

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
جامعة البليدة 1
Université Blida 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Biotechnologies



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme d'un Master Académique

Option

Biotechnologie et Valorisation des plantes

Laboratoire de recherche des plantes médicinales et aromatiques

Thème

**Caractérisation phytochimique et activité biologique
d'une plante médicinale Algérienne et formulation
galénique**

Présenté par :

El fodil Ikram

Chebil Asma

Slimani Nour elhouda

Devant les Jury :

Mme. BELGUENDOZ R MCA SNV, Blida1 Président (e)

Mme. MOUMEN S MCA SNV, Blida 1 Examineur (ice)

*Mme. AYACHI N MCA Faculté de Promotrice
médecine Blida1*

Session 2021 / 2022

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions Dieu le tout Puissant, de nous avoir donné la force, la patience et la volonté pour accomplir ce travail.

Il est difficile d'exprimer, en quelques lignes, nos remerciements à l'égard de notre encadreur de mémoire,

Madame AYACHI Nabila,

En effet, Nous sommes honorés d'être encadrés et guidés par elle pour évaluer ses qualités et ses valeurs. Merci pour sa confiance en nous durant cette étude. Nous apprécions ses conseils. Cela nous a été très utile.

Il est, à nos avis, difficile de trouver une aussi bonne directrice de mémoire tant d'un point de vue scientifique que d'un point de vue humain. Son sérieux, sa gentillesse, ses compétences et son savoir nous ont énormément marqué.

Ce travail est donc pour nous, l'occasion de lui témoigner, nos profondes

Gratitudes pour ses aides et sa disponibilité. Puisse-t-elle, enfin, trouver à travers ces quelques lignes,

l'expression de notre respectueuse considération et notre profonde admiration pour toutes ses qualités humaines et scientifiques.

On tient à exprimer notre gratitude à Madame BUELGENDOUZ Rachida pour avoir accepté de présider le jury de soutenance.

Nos remerciements s'adressent également à Madame MOUMEN Saida de nous avoir honorées en acceptant de faire partie du jury et d'examiner notre travail à travers ses remarques et critiques

DEDICACES

Je dédie ce travail à

Mes chers parents Abdelkrim et Nassira les plus précieux aux monde, pour leur éducation, et financier ainsi que leur sacrifices. Je vous remercie et que dieu vous protège

Ma chère sœur Nessrine

Mes chers frères Abdelmoumene , Abdelhak, Salim

Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous Toutes mes familles Chebil et Mekrelouf

Mes cousines , Ma copine Hayette .

A tous mes amis qui m'aime de près ou de loin

Toute la promotion BVP 2022

Asma

Au nom d'Allah, Le Clément, Le Miséricordieux Louange et Gloire à Dieu, le Tout Puissant, qui nous a permis de mener à bien notre modeste travail. Prière et bénédictions d'Allah sur le prophète Mohamed Paix et Salut sur lui.

Je dédie ce travail

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,
A mes chères sœurs, Wissam et Imene pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mes chers frères, Abdennour et Abd el wahab pour leur appui et leur encouragement,
A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,
Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infallible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Nour el houda

Je dédie ce travail à

*Mes chers parents Abd Elkrim et Hassiba les plus précieux aux monde, pour leur éducation,
leur soutien moral et financier ainsi que leur courage et sacrifices. Je vous remercie et que
dieu vous protège*

Mes chère sœur Asma et Zineb

Mes chers frères Mohammed et Abd Elmalek

*Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte
pour vous*

Toutes mes familles Elfodil et Hammouda

Mes Amis Bilal ,Amine et Zakaria

Mes trinôme Nour elhouda et Asma

et à tous ceux qui m'aiment de près ou de loin

Toute la promotion BVP 2022

Ikram

Liste des figures :

| | |
|---|----|
| - Figure 1 : Plante en fleurs <i>Carpobrotus edulis</i> et sa taxonomie..... | 8 |
| - Figure 2 : Principales classes de composés phénoliques | 14 |
| - Figure 3 : Squelettes de base des flavonoïdes..... | 16 |
| - Figure 4 : Structures chimiques de quelques flavonoïdes | 16 |
| - Figure 5 : Structures chimiques de quelques caroténoïdes..... | 18 |
| - Figure 6 : Structure chimique des Saponines..... | 19 |
| - Figure 7 : Plante <i>Carpobrotus edulis</i> | 25 |
| - Figure 8 : Animaux de laboratoire..... | 25 |
| - Figure 9 : <i>Carpobrotus edulis</i> de la région de zeralda..... | 27 |
| - Figure 10 : Répartitions de <i>Carpobrotus edulis</i> de la régions de zeralda en maps.. | 27 |
| - Figure 11 : Protocole de l'extraction..... | 29 |
| - Figure 12 : Boîtes de pétrie contenant 80% le milieu de culture..... | 30 |
| - Figure 13 : Isolement et préparation de l'inoculum..... | 31 |
| - Figure 14 : Remplicage des puits..... | 31 |
| - Figure 15 : préparation de mélange extrait poudre_ Tween..... | 32 |
| - Figure 16 : Gavage des différent extraits..... | 33 |
| - Figure 17 : Injection de la carragénine..... | 33 |
| - Figure 18 : Mesure de la circonférence des pattes..... | 33 |
| - Figure 19 : Sacrifice des animaux..... | 34 |
| - Figure 20 : Coupure et pesée des pattes..... | 34 |
| - Figure 21 : Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH..... | 35 |
| - Figure 22 : Diagramme des moyenne de la zone d'inhibition..... | 43 |
| - Figure 23 : Evolution de l'œdème en fonction du temps..... | 45 |

| | |
|--|----|
| - Figure 24: Le poids des pattes postérieures..... | 46 |
| - Figure 25: Pourcentage de réduction de l'œdème provoqué par la carragénine..... | 46 |
| - Figure 26: Activité antioxydante de l'extrait de <i>Carpobrotus edulis</i> L..... | 47 |
| - Figure 27: Pourcentage de réduction de radicale libre DPPH..... | 47 |
| - Figure 28 : Aspect macroscopique de la crème..... | 49 |
| - Figure 29 : rhéogramme de la crème formulée..... | 50 |

Liste des tableaux :

- **Tableau 1:** Structure des acides phénoliques.....15
- **Tableau 2:** Souches bactériennes et fongique utilisées.....26
- **Tableau 3:** Composition de crèmes formulé.....37
- **Tableau 4:** Etapes de préparation de la crème.....37
- **Tableau 5 :** Caractéristiques organoleptique de l'extrait méthanolique de *Carpobrutus edulis*.40
- **Tableau6:** Résultats de rendement de l'extraction.....40
- **Tableau 7:** Sensibilité par diamètre d'inhibition.....41
- **Tableau 8:**Résultats activités antimicrobienne.....42
- **Tableau 9:** Résultat de l'évolution de l'œdème en fonction du temps.....45
- **Tableau 10:** Résultats de réduction de l'œdème.....46
- **Tableau 11:** Concentration inhibitrice a 50% (IC50) de l'extrait testé.....48
- **Tableau 12 :** Aspect macroscopique de formulations de crèmes.....48
- **Tableau 13:** Résultats de la caractérisation microscopique des crèmes formulées.....49

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Introduction générale.....1

Chapitre 1 : recherche bibliographique.

I. Généralité sur la phytothérapie.....4

 1.1. La phytothérapie.....4

 1.1.1.La phytothérapie traditionnelle.....4

 1.1.2.La phytothérapie moderne.....4

II. Parties de plantes médicinales utilisées5

III . Etude sur *Carpobrotus edulis* « griffe de sorcière ».....6

 III .1.Famille des Aizoaceae6

 III .2.*Carpobrotus edulis*.....7

 III.2.1. Description botanique.....8

 III .2.2.classification taxonomique9

 III.3.habitat et répartition de l'espèce *Carpobrotus edulis*.9

 III.4.les contraintes écologiques.....9

IV. Principaux constituants chimiques de *Carpobrotus edulis*.....12

 IV.1. Les polyphénols.....13

| | |
|---|----|
| IV.1. 1. Généralités..... | 13 |
| IV.1. 2 .Classification..... | 13 |
| - Acides phénoliques..... | 14 |
| - Les coumarines..... | 15 |
| - Les tanins..... | 15 |
| - Les flavonoïdes..... | 16 |
| IV.2. Les caroténoïdes..... | 17 |
| IV.2.1.Généralités..... | 17 |
| IV.2.2.structure des caroténoïdes | 17 |
| IV.3. les saponines | 18 |
| IV.3.1. généralité sur les saponines | 18 |
| IV .3.2. Structure des saponines..... | 18 |
| V. Les propriétés biologiques de <i>Carpobrotus edulis</i> | 19 |
| V .1.activités antibactérienne..... | 19 |
| V.2.Activités neurologiques..... | 19 |
| V.3. Activités antioxydantes..... | 20 |
| V.4 .Activités antifongique..... | 20 |
| V.5.Activités anti inflammatoire..... | 20 |
| VI. Utilisation traditionnelle de <i>Carpobrotus edulis</i> | 21 |
| VII. Les différentes d'extraction des plantes..... | 21 |
| Chapitre II. Matérielle et méthodes | |
| II.Introduction..... | 24 |
| II. Matériels..... | 24 |
| II.1. Matériels non Biologique..... | 24 |

| | |
|---|-----------|
| II.2. Matériels biologiques..... | 24 |
| II.2.1. Matériel végétale..... | 24 |
| II.2.2. Animaux de laboratoire..... | 25 |
| II.2.3 Les souches bactériennes et fongique étudiées..... | 25 |
| II. Méthodes | 27 |
| II. 1. La récolte de la plante | 27 |
| II.2. Extraction des polyphénols..... | 28 |
| II.2.1. Détermination de rendement d'extraction..... | 28 |
| II.3. Détermination de l'activité antimicrobienne d'extrait..... | 30 |
| II.4. Détermination de l'activité anti-inflammatoire de l'extrait..... | 32 |
| II.4. 1. Méthode de calcul du pourcentage de réduction des œdèmes..... | 34 |
| II.5. Evaluation de l'activité antioxydante des extraits phénoliques des plantes étudiées..... | 35 |
| II.5.1. Pouvoir antiradicalaire (Piégeage du radical libre DPPH) | 35 |
| II.5.2. Préparation de la solution de DPPH..... | 35 |
| II.6. Méthode de préparation de la crème | 36 |
| Chapitre III : Résultats et Discussion | |
| III.1. Extraction..... | 40 |
| III.2. Rendement d'extraction..... | 40 |
| III.3. Résultats de l'activité Antimicrobienne..... | 41 |
| III.4. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire | 44 |
| III.4.1. Evaluation de la mesure de la circonférence des pattes..... | 44 |
| III.5. Résultat de l'activité antioxydante..... | 47 |
| III.5.1. Détermination d'IC 50..... | 48 |

| | |
|--|-----------|
| III.6. Résultats de la formulation de la crème..... | 48 |
| Discussion..... | 51 |
| Conclusion générale..... | 54 |
| Résumé..... | 55 |
| Annexes..... | 56 |
| Références..... | 60 |

Introduction générale

Depuis des milliers d'années, l'homme utilise les diverses plantes présentes dans son environnement pour soigner et traiter toutes sortes de maladies. Ces plantes présentent l'avantage d'être un vaste réservoir de composés potentiels issus de métabolites secondaires, d'avoir d'excellentes structures chimiques et d'avoir une très large gamme d'activités biologiques. Cependant, l'évaluation de ces activités reste une tâche très intéressante pour de nombreuses études.

De nos jours, nous comprenons de plus en plus, que les principes actifs sont souvent liés aux métabolites secondaires des plantes médicinales, qui sont largement utilisés en thérapeutique, comme des agents préventifs, anti-inflammatoires, antimicrobiens, antiseptiques, diurétiques, mais essentiellement comme des antioxydants pour la lutte contre le stress oxydatif. **(Bourgaud et al., 2001 ; Kar, 2007).**

La médecine traditionnelle est la méthode de traitement la plus abordable et la plus Facilement accessible dans le système de soins de santé primaires des pays en développement. Plus encore, les médecines traditionnelles sont culturellement acceptables dans diverses sociétés **(Peltzer K et al ; 2008).**

La plante succulente *Carpobrotus edulis* communément appelée figue de mer est une espèce rampante vivace originaire d'Afrique du Sud qui envahit les habitats côtiers dans de nombreuses régions du monde. La plante s'appelait à l'origine *Mesembryanthemum edule* et elle a été renommée par Brown en 1926 et par Bolus en 1927 en *Carpobrotus edulis*. **(O'Rourke E, Lysaght L ; 2014).**

Carpobrotus edulis habite principalement des habitats côtiers sablonneux et peut également être trouvé à l'intérieur des terres dans des endroits sablonneux à marécageux **(Campoy JG et al 2018).**

Carpobrotus edulis a été largement utilisé en Afrique du Sud comme médicament traditionnel pour un large éventail de maladies. Les fruits, les feuilles et les fleurs sont utilisés en médecine sous différentes formes. La plupart du temps, les feuilles, les fruits ou les fleurs de la plante sont mâchés crus ou bouillis dans de l'eau et pris par voie orale comme médicament contre diverses infections bactériennes et fongiques **(Steenkamp V et al ; 2007).**

C'est dans le cadre de la valorisation du patrimoine naturel que s'inscrit cette étude dont le but principal est d'étudier l'activité antimicrobienne, anti inflammatoire et antioxydante de

l'extrait de *Carpobrotus. edulis* . Une préparation crémeuse de l'extrait méthanolique de *Carpobrotus edulis* a été réalisée. Donc cette étude contribue à enrichir les travaux de la littérature en terme d'activités biologiques de cette plante très répondeue en Algérie.

Notre manuscrit est scindé en deux grandes parties :

- La première consiste en une revue bibliographique dans laquelle sont détaillés les chapitres suivants :
 - Généralité sur la phytothérapie et sur la plante *Carpobrotus.edulis*, et leurs propriétés biologique
 - Les compositions chimique de la plante *Carpobrotus.edulis*.
 - Les différentes méthodes d'extraction.
- La deuxième partie est consacrée à une étude expérimentale, composée de :
 - Matériel et méthodes
 - Résultats et discussions

Nous terminerons par une conclusion générale, avec les références bibliographiques.

Chapitre I: Recherche bibliographique



I. Généralités sur la phytothérapie et les plantes médicinales

I.1 la Phytothérapie

Étymologiquement, du grec « *phyton* » qui signifie plante et « *therapein* » qui signifie soigner, la phytothérapie est l'utilisation de plantes à des fins thérapeutiques c'est une discipline allopathique destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnels et/ou certains états pathologiques au moyen de plantes, de parties de plantes ou de préparations à base de plantes (**Wichtl, 2003**). La phytothérapie a évolué avec le développement scientifique et industriel et emploie aujourd'hui une variété de pratiques. La littérature scientifique et la loi chinoise sur la phytothérapie distinguent les approches traditionnelles et scientifiques de la phytothérapie sans opposition systématique.

I.1.1 La Phytothérapie traditionnelle :

Les plantes médicinales représentent depuis des siècles le plus important réservoir thérapeutique. En l'absence d'outils scientifiques, un ensemble de connaissances s'est constitué par l'observation et par l'expérience. Certaines propriétés des plantes médicinales ont pu être mises en avant dans le cadre d'une démarche globale. En effet, les principes actifs n'ont été isolés qu'au début du XIX^{ème} siècle, alors que jusqu'à cette date, les plantes ou des parties de plantes étaient utilisées telles quelles, subissant de moindres transformations (macérations, infusions, alcoolats...). De même, l'observation de l'éventuelle activité d'une plante sur l'organisme ne pouvait être révélée que par la modification de la symptomatologie du patient (**Carillon, 2009**).

I.1.2 La Phytothérapie moderne :

Avec l'avènement de la chimie moderne, l'étude des plantes médicinales a permis de déterminer les mécanismes d'action régissant les propriétés thérapeutiques concédées par l'usage traditionnel, et a également ouvert la voie à l'utilisation des produits d'extraction. Ces derniers révélant une activité à la fois plus importante et reproductible, là où les plantes médicinales avaient pu présenter de plus grandes variabilités d'efficacité qualitativement et quantitativement (**Carillon, 2009**). A cet effet, nous citons :

❖ **L'aromathérapie :** C'est une méthode de traitement utilisant des huiles essentielles issues de plantes aromatiques et des hydrolats dits aromatiques. Elle fait partie des remèdes

Chapitre I : Recherche bibliographique

naturels et un créneau de la phytothérapie. Comme les herbes, il existe deux types d'aromathérapie. Il existe l'aromathérapie de terrain (traitement de base) et l'aromathérapie symptomatique qui s'intéressent à l'être humain dans sa globalité pour traiter les symptômes et les causes de la maladie. Selon(**Valnett .1975**), le père de l'aromathérapie, "les huiles essentielles sont la partie atomique d'une plante et un concentré de ses propriétés".

