol (40 g) a été soumis à une Chromatographie sur colonne sur Sephadex LH-20 avec de l'eau contenant du méthanol à différents rapports pour donner trois fractions (Fr et I et III) (Sasmita Baliarsingh, 2012).

#### III.2.3.2. Analyse spectrale :

Les spectres infrarouges des composés ont été enregistrés sur un spectrophotomètre Shimadzu FTIR (Modèle Prestige 21) dans le gamme de fréquences 4700 et 400  $\text{cm}^{-1}$  La résonance magnétique nucléaire (Sasmita Baliarsingh, 2012).

Les spectres RMN<sup>1</sup>H ont été enregistrés sur un instrument JEOL AL - 400 MHZ.

Les spectres d'absorption ont été enregistrés pour la détermination de absorbance (%) sur Perkins Elmer, spectrophotomètre Lambda 35 UV / Vis dans la gamme de longueurs d'onde 200 et 800 nm (Sasmita Baliarsingh, 2012).

### III.3. Conclusion :

En conclusion, il y a un intérêt clair et croissant pour l'extraction et la purification des produits naturels et leurs applications avantageuses. Les processus exigeants en laboratoire et chronophages ont entravé l'application de produits naturels dans le développement de médicaments. Au fur et à mesure que la technologie continue de se développer, de plus en plus de nouvelles techniques automatiques et rapides ont été créées pour extraire et séparer les produits naturels, ce qui pourrait atteindre l'exigence d'un criblage à haut débit.

Bien que l'isolement de produits naturels purs à partir de mélanges complexes reste difficile et que nous soyons loin des procédures d'isolement en une seule étape, l'application de méthodes

## **Les techniques d'extraction des colorants naturels**

---

plus sélectives de l'extraction au fractionnement et à la purification accélérera le temps entre la collecte du matériel biologique et l'isolement du composé purifié final.

# *Conclusion Générale*

## Conclusion

---

Les colorants naturels ont été négligés pendant environ 150 ans, mais sont récemment revenus sur le devant de la scène. Aujourd'hui, ils peuvent compléter les colorants synthétiques comme une option écologique pour le consommateur soucieux de l'environnement. Il y a également eu un grand intérêt récent pour leurs effets pharmacologiques. Et bien qu'ils présentent de nombreux inconvénients, Les études futures peuvent les surmonter.

La principale exigence pour leur renaissance à l'échelle commerciale est le développement de nouvelles techniques suffisamment efficaces pour permettre aux colorants naturels disponibles d'être utilisés avec un effet maximal. Un colorant approprié doit avoir de bonnes performances sur le substrat, économiquement viable et des effets environnementaux et sanitaires minimaux dans son cycle de vie. Les colorants naturels peuvent être facilement obtenus dans la localité, sa production est verte, biodégradable et respectueuse de l'environnement et certains possèdent des activités biologiques.

La base de données scientifique sur la chimie des colorants naturels et leur application continue à s'étendre. Des recherches mondiales ont été menées non seulement pour obtenir une compréhension profonde sur les colorants naturels, mais également pour les utiliser avec une technologie moderne.