❖ **Gemmothérapie** : Il est basé sur l'utilisation d'extraits alcooliques de jeunes tissus végétaux tels que les bourgeons et les radicules.

❖ **Homéopathie** : Il utilise principalement des plantes de manière non exclusive. Les trois quarts des souches sont d'origine végétale et le reste est d'origine animale et minérale.

❖ **Herboristerie** : Elle correspond à la méthode la plus classique et la plus ancienne de la phytothérapie. L'herboristerie utilise des plantes fraîches ou séchées. Utilisez soit la plante entière, soit une partie de celle-ci (écorce, fruits, fleurs). La préparation repose principalement sur des méthodes simples à base d'eau telles que la décoction, l'infusion et macération.

Ces préparations existent aussi sous forme plus moderne de gélule, de poudre, de plante sèche que le sujet avale.

❖ **Phytothérapie pharmaceutique** : est une thérapie utilisant des produits d'origine végétale obtenus par extraction et dilués dans un solvant généralement de l'alcool éthylique. Ces extraits sont dosés en quantités suffisantes pour avoir une action soutenue et rapide. Ils sont présentés sous forme de sirop, de gouttes, de gélules, de lyophilisats (**Zeghad,2009**).

II .Parties de plantes médicinales utilisées

Les différentes parties de la même plante médicinale peuvent présenter des constituants chimiques très différents et qui n'ont pas la même action thérapeutique. Les différentes parties de plantes qui peuvent être employées chez la plupart des populations sont ceux qui ont été décrites par (**Gurib-Fakim, 2006**) :

- **Racine**: Les racines peuvent être fibreuses, solide ou charnues
- **Rhizome**: Le rhizome est une tige ligneuse ou allongée charnue qui pousse généralement horizontalement en dessous du sol, formant des feuilles au-dessus du sol et des racines dans le sol.

Chapitre I : Recherche bibliographique

- **Bulbe** : Un bulbe est une pousse souterraine verticale disposant de feuilles modifiées utilisées comme organe de stockage de nourriture par une plante à dormance. Les bulbes les plus populaires en médecine traditionnelle sont l'oignon et l'ail.
- **Tubercule**: Un tubercule est une structure charnue gonflée, généralement souterraine, qui assure la survie des plantes pendant la saison d'hiver ou en période de sécheresse. Ces organes peuvent être formés sur les racines ou se développent sur les parties aériennes de la plante. La pomme de terre africaine (*Hypoxis* sp. De la famille Hypoxidaceae) est un exemple bien connu.
- **Écorce**: L'écorce est la couche protectrice externe d'un tronc d'arbre, elle est souvent riche en toxines (phénols) et principes amers (tanins) ce qui la rend plus protectrice. Exemple : (*Cinchona* sp., Rubiaceae) et (*Cinnamomum camphora* et *C. camphora* , les deux de la famille Lauraceae).
- **Bois**: Le bois est la tige épaisse ou le bois lui-même. Exemple : *Santalum album* de la famille Santalaceae.
- **Feuilles** : Les feuilles peuvent être utilisées seules ou mélangées avec leur pétiole. Exemple : *Ginkgo biloba* de la famille Ginkgoaceae
- **Gommes** : les gommes sont des composés solides constituent d'un mélange de polysaccharides. Ils sont solubles dans l'eau et partiellement digérés par les êtres humains. Exemple (*Acacia Senegal*; *Terminalia bentzoe*).
- Huiles essentielles : Exemple (*Mentha x piperita*; *Cananga odorata*).
- **Les parties aériennes**: Toutes les parties de la plante qui se trouvent au dessus du sol. Elles sont récoltées, très souvent, lors de la floraison. Exemple : *Hypericum perforatum* de la famille Hypericaceae.
- **Fleurs** : Les fleurs sont très utilisées dans la médecine traditionnelle.
- **Fruits** : Exemple (*Punica granatum* ; *Citrus* sp).
- **Graines** : Exemple (*Ricinus communis*; *Foeniculum vulgare*)

III. Etude sur *Carpobrotus edulis* « griffe de sorcière » :

III .1 Famille des Aizoaceae :

La famille des Aizoaceae (Aizoacées) est une vaste famille de plantes dicotylédones principalement représentée dans les régions à climat sec d'Afrique australe , elle comprend plus de mille espèces réparties en plus de 100 genres (**Watson L. and Dallwitz M.J ; 2015**).

Chapitre I : Recherche bibliographique

Les plantes du genre *Carpobrotus edulis* appartiennent à la famille des Aizoacées. Ce sont des plantes succulentes rampantes, qui forment des tapis denses. Originaires d'Afrique du Sud, différentes espèces ont été introduites sur les côtes méditerranéennes ou californiennes pour leur qualité à la fois ornementale et fixatrice du sable. Cependant, dans certains cas, elles ont révélé une menace pour la biodiversité des écosystèmes locaux en devenant des espèces invasives, notamment dans le Parc national de Port-Cros sur l'Île de Bagaud.

les fleurs très colorées ont la forme de marguerites. Le nom fait référence aux fruits comestibles. Il vient du grec "karpos" (fruits) et "brota" (comestibles). *Carpobrotus edulis* est une espèce de plante grasse de la famille des Aizoaceae. En français, elle est appelée Croc de sorcière, Griffes de sorcière, Doigt de sorcière, Doigt de fée, Ficoïde comestible ou Figuier des Hottentots. Son fruit est comestible. Originaire d'Afrique du Sud, elle fut importée en Amérique et en Europe au début du XXe siècle pour l'ornement et pour la stabilisation des sols. De nos jours, elle est considérée comme invasive dans un certain nombre de pays connaissant un climat méditerranéen comme le Maroc. Cette plante pousse sur les sols sableux, souvent sur les dunes littorales ou dans l'arrière-dune, mais on peut aussi la trouver sur les falaises ou rochers du littoral. Elle forme souvent de grands tapis végétaux pouvant couvrir plusieurs mètres carrés (**Guillaume Fried ; 2012**).

III .2 *Carpobrotus edulis* :

Carpobrotus edulis est une plante halophyte, herbacée, robuste, formant un tapis dense de feuilles persistantes qui peut s'étaler sur plusieurs mètres. Les tiges longues et ramifiées s'enracinent à chaque nœud et continuent leur croissance, dressée à leur extrémité, tandis que parties les plus anciennes se dessèchent. (**Vilà et al. 2008 ; Pirie et al. 2014**).

Les feuilles opposées sont succulentes, trigones, longues de 6 à 13 cm pour environ 1 cm de large ; légèrement recourbées en coupe et dentelées sur leur bords externes, c'est cette forme qui leur a valu le surnom de griffes de sorcière ; Elles ne griffent ou ne piquent pourtant pas du tout. La production de feuilles est si importante, qu'elles ont été envisagées comme fourrage (**Pirie et al., 2014**).

Les espèces de *Carpobrotus* poussent sur la côte pacifique d'Amérique, en Afrique du Sud et en Australie méridionale. La plupart des espèces poussent dans les régions côtières, ainsi que dans les zones sablonneuses. Ils peuvent être utiles pour retenir le sable dérivant, et coloniser les zones rapidement perturbées où l'eau est peu disponible (**Pirie et al., 2014**).



Figure1: La plante en fleurs *Carpobrotus edulis* et sa taxonomie (Albert, M.E.; et al ;1997)

III.2.1 Description botanique:

Plante grasse herbacée, vivace, rampante ou pendante, pouvant atteindre plusieurs mètres de longueur et formant de grands “tapis”. Subligneuse à sa base, le système racinaire fibreux est très dense et se concentre dans la partie supérieure du sol. A chaque nœud de la tige, de nouvelles racines peuvent se former. Les feuilles, longueur de 8 à 11 cm, sont disposées de manière opposée sur la tige et séparées par des entrenœuds de plusieurs centimètres. Le limbe des feuilles est charnu à 3 angles, plus ou moins recourbé au sommet en forme de griffe. Sa section transversale est en forme de triangle équilatéral. Sa couleur généralement verte peut virer au rouge selon la température et le taux d’humidité. Les grandes fleurs de couleur violet (5 à 12 cm de diamètre) sont des fleurs solitaires à nombreux pétales linéaires et sépales inégaux, en position terminale. Les fruits formés sont charnus, en forme de figue, appelés “Figues des Hottentots”. Ils contiennent de nombreuses petites graines (1000 à 1800 graines par fruit, graine de 1mm de longueur) engluées dans un mucilage très collant (Burolet P.A ;1993).

Chapitre I : Recherche bibliographique

III.2.2. Classification taxonomique :

Règne : Plantae

Embranchement : Spermatophyta (Angiospermae)

Classe : Dicotyledones

Ordre : Caryophyllales

Famille : Aizoaceae

Genre : *Carpobrotus*

Espèce : *edulis* (L.)

III.3 Habitat et répartition de l'espèce *Carpobrotus edulis*.

Les Griffes de sorcière poussent dans les milieux littoraux (rochers, falaises, dunes) et dans les terrains remaniés. Elles sont originaires d'Afrique du Sud (région du Cap).

On les retrouve aussi sous le climat méditerranéen de Californie, du sud de l'Australie et dans tout le Bassin méditerranéen. Elles sont également présentes en Floride, sur les côtes pacifiques de l'Amérique et sur les côtes atlantiques européennes, du Portugal au nord de l'Irlande. (MEDAIL F., 1999).

Cette plante pousse sur les sols sableux, souvent sur les dunes littorales ou dans l'arrière-dune, mais on peut aussi la trouver sur les falaises ou rochers du littoral. Elle forme souvent de grands tapis végétaux pouvant couvrir plusieurs mètres carrés (Guillaume Fried;2012).

III.4. Contraintes écologiques.

A. Sol :

Dans la région du cap (une ville d'Afrique du Sud), la région biogéographique d'origine *Carpobrotus*, la majeure partie de la zone est couverte de Les arbustes durcis sont appelés fynbos. Appartements du Cap Le paysage de Sand Fynbos se compose principalement de Plaines plates aux sols acides, sablonneux et pauvres (Moster et call. 2017) avec une gradation du statut nutritionnel de Dunes côtières intérieures (Witkowski et Mitchell 1987). Les types de sols typiques de la région du Cap sont Luvisols chromiques et arénosols albiqes tout du long Anciennes dunes côtières (FAO-UNESCO 1977).

Chapitre I : Recherche bibliographique

B. Climat :

A région du cap est sous l'influence d'un climat semi-aride froid ou climat tempéré avec des hivers secs et chauds et secs étés. Le régime des précipitations montre des variations spectaculaires en quantité, passant de 2000 mm par an dans montagnes face à la cote à 200 mm dans les zones les proche à la cote (**Goldblatt1997 ; Goldblatt et manning2002**).

La pluviométrie annuelle moyenne est de 576 mm, dont la plupart tombe en hiver (**Mostert et al.2017**).

Le mois le plus sec de l'été reçoit moins de 30 mm et les températures mensuelles moyenne varient de 12,35 °C (juillet) à 21,60(février). En tant qu'envahissante, *Carpobrotus* est répartie dans les cinq régions climatiques méditerranéennes du monde, toutes situées entre environ 30° et 45° de latitude nord et sud de l'équateur et sur les côtés occidentaux des continents. En Europe, *Carpobrotus* est présent à la fois sous climat méditerranéen chaud et chaud en été (**Kottek et al. 2006**).

C. Vent :

Le vent favorise l'évaporation et accentue la sécheresse pour cette végétation littorale, établie sur des substrats à faible disponibilité en eau – rochers, sables perméables ou vases salées où l'eau est retenue par le sel, mais il apporte aussi des nutriments minéraux avec les embruns ! Si le climat littoral est une nuance du climat intérieur, des variations importantes se manifestent du nord au sud. Théoriquement, la température moyenne annuelle augmente de 0,6 °C pour un déplacement de 100 km vers le sud. C'est à peu près ce que l'on observe, d'une moyenne annuelle de 10 °C sur la côte de Flandre à 14 °C sur la côte basque (**Guillaume Fried, 2017**).

D. Humidité :

En hiver, l'humidité du sol atteint 7% et diminue proche de 0 pendant l'été (**Yelenik, Stock et Richardson 2004**).

Dans la zone envahie, *C.edulis* pousse dans une large gamme de types de sols, communs aux climats méditerranéens, avec un déficit hydrique saisonnier modéré à prononcé (**USDA, 1999**).

Chapitre I : Recherche bibliographique

E. Salinité :

Carpobrotus edulis est un halophyte facultatif (Rodrigues et al.2014a). Il est fortement influencé par les facteurs abiotiques à l'échelle locale (climat et littoral distance) (Maltez-Mouro, Maestre et Freitas 2010). Il se produit sous des sols avec une variation saisonnière de la concentration en sel, plus faible l'hiver en raison de précipitations plus élevées et plus élevées en l'été, sous des taux d'évaporation plus élevés (Callaway et coll.1990).

Dans les milieux côtiers occupés par *Carpobrotus*, les plantes sont sujettes à des niveaux variables de salinité du substrat et de brouillard salin. Il a été démontré que la germination des graines de *Carpobrotus edulis*, probablement en raison de sa tolérance relativement élevée à la salinité (Novoa et al.2014).

F. PH du sol :

Les sols envahis par *Carpobrotus* en nouvelle-Zélande présents un PH de 4,8 à 5,9 (CaCl₂) (Liu et al. 2014). Celles-ci sont plus acides que les sols envahis en Californie, dont le PH est très variable, allant de 5,6 à 8,2 (Vilà et D'Antonio 1998c). L'envahi la région de Biobio au centre du Chili a des valeurs de PH du sol allant de 5,2 à 6,2 (Berti et al. 2011). En Europe, les sols à *C.edulis* sont des arénosols et divers types de cambisols avec différents Ph dans la solution du sol allant de 5,8 à 9,2 (Santoro et al.2011 ; Novoa et al.2014). La valeur optimale du PH de germination pour *C. edulis* est de 8. Cependant, la croissance des plantes semble être stimulée à des valeurs de PH plus faibles (Novoa et al.2012).

G. Eléments nutritifs :

Carpobrotus edulis envahit les sols avec des différences de fertilité, des sols à faible teneur en éléments nutritifs des parties de l'ouest et Australie-Méridionale aux sols riches en nutriments du centre Chili, Californie et bassin méditerranéen (Vilà et D'ANTONIO 1998c ; Stock et Verboom 2012 ; Liu et coll. 2014). *Carpobrotus edulis* est adapté à différentes conditions du sol, et la germination et la croissance précoce sont pas contraint par un manque de nutriments (Novoa et al. 2012). *Carpobrotus edulis*, dans sa région natale, pousse dans des sols sablonneux bien drainés avec une faible humidité du sol contenu.

Chapitre I : Recherche bibliographique

H. Température :

Il y a un manque surprenant de publications scientifiques recherche sur les réponses de *C. edulis* à la température.

La plupart des informations existantes proviennent d'observations non systématiques décrivant sa sensibilité aux blessures par le froid (**MacDonald, Hartman et Shapiro 1984**), ou des preuves indirectes fournies par les obtenteurs se référant à une connaissance très générale sur la préférence de *Carpobrotus edulis* pour les climats tempérés. Il est considéré comme peu tolérant aux basses températures (apparemment, il peut être tué par des températures inférieures environ -2°C), mais résiste aux hautes températures. Pour à notre connaissance, seules deux études ont exploré les effets de la température sur *C. edulis*. (**Vila et al. 2008**), après avoir effectué des essais de semis au champ dans plus de 200 sites répartis sur six bassins méditerranéens ils différant par les conditions climatiques, a conclu que les taux d'établissement (c-à-d. semis à semer rapport de semence) avaient tendance à être corrélés positivement avec les précipitations cumulées et négativement avec température moyenne. (**D'Antonio, Odion et Tyler. 1993**), ont fourni des résultats d'essais en laboratoire montrant que les graines de *C. edulis* dans les sols brûlés ont été tuées par exposition à des températures de 105°C ou plus pour cinq minutes. Le fait que *C. edulis* soit une plante grasse permet déduire sa tolérance aux hautes températures. En réalité, les succulentes ont été considérées parmi les plus espèces tolérantes aux hautes températures, avec seuil température de blessure par la chaleur qui peut bien dépasser 60°C (**Larcher 1995**). La forte teneur en eau des succulentes plantes telles que *C. edulis* a des implications importantes pour leur économie thermique en raison de la haute chaleur de l'eau qui permet de tamponner les tissus végétaux contre les changements rapides de température (**Fitter et Hay 2002**).

IV. Principaux constituants chimiques de *Carpobrotus edulis*

Cette plante contient de l'eau, des sels minéraux (Magnésium), des acides aminés (Proline), des acides phénoliques (acide ferulique), des flavonoïdes (rutine, neohesperidine, hyperoside, catechine et epicatechine), et des tanins. La plante produit généralement en réponse à un stress osmotique provoqué par la sécheresse ou par la salinité, des solutés compatibles tels que les sucres, les acides aminés, les polyols (myo-inositol, pinitol et ononitol), les bétaines, la proline, et des ectoïnes dans les compartiments cytoplasmiques (**Bohnert et Shen, 2000 ; Bitrián et al., 2012**).

Chapitre I : Recherche bibliographique

La plante accumule la proline comme soluté compatible en réponse à un stress osmotique qui est un acide aminé impliqué dans la production de collagène et la guérison des plaies, et est également un précurseur de l'hydroxyproline qui sert à maintenir et à guérir le cartilage, et à renforcer les articulations, les tendons et les muscles (**Watanabe et al., 1999 ; Arbona et al., 2008**).

Le fractionnement de l'extrait méthanolique des feuilles pourpres de la plante ont démontré la présence d'un composé phénolique reconnu comme un butylhydroxytoluène (BHT), un antioxydant puissant utilisé dans la conservation des aliments. Ce composé phénolique a présenté une activité antioxydant très élevée par rapport aux BHT synthétiques (**Bouftira et al., 2010**).

IV.1. Les polyphénols

IV.1. 1. Généralités:

Les plantes sont connues pour produire un grand nombre de composés à faible poids moléculaire dont leurs structures ont été identifiées récemment, malgré leur exploitation et leur utilisation, depuis toujours, comme médicaments ou aliments (**Garcia Pérez, 2012 ; Mokhtar, 2015**).

Parmi ces molécules on a les polyphénols, qui sont un groupe de composés phytochimiques d'origine naturelle, présents en grande quantité dans les fruits, les légumes et les produits naturels.

L'expression de « composés phénoliques » est utilisée pour toutes substances chimiques possédant dans sa structure un noyau aromatique, portant un ou plusieurs groupements hydroxyles (**Bloor, 2001, Pelissero, 2014; Mokhtar, 2015**).

IV.1. 2. Classification.

Ils y'a plus de 8000 composés phénoliques répartis en plusieurs classes (figure 2), en fonction du nombre de noyaux phénoliques et des éléments structuraux reliés à ces noyaux ils sont classés en plusieurs familles dont celles des acides phénoliques (tableau1) et des flavonoïdes (figure 3) sont représentatives (**Robards et al., 1999**).

Chapitre I : Recherche bibliographique

-Les acides phénoliques

On distingue deux classes d'acides phénoliques : les dérivés de l'acide benzoïque ou acides hydroxybenzoïques et les dérivés de l'acide cinnamique ou acides hydroxycinnamiques (tableau 1). Les premiers rentrent dans la structure de tanins hydrolysables et se trouvent dans des quantités généralement faibles dans les végétaux à l'exception de certains fruits rouges et du thé alors que les acides hydroxycinnamiques qui se trouvent rarement sous forme libre sont couramment rencontrés dans des fruits tels que les cerises, les pommes, les prunes etc... (Manach et al., 2004 ; Mokhtar, 2015).

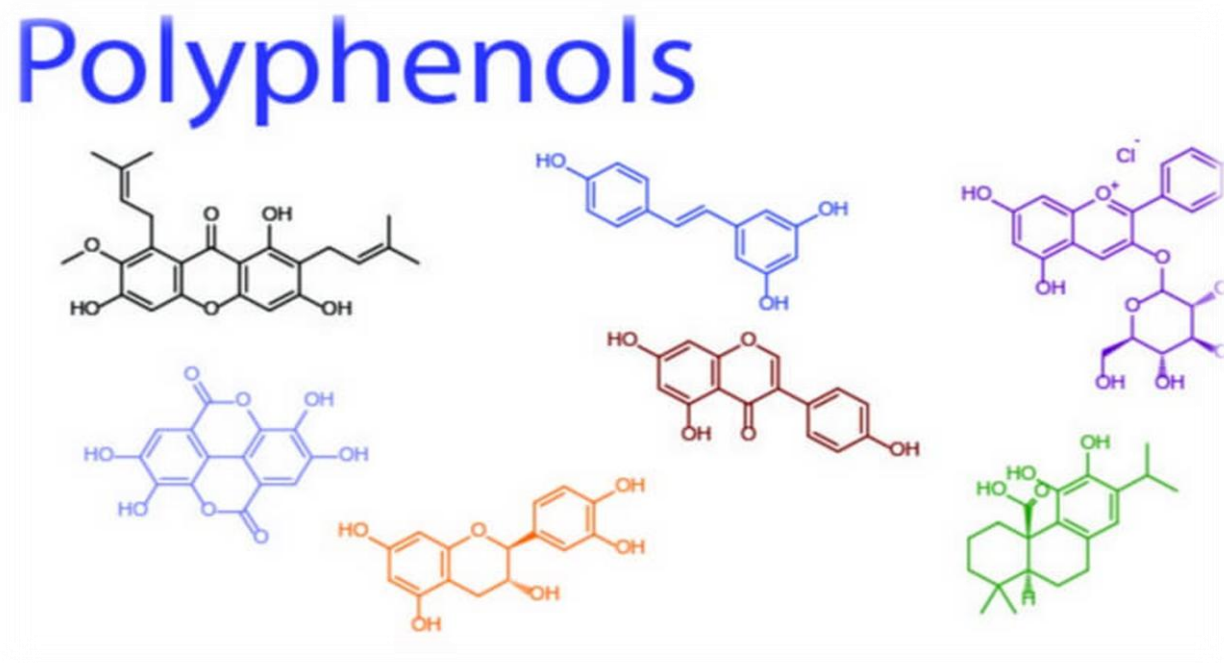


Figure 2: Les principales classes de composés phénoliques (Harborne, 1989).

Ces composés de haut poids moléculaires contribuent à former, avec la cellulose et les dérivés hémicellulosiques, la paroi des cellules végétales. Ce sont des polymères tridimensionnels résultant de la condensation (copolymérisation) de trois alcools phénylpropéniques (Nkhili, 2009).

Chapitre I : Recherche bibliographique

- **Les coumarines:**

Les coumarines sont des hétérocycles oxygénés. Ils ont été isolés pour la première fois par Vogel en 1820 dans le *Coumarounaodorata*. Aujourd'hui, près de 1000 composés coumariniques sont isolés dans plus de 800 espèces de plantes et dans les microorganismes (Muanda, 2010).

- **Tanins**

Ils représentent un groupe hétérogène assez difficile à définir de façon rigoureuse et concise car il n'y a pas de structure chimique de base. Leurs structures chimiques sont en effet variées et rassemblées en famille en fonction d'activités communes (Nkhili, 2009).

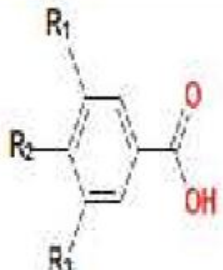
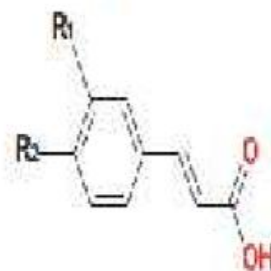
| <i>Acides phénoliques</i> | <i>Structure chimique</i> | <i>Exemples</i> |
|---------------------------|---|---|
| Acides hydroxybenzoïques |  | $R_1 = R_3 = H ; R_2 = OH$: Acide <i>p</i> -hydroxybenzoïque |
| | | $R_1 = R_2 = R_3 = OH$: Acide gallique |
| | | $R_1 = R_2 = OH ; R_3 = H$: Acide protocatéchique |
| | | $R_1 = H ; R_2 = OH ; R_3 = OCH_3$: Acide vanillique |
| | | $R_1 = R_3 = OCH_3 ; R_2 = OH$: Acide syringique |
| Acides hydroxycinnamiques |  | $R_1 = R_2 = H$: Acide cinnamique |
| | | $R_1 = OH ; R_2 = H$: Acide coumarique |
| | | $R_1 = R_2 = OH$: Acide caféique |
| | | $R_1 = OCH_3 ; R_2 = OH$: Acide férulique |

Tableau 1: Structure des acides phénoliques (Grigoras, 2012).

Chapitre I : Recherche bibliographique

- Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés polyphénoliques, presque toujours hydrosolubles et très répandus dans le règne végétal. Ils sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits, et parfois des feuilles. Le plus souvent, ils sont sous forme d'hétérosides ou de flavonosides (BOUHADJERA. K, 2005).

Les flavonoïdes sont des composés possédant un squelette de base à quinze atomes de carbone, constitués de deux noyaux aromatiques et d'un hétérocycle central de type pyrane, formant une structure C6-C3-C6 (ACHAT. S, 2013).

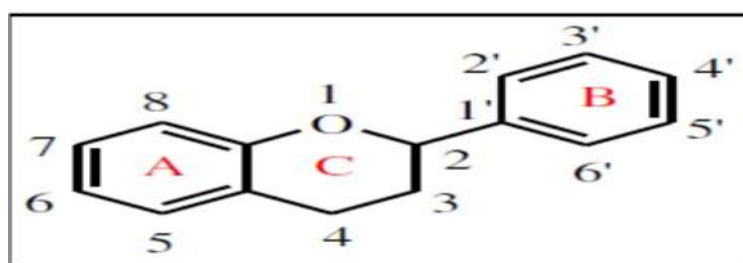
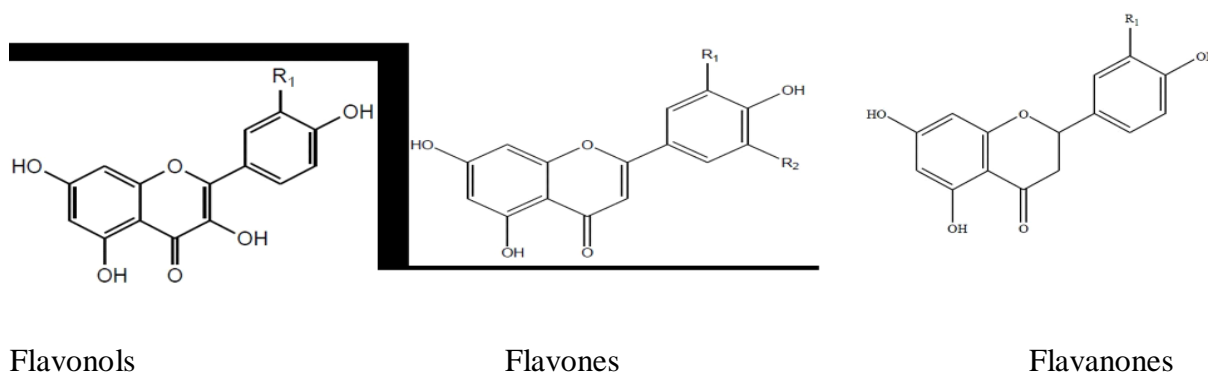


Figure 3 : Squelettes de base des flavonoïdes (bruneton,1999)

De nos jours, les propriétés des flavonoïdes sont largement étudiées par domaine médical, où on leur reconnaît des activités antivirales, anti-radicalaires, antiallergiques, anti-tumorales, mais aussi anti-inflammatoires et anti-cancéreuses. (KHIREDDINE .H, 2014)

La famille des flavonoïdes peut se diviser en six classes qui diffèrent par leurs structures chimiques: flavanols, flavones, flavonols, flavanones, isoflavones et les anthocyanidines ou anthocyanols (figure 4). (KHIREDDINE .H, 2014).



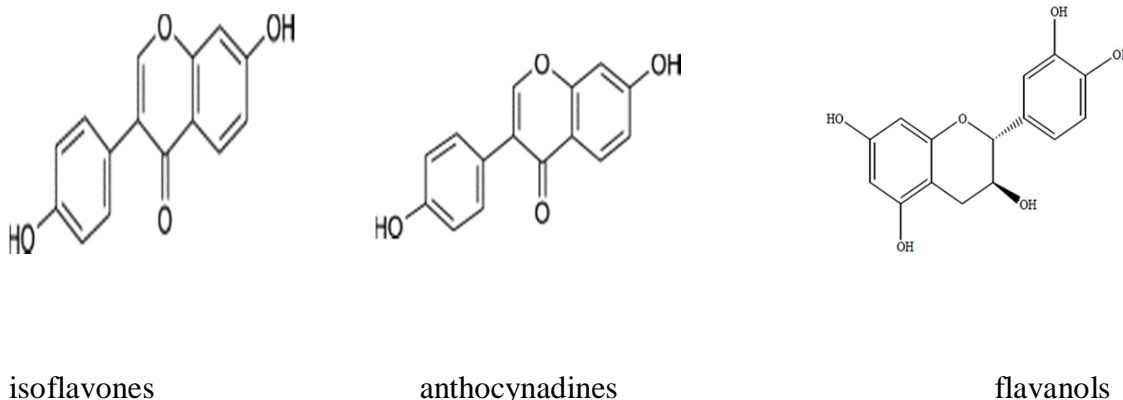


Figure 4: Structures chimiques de quelques flavonoïdes (**KHIREDDINE .H,** 2014).

IV.2. Les caroténoïdes :

IV.2.1 Généralités

Les caroténoïdes sont des pigments liposoluble synthetisé par les végétaux. Les plus importants sont le bêta-carotène, l'alpha-carotène, la lutéine, la zéaxanthine et le lycopène. Ce sont eux qui donnent aux fruits et légumes des couleurs orange, rouge et jaune. Leur fonction essentielle est de protéger les plantes. La plupart des caroténoïdes ont une propriété antioxydante. Comme ils le font pour les plantes, ils ont des effets bénéfiques sur notre santé. Ce sont d'excellents piègeurs d'espèces radicalaires particulièrement vis-à-vis de la lipoperoxydation des phospholipides membranaires grâce à leurs structures.(**Boubekri 2014**).

IV.2.2 Structure des caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des molécules lipidiques appartenant à la famille des terpènes. Les terpènes représentent une grande classe de composés à fonctions très variées. Les caroténoïdes sont des tétraterpènes. Ce sont des composés hydrophobes à structurehydrocarbonée de quarante atomes de carbone. Deux classes de caroténoïdes peuvent être différenciées en fonction de leur structure :

- Les carotènes : caroténoïdes essentiellement hydrocarbonés. - Les xanthophylles : caroténoïdes modifiés par un groupement fonctionnel oxygéné. Ils comportent un atome d'oxygène généralement sous forme de fonction alcool .(**Outis et Yahiya2016**).

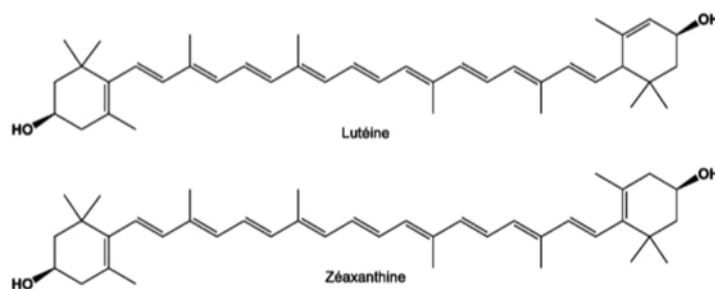


Figure 5 : Structures chimiques de quelques caroténoïdes

IV.3. Les saponines.

IV.3.1 Généralité sur les saponines

Les saponines ou saponosides sont une classe spécifique de métabolites secondaires, généralement connues comme des composés non-volatils, tensio-actifs (Vincken et al., 2007), des produits naturels abondamment retrouvés dans le règne végétal (Sparg et al., 2004). Il est intéressant de noter que des organismes marins comme le concombre de mer contiennent des saponines par exemple le frondoside A isolé de *Cucumaria frondosa*, l'eximisoside A isolé de *Psolus eximius* (Girard et al., 1990 ; Kalinin et al.,).

IV.3.2 Structure des saponines

Le nom saponine dérive du mot latin « sapo », qui signifie savon, parce que ces composés moussent une fois agités avec de l'eau. Structuralement parlant, les saponines sont constituées d'un squelette stéroïdique ou triterpénique (aglycones non polaires) porteur d'une ou de plusieurs sections sucres, de masse moléculaire entre 600 à 2000 Daltons et de structure complexe. Cette combinaison d'éléments structuraux polaires et non polaires explique leur comportement moussant en solution aqueuse. La nature des sections osidiques retrouvées à l'intérieur des saponines est très variée, mais elles sont habituellement constituées de D-glucose, D-galactose, L-rhamnose, D-xylose, D-fucose et acide D-glucuronique (Bruneton, 1999).