# *Références bibliographique*

## REFERENCES

---

- A.M.Viljoen, J. R. (2008, January ). In vitro biological activities of South African Pelargonium (Geraniaceae) species. *South African Journal of Botany* , 153-157.
- Abdelkrim Kameli, F. S. (2013). Essential oil of Algerian rose-scented geranium (Pelargonium graveolens): Chemical composition and antimicrobial activity against food spoilage pathogens. (Elsevier, Éd.) *Food Control* , 34 (1).
- Akshay Kumar, B. P. (2020). *Functional and Preservative Properties of Phytochemicals ( Antimicrobial and antioxidant properties of phytochemicals: Current status and future perspective)*. (B. Prakash, Éd.) India: Centre of Advanced Study in Botany, Institute of Science, Banaras Hindu University, Varanasi, Uttar Pradesh, India.
- Albert, H. *Les Nouveaux Paradis Artificiels*. La France: Le Manuscrit Amazon France.
- Alois G.Puntener, U. S. (2000). *Colorants for Non-Textile Applications*. Germany: TFL Ledertechnik AG, 4002 Basel, Switzerland ,Ciba Spezialit~tenchemie GmbH, 79630 Grenzach, Germany.
- Amit Kumar Pandey, P. K. (2020). *Feed Additives : Aromatic Plants and Herbs in Animal Nutrition and Health ( Chapter 6 )*. (E. C. Panagiota Florou-Paneri, Éd.) Delhi, India: Ayurved Limited Office, Delhi,CEHTRA Chemical Consultants Pvt Ltd.
- Antigoni Oreopoulou, D. T. (2019). *Extraction of Polyphenols From Aromatic and Medicinal Plants: An Overview of the Methods and the Effect of Extraction Parameters*. Greece: Laboratory of Food Chemistry and Technology, School of Chemical Engineering, National Technical University of Athens (NTUA), Athens.
- ATEL, H. P. (2011). *Handbook of textile and industrial dyeing*. India: T he Maharaja Sayajirao University of Baroda.
- BENYAHIA Amira, B. I. (2015). *Contribution à l'extraction et l'activité de l'huile essentielle du Pélargonium graveolens "L'Hér" de la région d'Ouargla*. Ouargla-Algérie: Université Kasdi Merbah-Ouargla.
- BENYAHIA, A. B. (2015). *Contribution à l'extraction et l'activité de l'huile essentielle du Pélargonium graveolens "L'Hér" de la région d'Ouargla*. Ouargla-Algérie: Université Kasdi Merbah-Ouargla.
- Bhanu Prakash, A. K. (2020). *Antimicrobial and antioxidant properties of phytochemicals: Current status and future perspective*. India: Centre of Advanced Study in Botany, Institute of Science, Banaras Hindu University, Varanasi, Uttar Pradesh.
- Bhute, K. H. (2012). *Plant based natural dyes and mordants*. Maharashtra. INDIA: Department of Textile Chemical and Colour, Wool Research Association.
- Boer HJ, H. U. (s.d.). Allergic reactions to medicines derived from Pelargonium species. *Drug Safety* , p. 370.
- Charles, C. A. (2017). Phytotherapy: An Introduction to Herbal Medicine. *Primary Care: Clinics in Office Practice* , 217-227.