Chapitre I : Recherche bibliographique

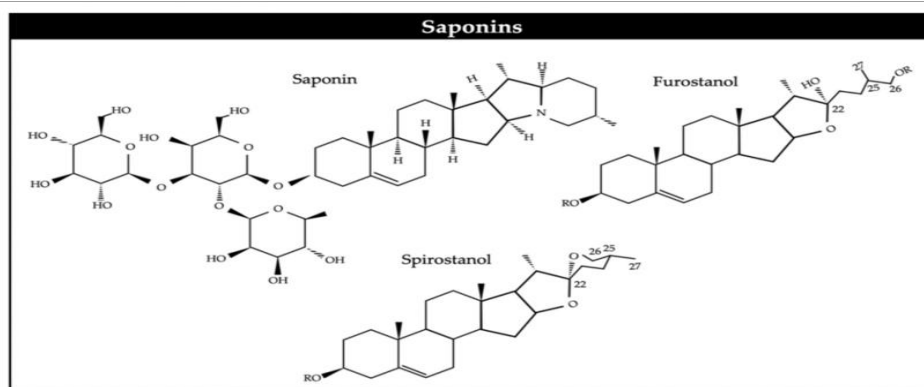


Figure 6 : Structure chimique des saponines (Patra A, Saxena J ;2009).

V. Les propriétés biologiques de *Carpobrotus edulis* :

V. 1. Activités antibactérienne :

L'activité antimicrobienne des extraits de *Carpobrotus.edulis* a fait l'objet de nombreuses recherches. Les composés phytochimiques ont montré une activité considérable contre divers microbes. Les composés isolés par Van der Watt et Pretorius (Van der Watt E, Pretorius J C ; 2001), ont démontré une activité antibactérienne remarquable contre les grams négatifs *Moraxella catharalis* ainsi que les *Cocci* gram positifs, *Staphylococcus epidermidis* et *staphylococcus aureus*. Un composé phénolique, l'hyperoside et un glycoside de flavonone appelé néohespéridine ont également démontré une activité contre *Pseudomonas aeruginosa*. La croissance des colonies de *Bacillus subtilis* et de *Streptococcus pneumonia* n'était inhibée par un composé phénolique appelé acide ferrulique.

V.2 Activités neurologiques :

Les résultats de Custódio et al. révèlent que *Carpobrotus.edulis* à une activité anticholinestérase contre l'acétylcholinestérase et la butyrylcholinestérase. *Carpobrotus edulis* est donc considéré comme une piste potentielle dans la recherche future et la thérapie alternative pour la gestion des affections neurologiques associées à une diminution des niveaux d'acétylcholine dans le cerveau (Custódio L,et al ; 2012).

Chapitre I : Recherche bibliographique

V.3 Activités antioxydantes :

Les caractéristiques antioxydantes et les composés phénoliques extraits des feuilles, de la tige et des racines de *C. edulis* ont été évalués in vitro à l'aide de différents tests tels que la capacité antioxydante totale, l'activité de piégeage du DPPH, le pouvoir réducteur du fer et le test de blanchiment du β -carotène (BCBT). Les différentes parties de la plante se sont révélées avoir une activité antioxydante plus élevée par rapport à l'hydroxytoluène butylé BHT, le témoin positif, dans l'ordre : tige > feuille > racines (Falleh, H. et al ; 2011).

Les propriétés antioxydantes et les composés phénoliques de *Carpobrotus.edulis* ont été caractérisés dans la racine, la tige et la feuille. Les parties aériennes des plantes auraient une activité antioxydante plus élevée que les racines. Les parties aériennes avaient la teneur en polyphénols la plus élevée par rapport aux racines, expliquant l'activité antioxydante plus élevée. (Falleh, H. et al ; 2011).

VI.4 Activités antifongique :

Les huiles essentielles ont été extraites de feuilles fraîches de *Carpobrotus.edulis* pour l'évaluation de l'activité antifongique. Quatre solvant ; de l'hexane, de l'acétone, de l'eau et de l'éthanol ont également été utilisés pour extraire les feuilles fraîches de *Carpobrotus.edulis* qui ont également été testées pour leur activité antifongique. Les huiles essentielles se sont avérées plus efficaces pour inhiber la croissance fongique que les extraits des quatre solvants répertoriés. Ces extraits d'huiles essentielles ont révélé une activité antifongique contre *Candida krusei*, *Candida Aalbicans*, *Candida Glabrata* *Candida rugosa* et *Cryptococcus neoformans* avec des plages de concentration minimales inhibitrices de 0,02 à 0,31 mg/ml. (Omoruyi BE. et al ; 2014).

V.5 Activités anti inflammatoire :

L'inflammation est une réponse protectrice du corps qui aide à éliminer les stimuli nocifs, ainsi qu'un processus de guérison pour réparer les dommages causés par des facteurs tels qu'une infection, une blessure et une crise cardiaque. (Takeuchi, O. et al ; 2010).

Chapitre I : Recherche bibliographique

Les extraits aqueux, méthanol (50 %) et acétone (70 %) de *C. edulis* soumis au modèle d'inhibition de l'enzyme 15-lipoxygénase (LOX) avaient des valeurs IC₅₀ de 59,8 ± 5,50 µg/mL, 120,2 ± 17,42 µg/mL et 22,3 ± 4,11 µg/mL, respectivement. La valeur IC₅₀ non supérieure à 100 µg/mL obtenue à partir des extraits à 70 % d'acétone et d'eau de *C. edulis* indique le fort potentiel de ces extraits à inhiber l'enzyme LOX, qui est l'une des principales enzymes impliquées dans l'inflammation. (Mulaudzi, R.B. et al ; 2019).

VI. Utilisation traditionnelle de *Carpobrotus edulis* :

Carpobrotus edulis a été largement utilisé en Afrique du Sud comme médicament traditionnel pour un large éventail de maladies. Les fruits, les feuilles et les fleurs sont utilisés en médecine sous différentes formes. La plupart du temps, les feuilles, les fruits ou les fleurs de la plante sont mâchés crus ou bouillis dans de l'eau et pris par voie orale comme médicament contre diverses infections bactériennes et fongiques (Steenkamp V, et al ; 2007).

L'eczéma facial, les plaies, les brûlures et diverses affections cutanées sont traités soit en mâchant des feuilles de *Carpobrotus edulis*, soit en buvant des feuilles bouillies (Van Wyk BE ; 2011).

Il a également été rapporté que *Carpobrotus.edulis* joue un rôle important en tant qu'additif alimentaire traditionnel pour améliorer la composition nutritionnelle des aliments, car sa pousse charnue comestible lorsqu'elle est trempée dans l'eau et bien préparée a été utilisée comme conservateur alimentaire (Van Wyk BE ; 2011).

VII. Les différentes modes d'extraction des plantes.

Le mode de préparation d'une plante médicinale est la méthode d'extraction des principes actifs responsables d'action guérisatrice. Il peut avoir un effet sur la quantité ces produits chimiques présents.

Les modes de préparation les plus courants sont : extraction par solvant, l'hydrodistillation l'infusion, la décoction et la macération.

Chapitre I : Recherche bibliographique

- **L'hydro distillation :**

Est une méthode d'extraction dont le rôle est d'entraîner les composés volatiles présents dans les produits naturels, grâce à la vapeur d'eau.

Ce procédé est aussi appelé « entraînement à la vapeur ».

- **L'extraction par solvant:**

C'est un procédé qui permet d'extraire des composés qui ne peuvent pas l'être avec de l'eau, Elle consiste à faire passer, par solubilisation, la substance à extraire dans un solvant. Il existe plusieurs types d'extraction par solvant: extraction direct, extraction liquide, Extraction solide-liquide.

- **Infusion**

Une infusion est préparée en versant de l'eau bouillante sur une quantité spécifique de matière végétale, en laissant reposer la mixture pendant 10-15 minutes (**Sofowora, 2010**).

- **Décoction**

Les plantes sont versées dans l'eau froide et portées à ébullition un temps plus ou moins long, deux ou trois minutes pour les feuilles, les tiges et les fruits ; cinq minutes ou plus pour les écorces et les racines (**Pierre et Lis, 2007**).

Le liquide de macération peut être de l'eau, de l'alcool ou du vinaigre. Dans le cas de la macération à l'eau, les plantes doivent être versées dans le liquide froid ou tiède pendant quelques heures (10 ou 12 heures) (**Pierre et Lis, 2007**).

Les macérations à l'eau ne doivent pas dépasser une douzaine heures par risque d'oxydation et de fermentation du liquide (**Pierre et Lis, 2007**).

- **Macération :**

Pour l'alcool, le vinaigre, huiles, cette macération peut se prolonger plusieurs jours sans inconvénients (**Pierre et Lis, 2007**). Les trois modes de préparation (décoction, macération, infusion) ont été testés par l'équipe de recherche (**KONKON et al., 2006**

Chapitre II

Matériels et Méthodes



Chapitre II : Matériels et méthodes

Introduction :

Notre travail été réalisée au niveau de 4 principaux laboratoires :

- Le Laboratoire *Pharmaceutical Tabuk* de Blida pour l'extraction méthanolique de la plante *Carpobrotus edulis*.

- Au niveau de CRD Sidal :
 - Le laboratoire microbiologique Sidal CRD pour l'étude de l'activité anti bactérienne de l'extrait méthanolique de *Carpobrotus edulis*.

 - Le laboratoire pharmaco-toxicologie CRD Sidal pour l'étude de l'activité anti inflammatoire de l'extrait méthanolique de *Carpobrotus edulis*.

 - Laboratoire de recherche de plantes médicinales et aromatiques à l'université Saad Dahleb Blida pour L'étude microscopique de la plante *Carpobrotus edulis* et l'étude de l'activité antioxydante.

 - Le Laboratoire de pharmacie galénique du département de Pharmacie de l'université Saad Dahleb Blida 1 (Préparation de la crème à base de l'extrait de la plantes)

II. Matériels.

Deux types de matériels ont été utilisés:

II.1. Matériel non Biologique :

Le matériel non biologique utilisé pour réaliser cette étude est composé de verreries, d'équipements et d'appareillage. Il comprend aussi un ensemble de produits chimiques.

II.2 Matériel biologiques.

Matériels végétale, Animaux de laboratoire, et les souches microbiennes:

II.2.1. Matériel végétale.

Le choix de la plante, *Carpobrotus edulis*, comme sujet d'étude dans le présent travail a été guidé non seulement par les nombreuses utilisations traditionnelles qui en sont répertoriées, mais aussi par le fait qu'il s'agit d'une plante très abondante localement et relativement peu étudiée en Algérie.



Figure7: Plante *Carpobrotus edulis*. (originale)

II.2.2. Animaux de laboratoire

Les animaux de laboratoire proviennent de l'élevage de l'animalerie de l'IPA de Kouba c'est des souris Wistar femelles de poids environ 20 g en statut hétéroxénique.



Figure 8 : Animaux de laboratoire (originale)

II.2.3 Les souches bactériennes et fongique étudiées : les souches bactériennes et fongiques proviennent du laboratoire microbiologique Sidal CRD.

Chapitre II : Matériels et méthodes

Tableau 02: Les souches bactériennes et fongique utilisées.

| Les souches microbiennes | Forme | Gram | Culture | Habitat | Pathologie |
|---------------------------------|--|----------|----------------------------------|--|--|
| <i>Escherichia coli</i> | Bâtonnet | Négatif | Anaérobie facultatif | Le tube digestif de l'être humain et des organismes à sang chaud | Peut provoquer une infection urinaire, qui consiste habituellement en une infection ascendante. E. coli peut provoquer une prostatite et une maladie pelvienne inflammatoire |
| <i>Pseudomonas Aeruginosa</i> | Bâtonnets renflés avec un flagelle polaire | Négatif | Aérobie strict | Eau, surface, air, aliments | Provoque des infections aiguës ou chroniques, parfois graves et mortelles |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | Cocci | Positif | Aérobie-anaérobie facultatif | Peau, muqueuses et fosses nasales et pharynx en majorité | provoquent souvent des infections cutanées |
| <i>Bacillus subtilis</i> | Bâtonnet | Positive | Aérobies strictes ou facultatifs | Espèce ubiquitaire | Elle peut contaminer des aliments et peut exceptionnellement provoquer une intoxication alimentaire |
| <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | Ronde ou ovale | | Aérobie-anaérobie facultatif | les fruit et l'écorce des arbres | Peut être commensal des tractus urogénital, digestif et respiratoire, notamment après un traitement par probiotique |

Chapitre II : Matériels et méthodes

| | | | | | |
|-------------------------|---------|--|-----------|-----------------------------|--|
| <i>Conidia albicans</i> | Bacille | | Anaérobie | muqueuses , peau , intesin. | Provoque des mycoses, habituellement bénignes mais qui peuvent être graves chez le sujet immunodéprimé |
|-------------------------|---------|--|-----------|-----------------------------|--|

II. Méthodes :

II.1. La récolte de la plante :

La griffe de sorcière *Carpobrotus edulis* a été récoltée le 16 avril 2022 à midi, dans la wilaya d'Alger, région Zeralda .dans la plage : *Palm beach*.



Figure 9 : *Carpobrotus edulis* de la région de Zeralda. (ORIGINALE)



Figure 10 : La répartition de *Carpobrotus edulis* de la région de Zeralda en Maps .

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.2. Extraction des polyphénols

L'extraction des polyphénols a été effectuée selon la méthode de Mokhtar et al. (2014). 50 g de feuilles fraîches broyées de *Carpobrotus .edulis* a été mélangée avec 100 mL de 0.05% (v/v) HCl / solvant(méthanol) (10%:90%). le mélange est mis dans un sonicateur pendant 30min. L'extrait a été par la suite filtré avec un papier Whatman (No. Z146374- 100EA). Le mélange a été évaporé avec un rotavapor à une température de 40°C. après on le met dans l'étuve jusqu'à l'obtention d'un extrait en poudre. Nous avons répété l'extraction trois fois, selon le besoin.

II.2.1. Détermination de rendement d'extraction :

Le rendement de l'extraction des polyphénols et des caroténoïdes a été exprimé en pourcentage et calculé selon la formule suivante :

$$R = (M0/M1) \times 100$$

R : rendement de l'extraction en %

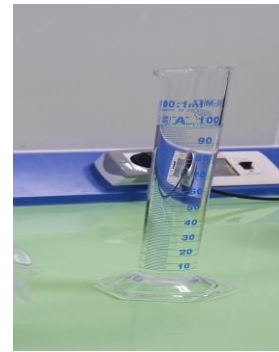
M1 : masse en gramme de l'extrait final.

M0 : masse en gramme de la matière végétale initiale.

Chapitre II : Matériels et méthodes



**50g de matière végétale
fraiche**



**100ml de 0.05%(v/v)HCL/
solvant méthanol**



**Mélange le solvant avec la plante Met le mélange dans un
sonicateur pendant 30 min**

Agitation pendant 24 h

Filtration sur un papier wattman



Elimination du solvant par le rotavapor

Figure 11 : Protocole de l'extraction. (originale)

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.3. Détermination de l'activité antimicrobienne d'extrait :

Nous avons testé l'activité de l'extrait méthanolique de *Carpobrotus edulis* , vis-à-vis de quelques souches bactériennes (*Escherichia coli* , *Pseudomonas aeruginosa* , *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*) et des souches fongiques (*Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*) par la technique des puits.(J.Valnet et M. Girault 1973 avec quelques modifications)

a) Principe de la technique

C'est la technique de base utilisée pour étudier la capacité d'une substance à exercer un effet antimicrobien, elle est aussi appelée : la technique de dilution en gélose pour la détermination des extraits actifs.

b) Préparation de pré-culture :

Les tests antimicrobiens doivent être réalisés à partir des cultures jeunes de (18 à 24 heures) en phase de croissance exponentielle. La réactivation des souches est effectuée par un repiquage qui a été réalisé dans des boîtes de pétries contenant de la gélose nutritive (remplie 80%).