## REFERENCES

---

- Cheetangdee, N. (2019). *Polyphenols in Plants, Isolation, Purification and Extract Preparation*. (R. R. Watson, Éd.) Bangkok, Thailand: Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.
- Cíntia Reis Ballard, M. R. (2019). *Bioactive Compounds Health Benefits and Potential Applications ( Chapitre 10)*. (M. R. Campos, Éd.) Department of Food and Nutrition, Faculty of Food Engineering, University of Campinas., Campinas, Brazil.
- Couic-Marinier, F. D.-M. (2018). Huile essentielle de Géranium rosat. (Elsevier, Éd.) *Actualités Pharmaceutiques* , 57 (581), 57-59.
- Dümmen Orange, E. P. (2019, 12 05). *une plante aux multiples facettes et d'une incroyable diversité*. Consulté le 06 14, 2020, sur pelargonium for europe:  
<https://www.pelargoniumforeurope.com/fr/banque-d-images/>
- Dyeing with natural dyes*.
- eurekasante.vidal*. (s.d.). Consulté le 07 10, 2020, sur eureka santé:  
<https://eurekasante.vidal.fr/medicaments/vidal-famille/medicament-bgelpo01-POLYSILANE-UPSA.html>
- Fatma Tajini, A. B.-A. (2020). Bioactive compounds from Tunisian Pelargonium graveolens (L'Hér.) essential oils and extracts:  $\alpha$ -amylase and acetylcholinesterase inhibitory and antioxidant, antibacterial and phytotoxic activities. (Elsevier, Éd.) *Industrial Crops and Products* , 158.
- Festy, D. (2017). *Futura Science*. Consulté le Aout 27, 2020, sur <https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-plante-medicinale-11529/>
- Filomena Nazzaro, L. D. (2020). *Chapter 49 - Essential oils from Mediterranean aromatic plants*. Italy: Institute of Food Sciences, Research National Council, Avellino, Department of Pharmacy, University of Salerno, Fisciano, Salerno.
- Filomena Nazzaro, L. D. *Essential oils from Mediterranean aromatic plants*. 2020: The Mediterranean Diet (Second Edition).
- Foxton-Smythe, R. (2011, April 05). *HousePlants Guru*. Consulté le 02 23, 2018, sur <http://www.houseplantsguru.com/pelargonium-zonale-pelargonium-regale-geranium>
- Freek T. Bakker, A. C. (2004). Phylogeny of Pelargonium (Geraniaceae) based on DNA sequences from three genomes. *Taxon* , pp. 17-31.
- Fulya Tahan, M. Y. (2013). Can the Pelargonium sidoides root extract EPs® 7630 prevent asthma attacks during viral infections of the upper respiratory tract in children? *Phytomedicine* , 148-150.
- Ghanmi Mohamed, H. S. (2011). Composition chimique et activités antibactériennes, antifongiques et antioxydante de l'huile essentielle de Pelargonium asperum Ehrh. ex Wilde des Comores. *Acta Botanica Gallicca* , 158 (2), 225-237.
- Guarrera, M. (2005). Traditional phytotherapy in Central Italy (Marche, Abruzzo, and Latium). *Fitoterapia* , 1-25.

## REFERENCES

---

- Gupta, V. K. (2019). *Fundamentals of Natural Dyes and Its Application on Textile Substrates*. M.L.V. Textile and Engineering College, Bhilwara, Rajasthan, India.
- Hanane HADDADI, C. T. (2019). *Composition chimique et activité antibactérienne de l'huile essentielle, de l'hydrolat et des flavonoïdes extraits des feuilles de Pelargonium graveolens*. Algérie: Département de Biochimie et Biologie Cellulaire et Moléculaire.
- Hornng-Huey Ko, Y.-T. T.-H.-C.-J.-H.-W.-L. (2013). Norartocarpetin from a folk medicine *Artocarpus communis* plays a melanogenesis inhibitor without cytotoxicity in B16F10 cell and skin irritation in mice. *BMC Complementary Medicine and therapeuties* , 348.
- Hugo J. de Boer, U. H. (2007). Allergic Reactions to Medicines Derived from *Pelargonium* Species. *Springer* , pp. 677-680.
- Ian E.Cock, S. F. (2020). The traditional use of southern African medicinal plants for the treatment of bacterial respiratory diseases: A review of the ethnobotany and scientific evaluations. *Journal of Ethnopharmacology* , 263 (113204).
- Indra.Bhatt, T. B. (s.d.). *optimization of extraction methodologies and purification technologies to recover phytonutrients from food*. Centre for Biodiversity Conservation and Management, G. B. Pant National Institute of Himalayan Environment and Sustainable Development, Kosi-Katarmal, Almora, India.
- J.Y.Y. Lalli, R. V. (2008). In vitro biological activities of South African *Pelargonium* (Geraniaceae) species. *South African Journal of Botany* , 74, 153-157.
- JN Chakraborty, E. A. (2015). *Fundamentals and Practices in Colouration of Textiles*. CRC Press.
- JOHN SMITH, A. (1883). *Domestic botanique :AN EXPOSITION of the structure and classification of plants and of thier uses for food, clothing, medicine and manufacturing purposes*. London: MACMILLAN AND-CO.
- K.Mukherjee, P. (2019). *Quality Control and Evaluation of Herbal Drugs ( Chapter 6 )*.
- Kartesz, J. T. (s.d.). *Natural resources conservation service* . Consulté le 02 23, 2018, sur <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=PEGR11>
- Ken Fern, D. J. (2018). *Plants for a futur*. Consulté le 02 23, 2018, sur <https://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Pelargonium+zonale>
- Kubelka P. (2019). *New Trends in Natural Dyes for Textiles*. 9 Elsevier Ltd.
- Lawrence, E. (2002, November). *Kirstenbosch National Botanical Garden*. Consulté le 02 2018, sur <http://pza.sanbi.org/pelargonium-zonale>
- Liberato Venant Haulea1, L. N. (2019). *A Review on Source, Chemistry, Green Synthesis and Application of Textile Colorants*. Salaam, Tanzania: University of Dar es Salaam, College of Engineering and Technology, Department of Mechanical and Industrial Engineering,.



## REFERENCES

---

- Limonier, A.-S. (2018). *La Phytothérapie de demain : les plantes*. Marseille: Faculté de pharmacie Aix Marseille Université.
- Lutamyo Nambela, L. V. (2019). A Review on Source, Chemistry, Green Synthesis and Application of Textile colorants. *Journal of Cleaner Production* .
- M.A. Lo´pez-Basco´n, M. L. (2020). *Soxhlet Extraction*. Spain: Department of Analytical Chemistry, University of Co´rdoba, Co´rdoba, Spain.
- Mack Moyo, J. V. (2014). Medicinal properties and conservation of *Pelargonium sidoides* DC. *Journal of Ethnopharmacology* , pp. 243-255.
- Maher Boukhris, M. B.-A. (2013). Trichomes morphology, structure and essential oils of *Pelargonium graveolens* L’Hér. (Geraniaceae). *Industrial Crops and Products* , 604-610.
- Mahesh S. Majik, U. B. (2019). *Analytical methods for natural products isolation: principles and applications*. India: Department of Chemistry, Goa University, Taleigao Plateau, Goa; Department of Chemistry, St. Xavier’s College, Mapusa, Goa,India.
- Miller, M. (2002). *Geranium and Pelargonium. The taxonomy of Geranium species and cultivars, their origins and growth in the wild*. London : Taylor & Francis. South Bank University, London.
- Minaksh iRajput, N. K. (2020). Medicinal plants: A potential source of novel bioactive compounds showing antimicrobial efficacy against pathogens infecting hair and scalp. *Gene Reports* , pp. 25-29.
- Mohamed Nadjib BOUKHATEM, M. S. (2011). *Culture et exploitation industrielle du géranium rosat (Pelargonium graveolens) en Algérie: état des lieux et perspectives*. Algérie: Unité de recherche en Biotechnologies Végétales, Département de Biologie, Université Saad Dahleb de Blida, Société Extral Bio des huiles essentielles, Route de Chiffa, Blida.
- Mohamed Nadjib, B. A. (2013, November). Essential oil of Algerian rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens*): Chemical composition and antimicrobial activity against food spoilage pathogens. *Food Control* , pp. 208-213.
- Monika Werner, R. v. (2008). *L’aromathérapie: principes, indications, utilisations*. (Vigot, Éd.)
- Mukherjee, P. K. (2019). Quality Control and Evaluation of Herbal Drugs- Evaluating Natural Products and Traditional Medicine. *Chapter 7 - Bioactive Phytocomponents and Their Analysis* . India.
- Mukherjee, P. K. (2019). *Quality Control and Evaluation of Herbal Drugs, Evaluating Natural Products and Traditional Medicine ( chapitre07)*. India.
- Natalia Manousi, I. S. (2019). *Engineering Tools in the Beverage Industry ,Volume Three in The Science of Beverages series ( Chapitre10 )*. (A. M. Holban, Éd.) Laboratory of Analytical Chemistry, Department of Chemistry, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece Department of Chemical Enginee, Aristotle University of Thessaloniki, Military Veterinary Hospital. , Thessaloniki, Greece .