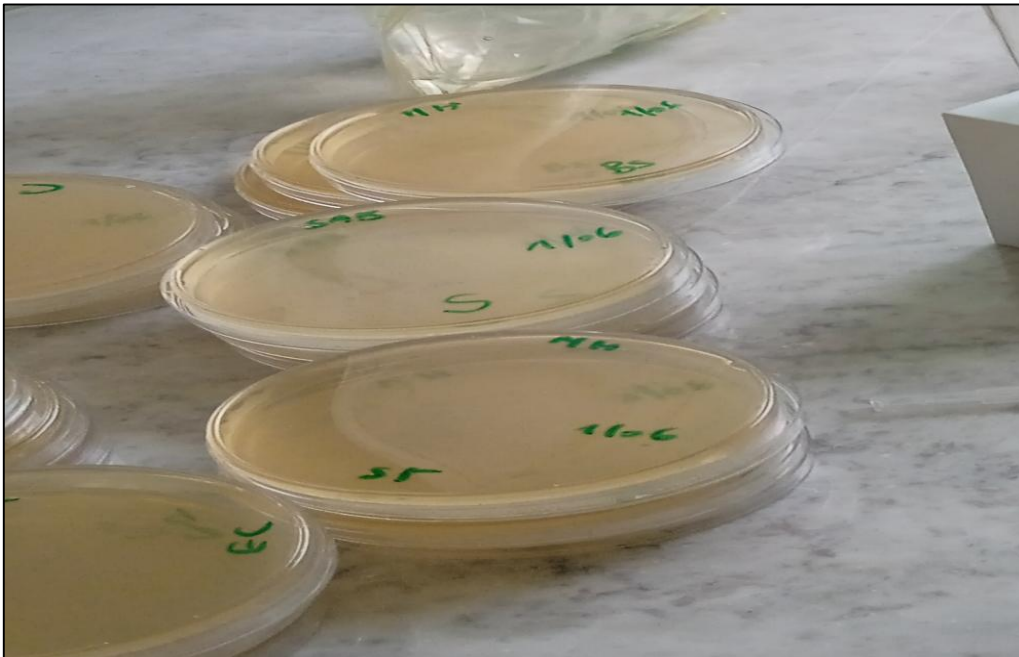


Figure 12: Boîtes de pétrie contenant 80% le milieu de culture (Originale)

Chapitre II : Matériels et méthodes

c) Préparation de la suspension bactérienne :

Pour la réalisation de cette étape nous avons procédé de la façon suivante : premièrement, nous prélevons des colonies (bactériennes et fongiques) bien isolé à partir des boîtes pétriensemencées précédemment, ensuite nous dissolvons les colonies prélevées dans des tubes contenant 5 ml d'eau physiologique, cette étape sert à avoir un inoculum de 10^7 cellules/mL.



Figure 13 : Isolement et préparation de l'inoculum (originale)

d) Préparation de mélange milieux inoculum :

Nous mélange 50ml de milieux Sabouraud (levures / champignons) et Muller Hinton (bactéries) avec 200 μ l de l'inoculum bactérien et de champignon, puis on remplit 20% les boîtes de Pétri qui contient 80% de milieux de culture de pré-culture.

e) Remplissage des puits :

Après le séchage des boîtes, la gélose est perforée au centre à l'aide de la partie supérieure d'une pipette Pasteur environ 6mm (**Figure 14**). Les cavités ainsi formées sont remplies de l'extrait méthanolique (Extrait méthanolique poudre + Tween) à raison de 0.1 g avec 1ml de Tween (10%). (**Figure 15**)



Figure 14: Remplissage des puits (originale)



Figure 15 : Préparation de mélange extrait en poudre-Tween

F) Incubation : Les boîtes sont mises à incuber dans une étuve à 30°C pendant 48h pour les levures, et à 37°C pendant 24h pour les bactéries.

II.4. Détermination de l'activité anti-inflammatoire de l'extrait :

L'activité anti-inflammatoire de l'extrait de *Carpobrotus edulis* a été réalisée au niveau de laboratoire de pharmaco-toxicologie CRD SAIDAL par la méthode de l'œdème induit par la caragénine. (**test de Levy**) : (**Culot, 1972**).

Le jour du test :

Au temps T₀ :

On administre aux cinq lots les suspensions suivantes :

- ❖ Lot 1 Témoin négatif : chaque souris reçoit 0.5 ml d'eau distillée.
- ❖ Lot 2 Témoin positif: chaque souris reçoit 0.5 ml du produit de référence Diclofenac 2mg.
- ❖ Lot 3 Essai₁: chaque souris reçoit 0.5 ml des Solution 1 (50mg de l'extrait).
- ❖ Lot 4 Essai₂: chaque souris reçoit 0.5 ml Solution 2 (100mg de l'extrait).
- ❖ Lot 5 Essai₃: chaque souris reçoit 0.5 ml Solution 3 (200mg de l'extrait).

Chapitre II : Matériels et méthodes



Figure16 : Gavage des différents extraits. (original)

Au temps $T_0 + 30$ min :

On injecte la solution de la carragénine sous l'aponévrose plantaire de la patte arrière gauche sous un volume de 0.025 ml à tous les animaux mis en expérience.



Figure17 : Injection de la carragénine (original)

- On mesure la circonférence des pattes chaque heure pour tous les lots et les animaux pendant 4 heures.



Figure18: mesure de la circonférence des pattes.

Chapitre II : Matériels et méthodes

Au temps T₀+ 4heures :

- On scarifie les animaux par rupture de la nuque.



Figure19 : Sacrifice des animaux

- On coupe les pattes postérieures à hauteur de l'articulation et on les pèse sur une balance analytique.



Figure 20 : Coupure et pesée des pattes

II.4. 1. Méthode de calcul du pourcentage de réduction des œdèmes :

- Les moyennes arithmétiques des poids de la patte gauche et de la patte droite sont calculées pour chaque lot.
- Le pourcentage d'augmentation des poids de la patte (% œdème) est calculé par la formule suivante :

$$\% \text{ d'œdème} = \frac{\text{Moyenne des poids des pattes gauches} - \text{moyenne des poids des pattes droites}}{\text{Moyenne des poids de patte droite}} \times 100$$

- Le pourcentage de réduction de l'œdème chez les souris traitées par rapport aux témoins est calculé par la formule suivante :

Chapitre II : Matériels et méthodes

$$\% \text{ de réduction de l'œdème} = \frac{\% \text{ de l'œdème témoin} - \% \text{ de l'œdème essai}}{\% \text{ de l'œdème témoin}} \times 100$$

II.5. Evaluation de l'activité antioxydante des extraits phénoliques des plantes étudiées

II.5.1. Pouvoir antiradicalaire (Piégeage du radical libre DPPH)

Principe : Le DPPH est un radical libre stable violet en solution. Il présente une absorbance caractéristique dans un intervalle compris entre 512 et 517 nm. Sa couleur disparaît rapidement lorsque le DPPH est réduit en diphényle picryl - hydrazine (jaune) par un composé à propriété antiradicalaire, entraînant ainsi une décoloration . L'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (**Sanchez - Moreno , 2002**) .

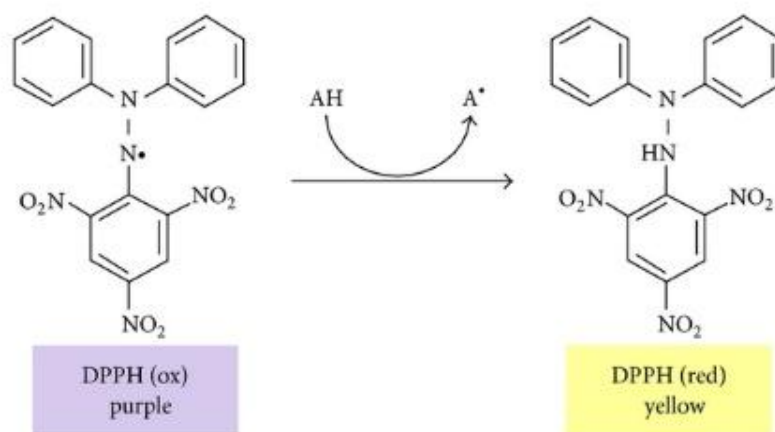


Figure 21: Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH (Teixeira et al, 2013).

II.5.2. Préparation de la solution de DPPH :

une solution de DPPH est préparée en ajoutant 100 ml de méthanol à 2,5mg de poudre de DPPH , la solution obtenue est de couleur violet.

II.5.3. Mode opératoire

Pour réaliser l'analyse, 2,9 ml de la solution méthanolique de DPPH (0,025 g / l) est ajouté à 100 µl de la solution de chaque extrait à différentes concentrations (25,100 , 200 ,400, 800µg / ml) , avec deux témoins sont préparés , un témoin négatif composé de 100µl de méthanol + 2 ml de la solution de DPPH et un témoin positif , composé de 5 mg de poudre d'acide ascorbique dissous dans 50 ml de méthanol . A partir de cette solution 3 dilutions sont

Chapitre II : Matériels et méthodes

préparées en prélevant à chaque fois 1 ml de tube précédant . Les tubes sont placés à l'obscurité à température ambiante pendant 30 min . Le mélange est vigoureusement agité , puis les tubes sont incubés à température ambiante et à l'obscurité pendant 30 minutes . La longueur d'onde d'absorption maximale a été préalablement déterminée. Toutes les lectures sont effectuées à 515 nm.

L'activité anti radicalaire estimée selon l'équation suivante:

$$PI = \frac{(\text{DO du blanc} - \text{DO de l'échantillon})}{\text{DO du blanc}} \times 100$$

Où :

PI : pourcentage d'inhibition.

DO : La décroissance de l'absorbance

NB : La réalisation de la cinétique de cette activité permet de déterminer les concentrations qui correspondent à 50% d'inhibition (**IC50**) ; la valeur d' **IC50** la plus faible correspond à l'efficacité de l'extrait la plus élevée.

II.6.Méthode de préparation de la crème :





La crème a été préparée selon la composition dans le **tableau 3**

Chapitre II : Matériels et méthodes

Tableau 3 : Composition de crèmes formulé

| | Alcool cétylique | Alcool Stéarylique | Glycérol | Lauryl sulfate | Extrait méthanolique de <i>Carpobrotus edulis</i> | EAU |
|----------------|---|---|---|---|---|----------------------------------|
| ESSAI | 1,5 g | 3,5 g | 2,5 g | 0,75 g | 100 mg | 41,75 g |
| Le rôle | co-émulsifiant et agent de consistance pour stabiliser les émulsions et en moduler la texture | Possède des propriétés émoullientes et peut aussi servir d'émulsifiant et d'épaississant dans divers produits | Agent de texture qui permet d'homogénéiser les préparations en améliorant leur onctuosité | Agent moussant (permettre la formation de mousse) | Principe actif | Solvant (permet solubilisation) |

Tableau 4 : Les étapes de préparation de la crème.

| | |
|---|--|
| Etape 1 : préparation des ingrédients |  |
| Etape 2 : préparation de la phase huileuse |  |
| Etape 3 : préparation de la phase aqueuse |  |
| Etape 4 : émulsification |  |

Chapitre II : Matériels et méthodes

❖ MODE OPERATOIRE :

Etape 1 : Préparation des ingrédients

- **la phase huileuse :**
 - Alcool cétylique.
 - Alcool Stéarylique.
- **la phase aqueuse :**
 - Eau.
 - Glycérol.
 - Lauryl sulfate.
 - Extrait méthanolique de *Carpobrotus edulis*.

Etape 2 : Préparation de la phase huileuse

- Pesez les ingrédients par une balance.
- Mélangez l'alcool Cétylique et l'alcool Stéaryque dans un bécher à l'aide d'une cuillère.
- Faites chauffer la phase à 75°C sur une plaque chauffante.

Etape3 : Préparation de la phase aqueuse

- Pesez les ingrédients par une balance.
- Mélangez l'extrait méthanolique de *Carpobrotus edulis* avec le glycérol avec de l'eau dans un bécher à l'aide d'une spatule en prenant soin de bien mélanger les ingrédients.
- Faites chauffer la phase à 75°C sur une plaque chauffante.

Remarque:

Les deux phases doivent être à la même température simultanément

Etape4 : Emulsification

- Ajoutez la phase aqueuse à la phase huileuse et procédez à l'émulsification en agitant énergiquement à l'aide de l'agitateur (vitesse 1500 tr/mn).
- Agitez jusqu'à l'obtention d'une émulsion homogène.

Chapitre III

Résultats et Discussion




Chapitre III : Résultats et discussion

Dans ce chapitre nous allons exposer les résultats et discussions se rapportant aux rendements des extraits de la plante étudiée, l'étude de différentes activités biologiques : activité antimicrobiennes, activité anti-inflammatoire; activité antifongique et activité antioxydante de l'extrait de la plante.

III.1. Extraction:

Les caractéristiques organoleptiques de l'extrait méthanolique sont représentées dans le **tableau 5**.

Tableau 5: Caractéristiques organoleptique de l'extrait méthanolique de *Carpobrotus edulis*.

| Couleur | Odeur | Aspect | Photo |
|---------|--------------------------------------|-----------------|--|
| Verte | L'odeur de <i>Carpobrotus edulis</i> | Poudre verdâtre |  |

III.2. Rendement d'extraction :

Après l'extraction, le rendement a été calculé selon le rapport entre la masse de l'extrait final par rapport à la matière végétale initiale. Les résultats sont montrés dans le tableau 6.

Tableau 6: Résultats de rendement de l'extraction.

| Poids initial | Poids finale | Le rendement |
|---------------|--------------|--------------|
| 50g | 473.5mg | 0,947% |
| 50g | 504.3 mg | 1% |
| 50g | 610.11mg | 1% |

Chapitre III : Résultats et discussion

III.3. Résultats de l'activité Antimicrobienne :

Cette partie de notre travail vise à évaluer l'effet antibactérien de l'extrait méthanolique de *Carpobrotus edulis*, la lecture s'effectue après 24 heures d'incubation à 37°C pour les souches bactériennes, et pour les souches fongique 48h. L'évaluation des résultats se fait par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque puits.

Après 24h d'incubation, la lecture des résultats est réalisée par la mesure du diamètre d'inhibition (les zones claires qui se forment au tour du puits). Le diamètre du disque est inclus lors de la mesure. Les résultats obtenus sont classés selon **PONCE et al. (2003)**.

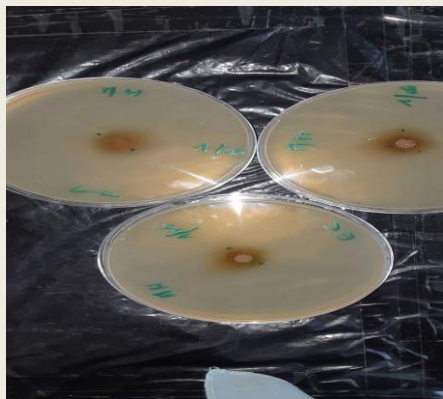
Tableau 7 : Sensibilité par diamètre d'inhibition

| Sensibilité | Diamètre |
|--------------------------|------------------|
| Non sensible - | Inférieur à 8mm |
| Sensible + | Entre 9 et 14mm |
| Très sensible ++ | Entre 15 et 19mm |
| Extrêmement sensible +++ | Supérieur à 20mm |

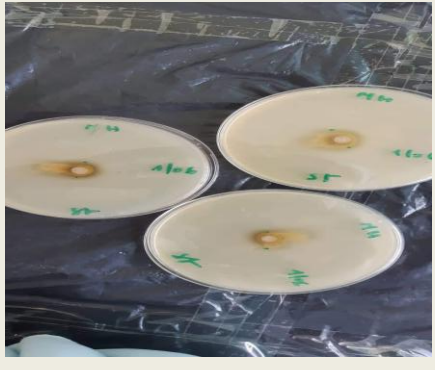
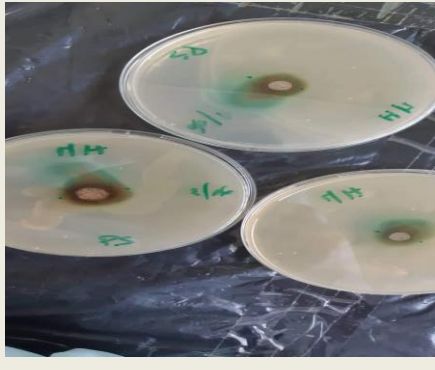

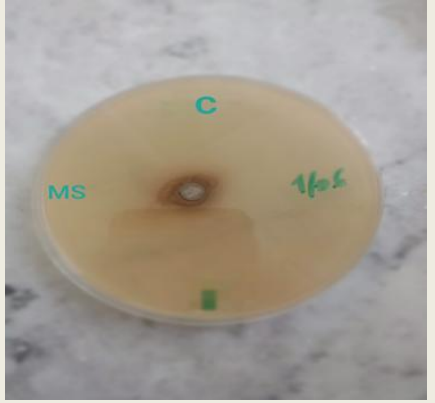
Après la lecture, nous avons obtenu les résultats présentés dans le tableau ci- après:

Les 4 souches bactérienne et les 2 souche fongique étudiées sont sensibles au extrait methanolique de *Carpobrotus edulis*.