## REFERENCES

---

- Nusrat Subhan, G. E. (2018). *Chemistry, Studies in Natural Products ( Chapter 9 )* (Vol. 57). (Atta-ur-Rahman, Éd.) Australia: Graham Centre for Agricultural Innovation, School of Biomedical Sciences, Charles Sturt University, School of Agricultural and Wine Sciences, Charles Sturt University.
- Olga Silva, G. C. (2020). A review of the role of medicinal plants on Neisseriagonorrhoeae infection. *European Journal of Integrative Medicine* , p. 133.
- Raffael Capasso, A. A. (2000). Phytotherapy and quality of herbal medicines. *Fitoterapia* , 58-65.
- Raja, S. S. (2014). *Natural Dyes: Sources, Chemistry, Application and Sustainability Issues*. (S.S.Muthu, Éd.) Singapore: Springer Science+Business Media .
- Rao, B. R. (2000). Rose-scented geranium (Pelargonium species): Indian and international perspective. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences* , pp. 302-312.
- Ratnapandian, S. (2020). *Sustainable Technologies for Fashion and Textiles ( Natural colorants and its recent developments )*. India: Indian Institute of Handloom Technology, Salem, Tamil Nadu, India.
- Richez, T. F. (2008). *Pélargonium*. Consulté le 07 17, 2020, sur jardinage.ooreka: <https://jardinage.ooreka.fr/plante/voir/47/pelargonium>
- Rym Mansour, I. K. (2018, December 18). Natural dyes and pigments: Extraction and Applications. (M. Yusuf, Éd.) *Handbook of Renewable Materials for Coloration and Finishing* , 75-102.
- Saraswathi J.1, V. K. (2011). Phytopharmacological importance of Pelargonium species. *JOURNAL OF MEDICINAL PLANTS RESEARCH* , 2587-2598.
- Sasmitha Baliarsingh, A. K. (2012). Exploring sustainable technique on natural dye extraction from native plants for textile: identification of colourants, colourimetric analysis of dyed yarns and their antimicrobial evaluation. *Journal of Cleaner Production* , 37, 257-264.
- Sujata Saxena, A. S. (2014). *Natural Dyes: Sources, Chemistry, Application and Sustainability Issues*. India: Central Institute for Research on Cotton Technology, Mumbai.
- T. Brendler, B.-E. W. (2008). A historical, scientific and commercial perspective on the medicinal use of Pelargonium sidoides (Geraniaceae). *Journal of Ethnopharmacology* , 119, 420-433.
- T. Brendler, B. W. (2008). A historical, scientific and commercial perspective on the medicinal use of Pelargonium sidoides (Geraniaceae). *Journal of Ethnopharmacology* , pp. 420-433.
- Tarun Belwal, H. P. (s.d.). *Optimization of extraction methodologies and purification technologies to recover phytonutrients from food*. Centre for Biodiversity Conservation and Management, G. B. Pant National Institute of Himalayan Environment and Sustainable Development, Kosi-Katarmal, Almora, India, School of Pharmacy, Kumamoto University, Kumamoto, Japan, India, Japan.
- Vankar, P. S. (2019). *Chapter 2 - Isolation and Characterization of the Colorant Molecules From Each Dye Plant*.
- Victoria Samanidou, I. S. (2019). *Engineering Tools in the Beverage Industry ( chapitre 10 )*. (A. M. Holban, Éd.) Thessaloniki, Greece: Laboratory of Analytical Chemistry, Department of Chemistry,

## REFERENCES

---

Aristotle University of Thessaloniki, Department of Chemical Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Military Veterinary Hospital,.

Wichien Sang-aroon, S. T. (2019). *Dye-Sensitized Solar Cells: Chapter 6 - Photovoltaic Performance of Natural Dyes for Dye-Sensitized Solar Cells: A Combined Experimental and Theoretical Study.*

Thailand: Department of Chemistry, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen, Thailand, Thailand.

Y.Zhong, F. (2015). *Handbook of Antioxidants for Food Preservation (Methods for the assessment of antioxidant activity in foods).* (F. Shahidi, Éd.) USA. Canada: Corbion, Lenexa, KS, USA, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL, Canada.

## Liste des tableaux

<b>Tableau. I.1 :</b> Exemples de sous-classe des flavonoïdes et leurs sources.....	08
<b>Tableau. I.2 :</b> Contenu de certaines espèces de Pélargonium.....	13
<b>Tableau. II.1 :</b> Les couleurs produits et leurs chromogènes naturels dans la famille des anthracènes. (Alois G.Puntener, 2000).....	21
<b>Tableau II.2 :</b> Les familles des caroténoïdes et quelques exemples de leurs chromogènes...22	
<b>Tableau. II.3 :</b> Les couleurs produits et leurs chromogènes naturels dans la famille des flavonoïdes.....	23
<b>Tableau. II.4 :</b> Certain application importants des colorants naturels aux différents substrats.....	29
<b>Tableau. III.1 :</b> Les produits chimiques et les solvants requis pour les analyses.....	39

## Liste des Figures

<b>Figure. I.1 :</b> Structure chimique des chalcones.....	06
<b>Figure. I.2 :</b> Structure chimique des xanthones.....	06
<b>Figure. I.3 :</b> Structure chimique des flavonoïdes.....	07
<b>Figure. I.4 :</b> La plante aromatique pélagonium gravelons.....	11
<b>Figure .II.1 :</b> La structure chimique de la molécule 6,6-dibromoindigo.....	19
<b>Figure .II.2 :</b> La structure chimique de l'indigo.....	20
<b>Figure. II.3 :</b> La structure chimique de tanins (tanins de raisin).....	24
<b>Figure. II.4 :</b> La structure chimique de la bétalaïnes.....	25
<b>Figure. II.5 :</b> La structure chimique de chlorophylle.....	25
<b>Figure.III.1 :</b> Figure représente l'extraction par la fermentation.....	41
<b>Figure.III.2 :</b> Photo qui représente la méthode d'extraction aqueuse.....	41
<b>Figure.III.3 :</b> Figure qui présente l'action du solvant sur le matériel végétal.....	42
<b>Figure.III.4 :</b> Photo de la procédure de macération.....	43
<b>Figure.III.5 :</b> Schéma de l'extracteur Soxhlet.....	44
<b>Figure.III.6.</b> Extraction par Hydrodistillation (Clevenger).....	46
<b>Figure.III.7 :</b> Schéma de protocole de la Chromatographie planaire CCM.....	48
<b>Figure.III.8 :</b> Schéma de protocole de la Chromatographie sur colonne.....	49

## Liste des symboles et Abréviations

**A** : Absorption

**AVC** : Accident vasculaire cérébral

**CE<sub>50</sub>** : Concentration efficace 50

**CCM** : Chromatographie sur couche mince

**CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH**: Ethanol.

**CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>CH<sub>3</sub>** : Ether de pétrole.

**C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O**: Acetone.

**CI**: Color index.

**CI<sub>50</sub>** : Concentration inhibitrices.

**CMI** : la minimum concentration inhibitrice.

**CN** : Colorants naturelles.

**DSSC** : Les cellules solaires sensibilisées par des colorants.

**DPPH** : Le radical DPPH (1,1-diphényles-2-picrylhydrazyle).

**FT-IR** : Spectre (Infra rouge- Transformée de Fourier).

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

**HTHP** : La haute pression haute température.

**MeOH** : Méthanol.

**MeOH-DW** : Méthanol – Eau désionisée.

**O.E** : huile essentielle

**R<sub>f</sub>** : Rapport frontale

**RMN<sup>1</sup>H** : Résonance magnétique nucléaire de l'hydrogène.

**UV-vis** : Ultra violet – visible.

**ZI** : Les zones d'inhibition.