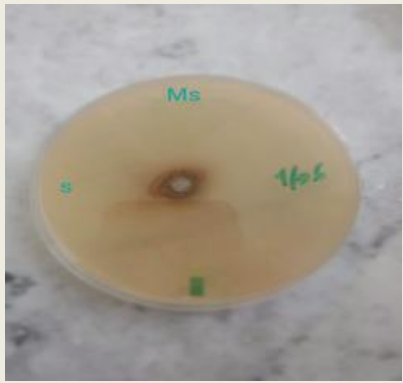
Tableau8 : Résultats activités anti bactérienne

| Nom de bactéries /champion | Résultats | Moyenne de Mesure de diamètre | Sensibilité |
|----------------------------|---|-------------------------------|-------------|
| <i>E .coli</i> |  | 13mm | + |
| | | 13mm | |
| | | 13mm | |
| | | $\bar{X}=13\text{mm}$ | |

Chapitre III : Résultats et discussion

| | | | |
|--------------------------------------|---|--|------------|
| <p><i>Staphylocoques aureus</i></p> |  | <p>12mm 12mm 12mm</p> | <p>+</p> |
| | | <p>$\bar{X}=12\text{mm}$</p> | |
| <p><i>Pseudomonas Aeruginosa</i></p> |  | <p>20mm 23mm 23mm</p> | <p>+++</p> |
| | | <p>$\bar{X}=22\text{mm}$</p> | |
| <p><i>Bacillus subtilis</i></p> |  | <p>23mm 24mm 29mm</p> | <p>+++</p> |
| | | <p>$\bar{X}=25.33\text{mm}$</p> | |
| <p><i>Saccharomyces</i></p> |  | <p>22mm 22mm 20mm</p> | <p>+++</p> |
| | | <p>$\bar{X}=21.3\text{mm}$</p> | |

Chapitre III : Résultats et discussion

| | | | |
|-------------------------|---|---------------------------|-----|
| <i>Candida albicans</i> |  | 23mm | +++ |
| | | 22mm | |
| | | 25mm | |
| | | $\bar{X} = 23,3\text{mm}$ | |

Commentaires :

D'après les résultats obtenus, il apparaît que l'extrait méthanolique possède une activité Antimicrobienne et anti fongique en raison de l'apparence de zone d'inhibition très appréciable.

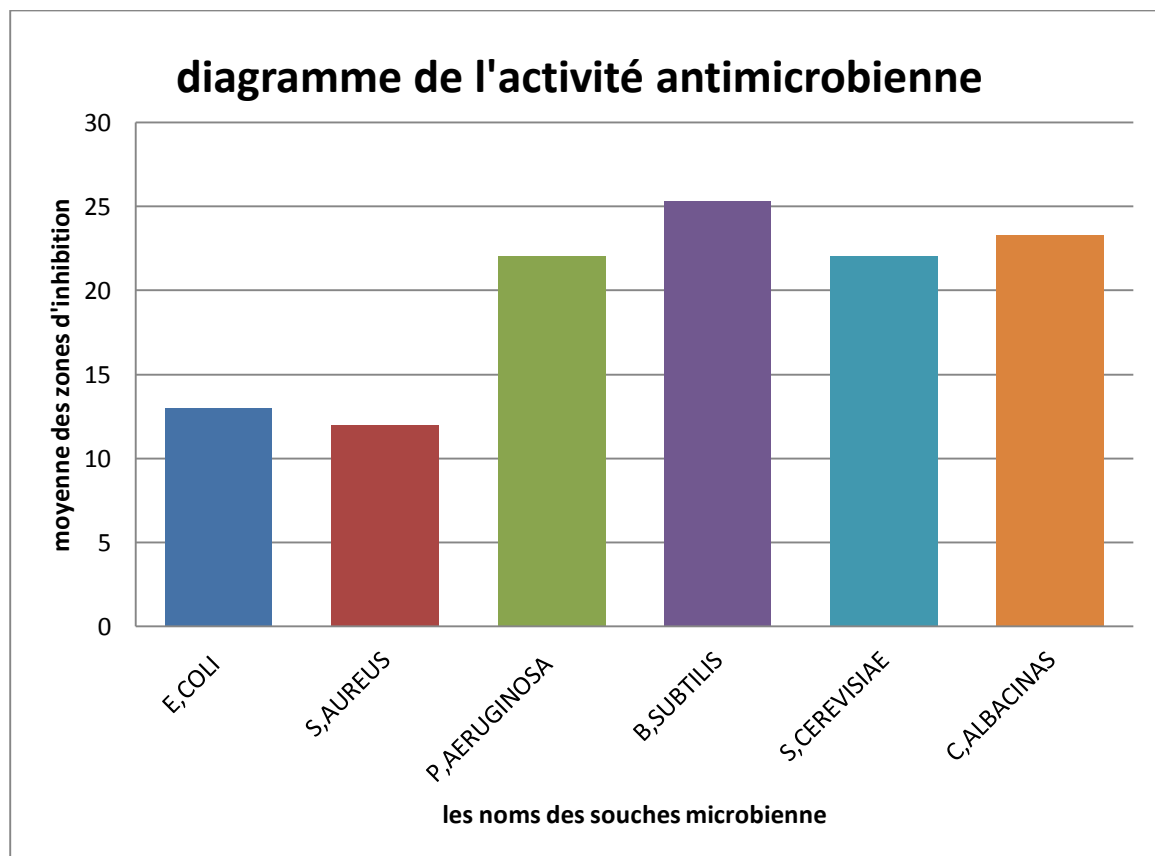


Figure 22 : Diagramme des moyennes de la zone d'inhibition.

Commentaire : D'après les résultats obtenus, il apparaît que *b. subtilis* est plus sensible aux extrait méthanolique de *carpobrotus edulis*.

Chapitre III : Résultats et discussion

III.4. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire :

L'inflammation est un ensemble de réactions générées par l'organisme en réponse à une agression subie. Celle-ci peut être d'origine extérieure comme une blessure, une infection, un traumatisme, ou provenir de l'intérieur de l'organisme lui-même comme dans des pathologies auto-immunes.

Les réactions inflammatoires sont déclenchées dans le seul but de défendre l'organisme. Lorsqu'elles sont visibles, elles se manifestent classiquement par 4 signes cliniques : une rougeur, une douleur, une tuméfaction et une augmentation de la chaleur à leur niveau.

III.4.1. Evaluation de la mesure de la circonférence des pattes :

Les tableaux suivants présentent le résultat de l'évolution de l'œdème en fonction du temps.

Tableau 9 : Résultat de l'évolution de l'œdème en fonction du temps.

| Temps Lots | T0 | T1=Après 1 heure | T2=Après 2 heures | T3=Après 3 heures | T4=Après 4 heures |
|---------------|-----------------------------|---|--|---|---|
| Lot 1 | 1,7 mm | 3 mm | 3 mm | 2 mm | 2,5 mm |
| | 1,7 mm | 3 mm | 3 mm | 2 mm | 2,3 mm |
| | 1,7 mm | 3 mm | 3 mm | 2,5 mm | 2,5 mm |
| | 1,7 mm | 3 mm | 3 mm | 2,5 mm | 3 mm |
| | $\bar{X}=1,7\pm 0\text{mm}$ | $\bar{X}= 3\pm 0\text{mm}$ | $\bar{X}= 3\pm 0\text{mm}$ | $\bar{X}=2,25\pm 0,288675$ mm | $\bar{X}=$ $2,575\pm 0,260768$ mm |
| Lot 2 | 1,7 mm | 2,5 mm | 2,5 mm | 2,7 mm | 2 mm |
| | 1,7 mm | 2,3 mm | 2,1 mm | 2,5 mm | 2 mm |
| | 1,7 mm | 3 mm | 2 mm | 3 mm | 2 mm |
| | 1,7 mm | 2,5 mm | 3 mm | 1,9 mm | 3 mm |
| | $\bar{X}=1,7\pm 0\text{mm}$ | $\bar{X}=2,575\pm$ $0,298608\text{mm}$ | $\bar{X}= 2,4\pm$ $0,454606\text{mm}$ | $\bar{X}=2,525\pm$ $0,464579\text{mm}$ | $\bar{X}= 2,25\pm$ $0,5\text{mm}$ |
| Lot 3 | 1,7 mm | 2,5 mm | 2,1 mm | 2 mm | 2,5 mm |
| | 1,7 mm | 2,5 mm | 2,1 mm | 3 mm | 2,5 mm |
| | 1,7 mm | 2,5 mm | 3 mm | 2 mm | 2 mm |
| | 1,7 mm | 2,5 mm | 2,2 mm | 2 mm | 3 mm |
| | $\bar{X}=1,7\pm 0\text{mm}$ | $\bar{X}=2,5\pm 0\text{mm}$ | $\bar{X}= 2,35\pm$ $0,43589$ mm | $\bar{X}= 2,25\pm$ $0,5$ Mm | $\bar{X}= 2,5\pm$ $0,408248$ mm |

Chapitre III : Résultats et discussion

| | | | | | |
|----------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Témoin | 1,7 mm | 3,39 mm | 3,5 mm | 3 mm | 2,5 mm |
| Négatif | 1,7 mm | 2,64 mm | 3 mm | 3 mm | 3 mm |
| | 1,7 mm | 2,75 mm | 3 mm | 3,5 mm | 3 mm |
| | 1,7 mm | 2,6 mm | 3 mm | 3 mm | 3 mm |
| | $\bar{X}=1,7\pm 0\text{mm}$ | $\bar{X}= 2,845\pm$ 0,368827 Mm | $\bar{X}=3,125\pm$ 0,25 mm | $\bar{X}= 3,125\pm$ 0,25 Mm | $\bar{X}= 2,875\pm$ 0,25 mm |
| Témoin positif | 1,7 mm | 2,81 mm | 2 mm | 2,5 mm | 2,5 mm |
| positif | 1,7 mm | 2,85 mm | 2,5 mm | 2,5 mm | 2,5 mm |
| | 1,7 mm | 3 mm | 3 mm | 2 mm | 2 mm |
| | 1,7 mm | 2,5 mm | 3 mm | 2 mm | 2 mm |
| | $\bar{X}=1,7\pm 0\text{mm}$ | $\bar{X}= 2,79\pm$ 0,209921 mm | $\bar{X}= 2,625\pm$ 0,478714 mm | $\bar{X}= 2,25\pm$ 0,288675 Mm | $\bar{X}= 2,25\pm$ 0,288675 mm |

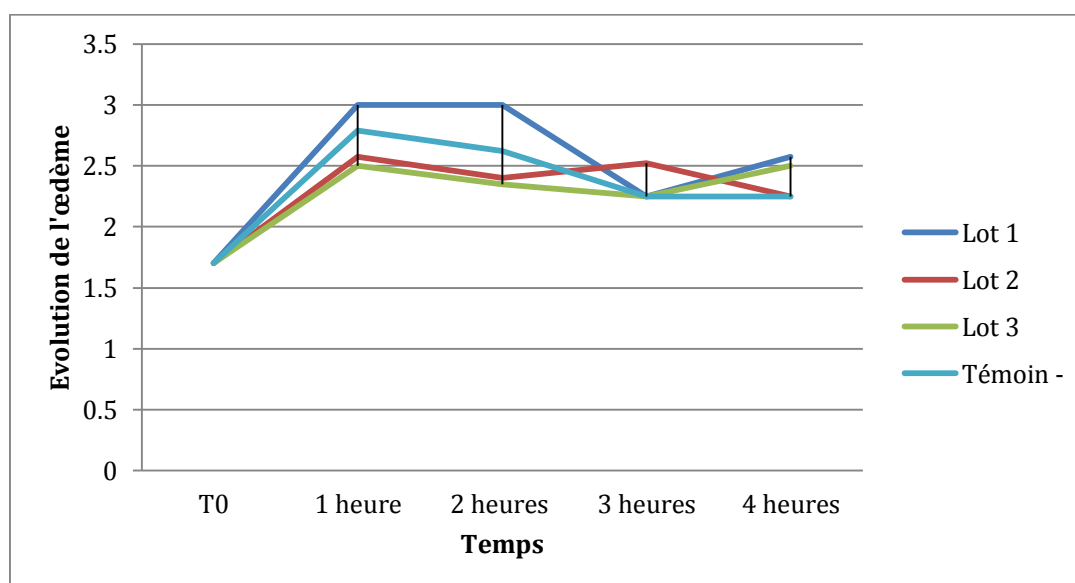


Figure 23: Evolution de l'œdème en fonction du temps

Commentaire :

D'après les résultats obtenus, il apparaît que l'extrait méthanolique possède une activité Anti inflammatoire en raison de l'évolution de l'œdème avec une Dans le lot qui reçoit un dosage de 200 mg (Lot 2).

Chapitre III : Résultats et discussion

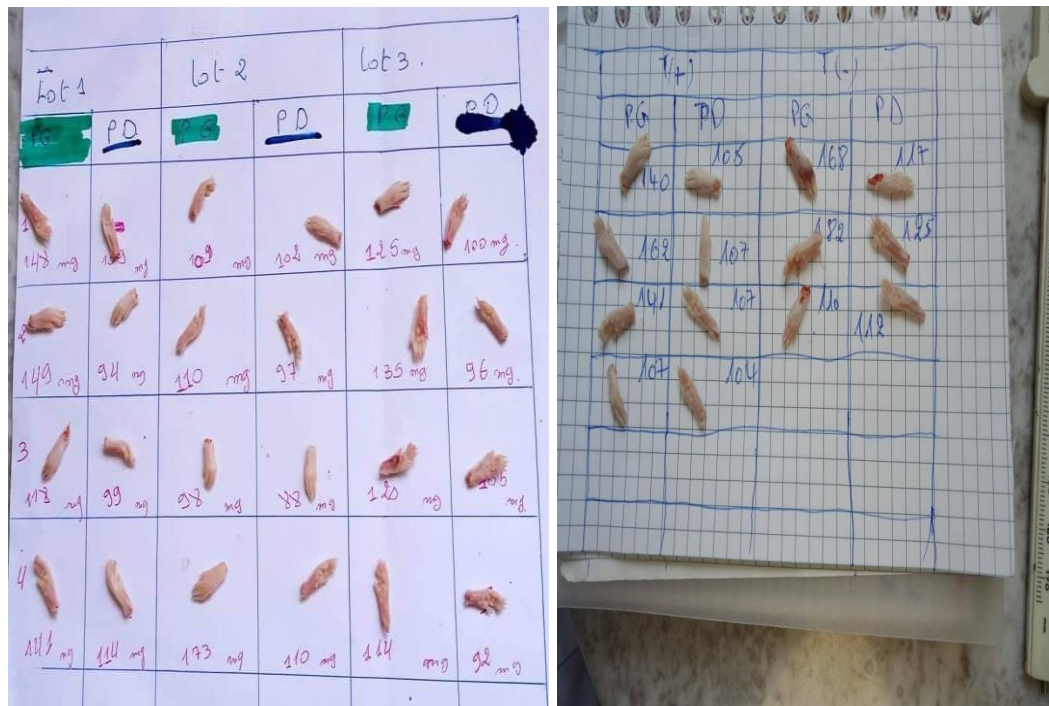


Figure 24 : Le poids des pattes postérieures.

| Lots | Lot 1 | Lot 2 | Lot 3 | Témoins positifs | Témoins négatifs |
|-------------|---------|---------|---------|------------------|------------------|
| % œdème | 24,66% | 23,42% | 25,69% | 7,09% | 35,01% |
| % Réduction | 29,56 % | 33,10 % | 26,62 % | 79,74 % | — |

Tableau10 : Résultats de réduction de l'œdème.

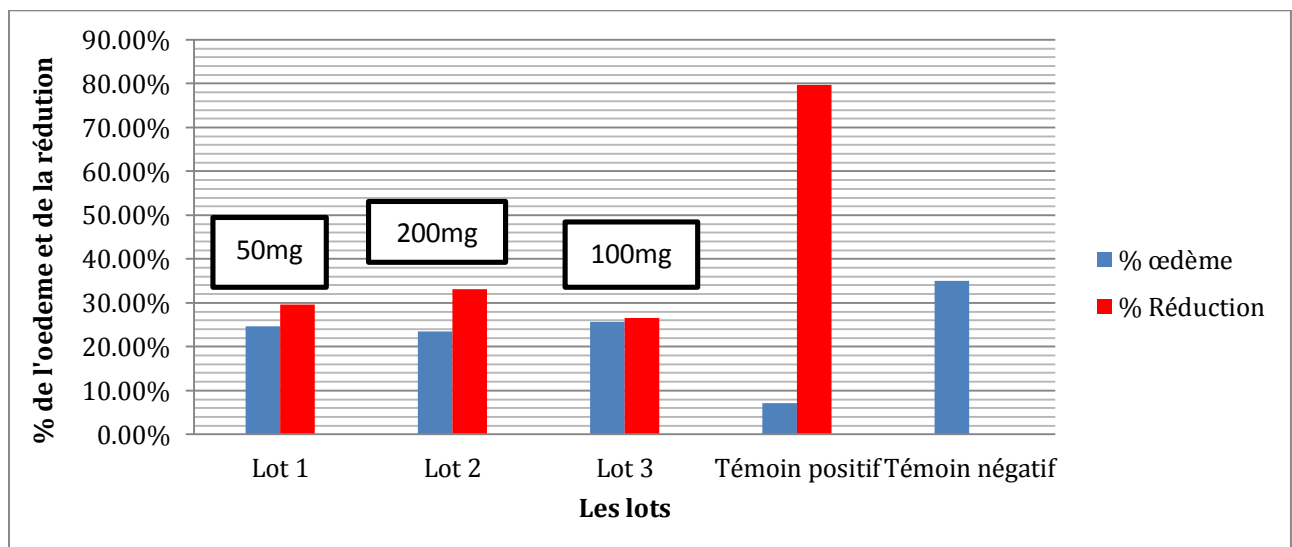


Figure 25 : Pourcentage de réduction de l'œdème provoqué par la carragénine.

Chapitre III : Résultats et discussion

Commentaire : D'après les résultats obtenus, il apparaît que l'extrait méthanolique possède une activité Anti inflammatoire en raison de pourcentage de réduction avec une Dans le lot qui reçoit une dose de 200 mg (Lot 2).

III.5.Résultat de l'activité antioxydante

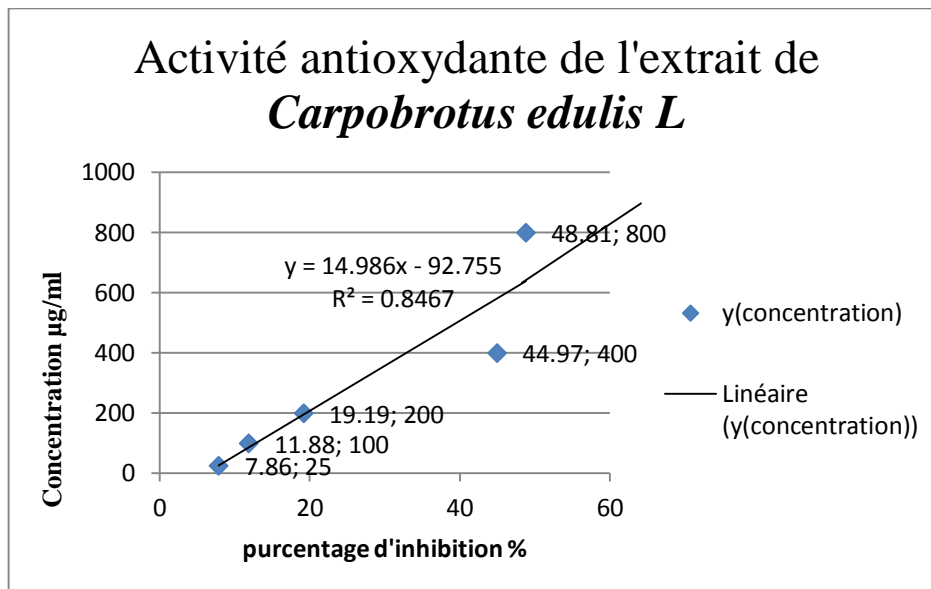


Figure 26: Activité antioxydant de l'extrait de *Carpobrotus edulis L*

Commentaire :

L'extrait méthanolique de *Carpobrotus edulis L* a montré une activité anti radicaire assez réduite de l'ordre de 48.81 % comparée à la solution de référence (vit C) qui est de 81,17%. (Fakhfakh et al ;2012)

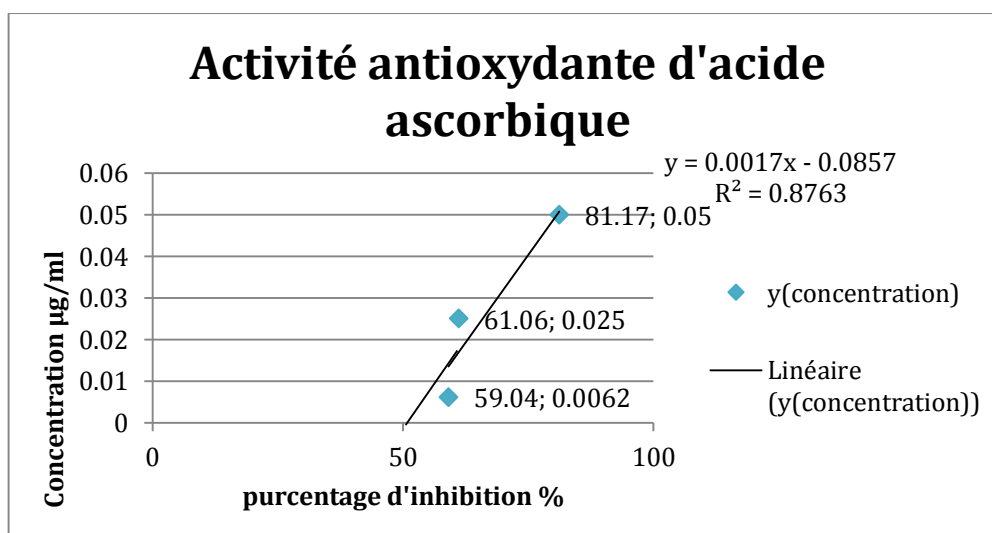


Figure 27: Pourcentage de réduction de radicaire libre DPPH

Chapitre III : Résultats et discussion

Commentaire :

L'extrait méthanolique de *Carpobrotus edulis L* a montré une activité anti radriculaire assez réduite de l'ordre de 48.81 % comparée à la solution de référence (vit C) qui est de 81,17%. (Fakhfakh et al ;2012).

III.5.1.Détermination d'IC 50 :

Le calcul des concentrations inhibitrices à 50 % (IC50) est déterminé graphiquement , les résultats sont renseigné dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Concentration inhibitrice a 50% (IC50) de l'extrait testé.

| L'extrait | L'extrait des polyphénols |
|---------------------------|---------------------------|
| <i>Carpobrotus edulis</i> | 656,24 |

IC50 de Vitamine C: (0 .7µg / ml)

La capacité antioxydante de l'extrait (polyphénols) de la plante (*Carpobrotus edulis L*). a été déterminée à partir de l'IC50 , c'est la concentration nécessaire pour réduire 50 % du radicale DPPH . Plus la valeur d'IC50 est basse , plus l'activité antioxydante d'un composé est grande (*Hobi & Eddouks , 2016*) .

Nous avons déterminé graphiquement l'IC50 pour l'extrait poly phénolique du *Carpobrotus edulis L* . qui présenté une IC50 de l'ordre de 656,24mg / ml comparé à celui obtenu pour le produit de référence Vit C (0 .7µg / ml) On peut dire que l'extrait méthanolique possède une activité anti-oxydante insuffisante .

III.6. Résultats de la formulation de la crème :

a- Caractérisation macroscopique :

Tableau 12: Aspect macroscopique de formulations de crèmes.

| Aspect | Couleur | Odeur |
|----------------------------|---------|------------------------------|
| Légère et fluide -homogène | Blanc | Aucune odeur caractéristique |

Chapitre III : Résultats et discussion



Figure 28: Aspect macroscopique de la crème

Commentaire :

On a remarqué que la pommade est très douce, et sa revient à la bonne homogénéisation au cours de la manipulation. Ces résultats confirment la bonne consistance des crèmes réalisées.

b- Caractérisation microscopique :

Tableau 13: Résultats de la caractérisation microscopique des crèmes formulées

| Grossissement | G×4 | G×10 | G×40 |
|-------------------------------|-----|------|------|
| Caractérisation microscopique | | | |

Chapitre III : Résultats et discussion

Commentaire :

Les Observations au microscope optique faite au niveau de laboratoire de pharmacie , on a remarqué une homogénéité dans la taille des globules des émulsions avec un aspect homogène.

C. Caractérisation rhéologique

Courbe d'écoulement ou rhéogramme

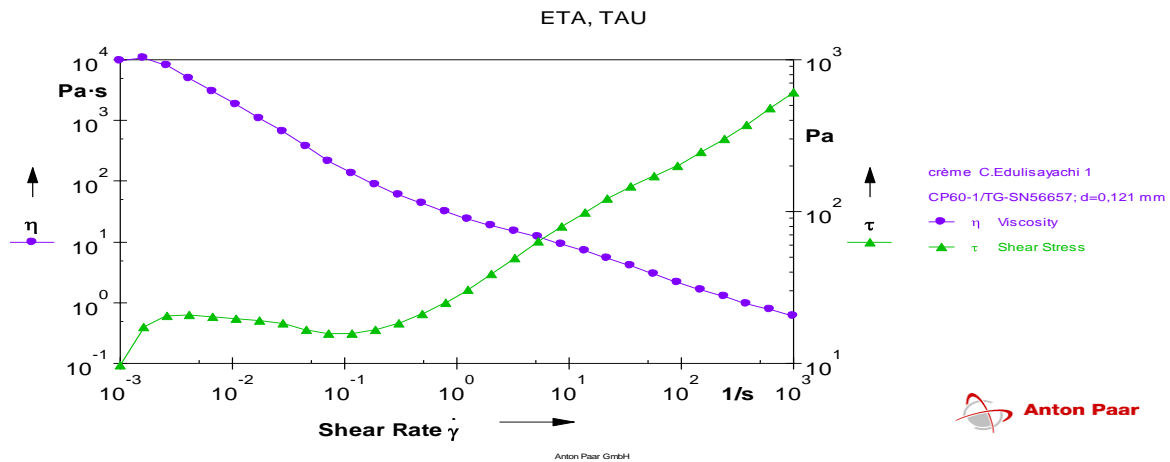


Figure 29 : Rhéogramme de la crème formulée

Commentaire :

La caractérisation rhéologique de la crème formulée à base de l'extrait méthanolique de *C.edulis* a mis en évidence un comportement rhéofluidifiant c'est-à-dire que la viscosité enregistre une diminution avec l'augmentation de la vitesse de cisaillement, ce comportement va faciliter l'étalement de crème pour une application locale sur la peau.

Chapitre III : Résultats et discussion

Discussions

Au terme de notre travail consacrée à l'étude de quelques activités biologiques de l'extrait méthanolique du *Carpobrotus edulis* nous avons pu mettre de la lumière sur l'intérêt de cette plante sur le plan pharmacologique notamment :

Dans ce travail nous avons obtenu un rendement de 1% d'extrait méthanolique de *Carpobrotus edulis*, c'est résultats sont similaires à ceux (**Moise ondua, et al**) qui montre un rendement d'extrait éthanolique de *Carpobrotus edulis* est 2,8% et l'extrait d'héxane de *Carpobrotus edulis* est 1,5%.

D'après les résultats de l'activité anti-microbienne obtenus, il apparaît que l'extrait méthanolique de *Carpobrotus. edulis* possède une activité antibactérienne et anti fongique très intéressante vis-à-vis des souches bactériennes et fongiques étudiées (*Escherichia coli* , *Pseudomonas aeruginosa* , *Staphylococcus aureus*, *sacharomyces* , *candida*) avec l'apparence de zone d'inhibition de la croissance microbienne comprise entre (**12 mm et 25,33mm**). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par **Elehah et al (2018)** qui ont étudié les propriétés antifongiques de l'extrait de *Carpobrotus .edulis*, et qui ont montré que L'extrait éthanolique de *C,edulis* a montré une activité antibactérienne contre toutes les souches bactériennes utilisées dans leurs études à savoir : *S, aureus. L,monocytogen. L,innocua. B,subtilis. E,coli. K,pneumonia* à l'exception de *P,aeruginosa* .

Au vu des résultats expérimentaux de l'activité anti-inflammatoire nous avons remarqué un taux d'œdème faible pour le lot de référence (Témoin positif) 7,09% et pour les lots de souris ayant reçu l'infusé de *Carpobrotus edulis*. Un pourcentage de 29,56% pour le lot 1 et 26,62 pour le lot 2. D'autre part le pourcentage de réduction d'œdème pour le lot 2 est de (43.68%) ce qui paraît intéressant par rapport au lot traité par le Diclofénac® (anti-inflammatoire de référence) qui a enregistré un taux de réduction d'œdème de 79,74 %.

De nombreuses études semblent indiquer que les extraits méthanoliques de *Carpobrotus edulis* possèdent des propriétés anti-inflammatoire (**Mulaudzi, R.B.et al ; 2019**).

Ce traitement induit une inhibition significative de l'inflammation démontrée par les travaux de recherche de (**Han et al, 2007**).

Ce test nous a fourni donc, des preuves que l'extrait méthanolique des feuilles de *Carpobrotus edulis* a un effet anti-inflammatoire chez les souris.

En ce qui concerne l'activité anti-oxydante de *Carpobrotus edulis L* pour laquelle nous avons obtenu 48,81% Ce qui se rapproche des travaux de **Ibtissem et al. (2012)**, qui ont

Chapitre III : Résultats et discussion

démontré une activité antioxydante plus faible dans l'extrait aqueux de *Carpobrotus edulis* (2 mg/ml induit une inhibition de $94,64 \% \pm 0,45 \%$ de DPPH).

Ils ont également utilisé un antioxydant synthétique BHT comme standard pour la détermination de l'activité antioxydante. L'extrait de *Carpobrotus edulis* a montré une activité antioxydante élevée par rapport au BHT pour une concentration allant jusqu'à 1 mg/ml

H.Fellah et al. (2013), ont démontré dans leurs travaux la capacité antioxydante totale des fractions de *C. edulis* diffèrent significativement en fonction de l'organe et de la polarité. Les valeurs les plus élevées ont été trouvées dans les extraits de racines (plus de 280 mg GAE g⁻¹ DR dans toutes les fractions), suivis des extraits de tige et de feuilles (inférieurs à 236 et 203 mg GAE g⁻¹ DR respectivement).

Conclusion générale



Conclusion générale

La plante, *Carpobrotus edulis* a été choisie dans cette présente étude sur la base de son utilisation en médecine traditionnelle locale dans le but de rechercher l'intérêt thérapeutique par l'étude de l'activité antioxydante, antimicrobienne et anti inflammatoire. Dans ce travail, l'extrait méthanolique de *Carpobrotus edulis* a fait l'objet d'une étude détaillée, commençant par l'extraction par une méthode de macération à partir des feuilles de la plante récoltée dans la région de « Zéralda».

L'activité antimicrobienne de cet extrait est réalisé vis-à-vis de quelques souches bactériennes (*Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Condidat albacinas*) par La technique des puits. Les résultats obtenus ont démontré une activité antibactérienne sur les souches étudiées avec une zone d'inhibition allant de : *Staphylocoques aureus*(X=12mm) *E.coli* (X=13mm) *Pseudomonas Aeruginosa* (X=22mm) *Bacilus subtilis*(X=25.33mm) *Saccharomyces*(X=21.3mm)*Candida albicans*(X= 23,3mm).

In vivo, l'extrait méthanolique des feuilles montrent une activité anti-inflammatoire importante. En effet, le test de réduction de l'œdème chez les souris permet de conclure que l'extrait méthanolique des feuilles de *Carpobrotus edulis* appliqués localement possèdent un effet anti-inflammatoire non négligeable par rapport à celui du Diclofénac® avec une réduction d'œdème de l'ordre de 33,10%.

L'évaluation de l'activité antioxydante *in-vitro* par le test de DPPH, a révélé que l'extrait méthanolique de *Carpobrotus edulis* L, présente IC50 de 656,24 µg /ml vis-à-vis du radical libre **DPPH** qui est très faible.

Au terme de cette étude de screening des quelques activités biologiques comme l'activité antimicrobienne, anti-inflammatoire et antioxydante de l'extrait de *Carpobrotus edulis*, montre que cette plante possède un pouvoir pharmacologique, ce qui ouvre des pistes pour son utilisation dans le soulagement de diverses affections inflammatoires.

En perspectives, les résultats obtenus lors de cette étude sont intéressants, mais nécessitent des études complémentaires, pour comprendre les mécanismes moléculaires et cellulaires de ces effets ainsi que l'identification des biomolécules actives.

Résumé

Dans le cadre de la valorisation des espèces végétales méditerranéennes particulièrement les espèces très connue et répandue en Algérie, nous avons mené une étude sur la phytothérapie et les différentes activités biologiques de l'extrait méthanolique de *Carpobrotus edulis* de la région de *Palm beach Zéralda*. C'est une plante halophyte, herbacée, robuste et médicinale, appartenant à la famille des Aizoaceae, appelée communément par la population locale « Griffes de sorcière ». L'extraction méthanolique des polyphénols totaux à partir des feuilles de *Carpobrotus edulis* a révélé un rendement de l'ordre de 1%. Les résultats des activités biologiques ont montré que *Carpobrotus edulis* possède des effets antimicrobiens traduits par une inhibition de croissance microbienne comprise entre (12 mm et 25,33mm), un effet anti-inflammatoire avec un pourcentage de réduction d'œdème de 33,10% et un effet anti oxydant de 48,81% qui justifierait son utilisation en médecine traditionnelle pour prévenir ou traiter les maladies.

Mots clés :

Carpobrotus edulis, Valorisation, Phytothérapie, Polyphénols.

ملخص

في إطار تطوير أنواع نباتات البحر الأبيض المتوسط، ولا سيما الأنواع المعروفة في الجزائر، أجرينا دراسة حول من منطقة شاطئ النخيل *Carpobrotus edulis* العلاج بالنباتات و الأنشطة البيولوجية المختلفة للمستخلص الميثانولي ل ، التي يطلق عليها عادة السكان المحليون *Azoaceae* بزرالدة. انه نبات ملحي، عشبي، قوي وطبي، ينتمي إلى عائلة مردودا قدره 1%. *Carpobrotus edulis* "مخلب الساحرة". أظهر الإستخراج الميثانولي للبوليفينول الكلي من أوراق له تأثيرات مضادة للميكروبات مما أدى إلى تثبيط نمو *Carpobrotus edulis* أظهرت نتائج الأنشطة البيولوجية أن الميكروبات بين (12مم و25,33مم)، وتأثير مضاد للإلتهابات مع إنخفاض الوزمة بنسبة 33,10% وتأثير مضاد للأكسدة بنسبة 48,81%، مما يبرر استخدامه في الطب التقليدي للوقاية أو علاج المرض.





الكلمات الدالة





، التقييم ، العلاج بالنباتات ، البوليفينول *Carpobrotus edulis*





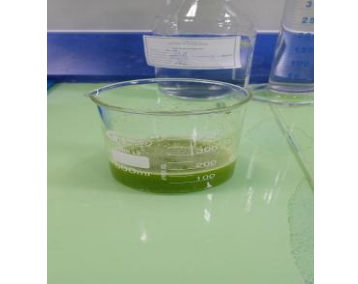
Abstract

As part of the development of Mediterranean plant species, particularly well-known species in Algeria, we conducted a study on phytotherapy and the different biological activities of the methanolic extract of *Carpobrotus edulis* from the *Palm beach Zéralda* region. It is a halophyte, herbaceous, robust and medicinal plant, belonging to the Aizoaceae family, commonly called by the local population "Witch's Claw". The methanolic extraction of the total polyphenols from the leaves of *Carpobrotus edulis* revealed a yield of the order of 1%. The results of biological activities showed that *Carpobrotus edulis* has antimicrobial effects resulting in microbial growth inhibition between (12 mm and 25.33mm), an anti-inflammatory effect with a percentage reduction in edema of 33.10%. and antioxidant of 48.81% that would justify its use in traditional medicine to prevent or treat disease.





Keywords : *Carpobrotus edulis*, development, Phytotherapy, Polyphenols.

| Non de l'équipement | Photo du matériel |
|--|--|
| Balance de précision (de la Marque « METTLER TOLEDO ») |  |
| Agitateur (de la marque « VELP scientifica ») |  |
| Sonicateur (de la marque «Isolab ») |  |
| Agitateur (de la marque « Yellow line OST 20digital) |  |

| | |
|---|--|
| <p>Évaporateur rotatif(de la marque « Heidolph »)</p> |  |
| <p>Etuve (de la marque « Memert »)</p> |  |
| <p>Microscope optique (de la marque « Optika »)</p> |  |
| <p>Appareil spectromètre UV (de la marque « GENESYS 150»)</p> |  |

| | |
|--|--|
| <p>Milieu de culture « Sabouraud et hinton »</p> |  |
| <p>Pipette tips stérile</p> |  |
| <p>Boite de pétri</p> |  |
| <p>Eprouvette graduée</p> |  |
| <p>Bécher</p> |  |

Annexes

| | |
|---|---|
| <p>Le papier filtre Whatman</p> |  A pack of Whatman 1 filter paper and a single circular filter paper disc. The pack is blue and white, with the number '1' prominently displayed. Text on the pack includes 'FILTER PAPERS', 'Qualitative', 'Circle', '150mm Ø', 'Cat No 1001 150', and the 'Whatman' logo. |
| <p>Buc bunsen</p> |  A lit Bunsen burner in a laboratory setting. The burner is blue and is producing a bright orange flame. It is mounted on a blue stand. In the background, there are various laboratory glassware and equipment. |
| <p>Micropipette mécanique</p> |  A mechanical micropipette, also known as a Gilson pipette. It is blue and white, with a clear volume window and a plunger mechanism. |
| <p>Seringue d'alimentation aiguille de gavage</p> |  Two syringes with needles, one positioned above the other. They are white plastic syringes with black plunger mechanisms and thin needles. |

Référence

Références

A)

1) **A.D. Pirie, N.W. Davies, K.D.K. Ahuja, J. Pittaway, M.J. Adams, C.M. Shing, C.Narkowicz, et al., (2014)** Hypolipidaemic effect of crude extract from *Carpobrotus rossii* (pigface) in healthy rats, *Food Chem. Toxicol.* 66 134–139.

2) **Albert, M.E.; D'Antonio, C.M.; Schierenbeck, K.A.** Hybridization and introgression in *Carpobrotus* spp. (Aizoaceae) in California. I. Morphological evidence. *Am. J. Bot.* **1997**, 84, 896–904.

3) **ACHAT. S, 2013** .Polyphénols de l'alimentation : extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques. Thèse de Doctorat. Université de Béjaia, Université d'Avignon et des pays Vaucluse

4) **Ampoy JG, Acosta AT, Affre L, Barreiro R, Brundu G, Buisson E, González L, Lema M, Novoa A, Retuerto R, Roiloa SR.** Monographies de plantes envahissantes en Europe : *Carpobrotus*. *Lettres botaniques.* 2018; 165:440-75.

B)

5) **Bohnert, HJ et Cushman, JC. (1999).** Le ComethIcePlant: Leçons de la tolérance au stress abiotique *Journal of Plant Growth Regulation.* 19 : 334-346.

6) **Boubekri, C. (2014).** Etude de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de *Solanum melongena* par des techniques électrochimiques. Sciences de la matière. Biskra, Université Mohamed Khider.

7) **BOUHADJERA. K, 2005.** Contribution à l'étude chimique et biologique de deux plantes médicinales sahariennes *Oudneya africana* r.br. Et *aristida pungens* l. Thèse De Doctorat. Université Abou Bekr Belkaid

8) **Bruneton, J., (1999).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Editions TEC & DOC, 3ème édition, PP 783- 785

Référence

9) **Bouftira I, Mgaidi I, and Sfar S (2010).** Dosage of 2,6-Bis (1.1-Dimethylethyl)-4 Methylphenol (BHT) in the Plant Extract *Mesembryanthemum crystallinum*. Journal Of Biomedicine and Biotechnology, Volume 2010, Article ID 142486, 5 pages.

10) **Berti, M., R. Wilckens, S. Fischer, A. Solis, and B. Johnson. 2011.** “Seeding Date Influence on Camelina Seed Yield, Yield Components, and Oil Content in Chile.” *Industrial Crops and Products* 34 (2): 1358–1365.

11) **Bourgaud F., Gravot A., Milesi S., Gontier E., 2001.** Production of plant secondary metabolites : à historical perspective. *Plant Science*. 161: 839-851. Kar A., 2007. *Pharmacognosy and Pharma biotechnologie ; 2ème Ed* : New Age International Publishers. pp. 1-30.

12) **Burollet P.A.** –Note sur le *Carpobrotus acinaciformis* (L.) L. et sur le *Carpobrotus edulis* (L.) L. *Bol. P.* 722- 726. Départ./Région : *Bulletin de la Société Botanique de France*, 4, Tome 80- Fascicule 5. 1933.

C)

13) **Chokoe PK , Masoko P , Mokgotho MP , Howard RL , Mampuru LJ .** Does seasonal variation influence the phytochemical and antibacterial properties of *Carpobrotus edulis* ?. *African Journal of Biotechnology* . 2008 ; 7:22

14) **Custódio L, Ferreira AC, Pereira H, Silvestre L, Vizetto-Duarte C, Barreira L, et al .** The marine halophytes *Carpobrotus edulis* L. and *Arthrocnemum macrostachyum* L. are potential sources of nutritionally important PUFAs and metabolites with antioxidant, metal chelating and anticholinesterase inhibitory activities. *Botanica marina*. 2012; 55:281-288.

15) **Carillon, A. (2009).** Place de la Phytothérapie dans les systèmes de santé au XXIème Siècle. Séminaire International sur les Plantes Aromatiques et Médicinales. Djerba, Mars : p 1-6.

16) **Callaway, R. M., S. Jones Jr., W. R. Ferren, and A. Parikh. 1990.** “Ecology of a Mediterranean-Climate Estuarine Wetland at Carpinteria, California: Plant Distributions and Soil Salinity in the Upper Marsh.” *Canadian Journal of Botany* 68 (5): 1139–1146.

Référence

D)

17) **D'Antonio, C. M., D. C. Odion, and C. M. Tyler. 1993.** "Invasion of Maritime Chaparral by the Introduced Succulent *Carpobrotus edulis*." *Oecologia* 95 (1): 14–21.

F)

18) **Fitter, A. H., and R. K. M. Hay. 2002.** *Environmental Physiology of Plants*. San Diego: Academic press.

19) **FAO-Unesco. 1977.** *Soil Map of the World, 1:5,000,000*. VI vols. Africa. Paris: UNES.

20) **Falleh H, Ksouri R, Medini F, Guyot S, Abdelly C, Magné C.** Antioxidant activity and phenolic composition of the medicinal and edible halophyte *Mesembryanthemum edule* L. *Industrial Crops and Products*. 2011; 34: 1066-1071

21) **Fabri R. L., Nogueira M. S., Braga F. G., Coimbra E. S. and Scio E. (2009)**

Mitracarpus frigidus aerial parts exhibited potent antimicrobial, antileishmanial and antioxidant effects, *Bioresource Technol* ; 100 : 428-433.

22) **Fakhfakh, N., Zouari, M.S., Loussayef, C. & Zouari, N. (2012).** Chemical composition of volatile compound and antioxidant activities of essential oil, aqueous and ethanol extracts of wild Tunisian *Ruta chalepensis* L. (Rutacea). *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(4): 593 - 600.

23) **Falleh H , Ksouri R , Medini F , Guyot S , Abdelly C , Magné C.** Antioxidant activity and phenolic composition of the medicinal and edible halophyte *Mesembryanthemum edule* L. *Industrial Crops and Products* . 2011 ; 34 : 1066-1071 .

24) **Ferrazzano G.F., Amato I., Ingenito A., Zarrelli A., Pinto G.&Pollio A.(2011).** Plant polyphenols and their Anti-carcinogenic Properties: A Review . *Molecules* ,16(12),1486-1507.

25) <file:///C:/Users/sol/Downloads/28ae86a8e1194f96e428b2d9cee04101284f6cb07918dc9bc3425db611d0b7fe.pdf> consulté le 14/03/2022.

Référence

G)

26) **Goldblatt, P. 1997.** “Floristic Diversity in the Cape Flora of South Africa.” *Biodiversity and Conservation* 6 (3): 359– 377.

27) **Goldblatt, P., and J. C. Manning. 2002.** “Plant Diversity of the Cape Region of Southern Africa.” *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89 (2): 281–302.

28) **Guillaume Fried,** *Guide des plantes invasives*, Éditions Belin, 2012, 272 p. (ISBN 9782701157931), p. 30.

29) **Gurib-Fakim A. (2006)** Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular Aspects of Medicine*. 27: 1-93.

H)

30) **Harborne, J.B. (1989)** *Methods in Plant Biochemistry*. In: Dey, P.M. and Harborne, J.B., Eds., *Plant Phenolics*, Academic Press, London, 283-323.

31) **Hebi, M., & Eddouks, M. (2016).** Evaluation de l’activité antioxydante de *Stevia rebaudiana*. *Phytothérapie*, 14, 17 – 22.39.

I)

32) **Ibtissem B , Abdely C , Sfar S.** Antioxidant and antibacterial properties of *Mesembryanthemum crystallinum* and *Carpobrotus edulis* extracts . *Adv Chem Eng Sci* . 2012 ; 2 : 359-65

K)

33) **KHIREDDINE .H, 2014.** Comprimés des poudres de dattes comme support universel des principes actifs de quelques plantes médicinales d’Algerie .Mémoire de magister. Université M’hamed Bougera de Bouverdes.

34) **Konkon N G., Simaga D and Adjoungova A. (2006)** Etude phytochimique de *mitragEEyna inermis* (willd.) o. ktze (rubiaceae), plante a feuille antidiabetique», *Pharm Méd Trad Afr*. Vol. 14 , pp 73-80.

L)

35) **Liu, W. Y., H. J. Ridgway, T. K. James, E. K. James, W. M. Chen, J. I. Sprent, J. P. W. Young, and M. Andrews. 2014.** “*Burkholderia* sp. Induces Functional Nodules on the South African Invasive Legume *Dipogon lignosus* (Phaseoleae) in New Zealand Soils.” *Microbial Ecology* 68 (3): 542–555.

Référence

- 36) **Larcher, W. 1995.** Physiological Plant Ecology. Berlin: Springer-Verlag.
- M)**
- 37) **MEDAIL F., (coord.) 1999** – Ecologie, biologie et structure génétique des griffes de sorcières (*Carpobrotus* spp.), végétaux exotiques envahissants dans le Parc National de Port-Cros. Rapport Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléontologie, Marseille
- 38) **Mahmoudi S., Khali M et Mahmoudi N. (2013)** Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*cynara scolymus* L.). Nature & technologie. b- sciences agronomiques et biologiques, N° 09 : 35-40
- 39) **Mulaudzi, R.B.; Aremu, A.O.; Rengasamy, K.R.; Adebayo, S.A.; McGaw, L.J.; Amoo, S.O.; Van Staden, J.; Du Plooy, C.P.** Antidiabetic, anti-inflammatory, anticholinesterase and cytotoxicity determination of two *Carpobrotus* species. *S. Afr. J. Bot.* 2019, 125, 142–148
- 40) **M. Vilà, A.K.D.** Siamantziouras, G. Brund, I. Camarda, P. Lambdon, F. Médail, E. Moragues, et al., (2008) Widespread resistance of Mediterranean island ecosystems to the establishment of three alien species, *Divers. Distrib.* 14 839–851.
- 41) **Mostert, E., M. Gaertner, P. M. Holmes, A. G. Rebelo, and D. M. Richardson. 2017.** Article “Impacts of Invasive Alien Trees on Threatened Lowland Vegetation Types in the Cape Floristic Region, South Africa.” *South African Journal of Botany* 108: 209–222.
- 42) **MacDonald, J. D., J. R. Hartman, J. D. Shapiro, and K. Reinke. 1983.** Diseases of Ice Plant along California Roadsides. Report FHWA/CA/UCD-83-1, 35. Sacramento, CA: California State Department of Transportation.
- 43) **Maltez-Mouro, S., F. T. Maestre, and H. Freitas. 2010.** “Weak Effects of the Exotic Invasive *Carpobrotus edulis* on the Structure and Composition of Portuguese Sand Dune Communities.” *Biological Invasions* 12 (7): 2117–2130.
- 44) **Moise Ondua, Emmanuel Mfotie Njoya, Muna Ali Abdella, Lundy J. McGaw*** Anti-inflammatory and antioxidant properties of leaf extracts of eleven South African medicinal plants used traditionally to treat inflammation.

Référence

45) **Mokhtar M. (2015)**. Identification et propriétés biologiques des principes actifs du piment (*Capsicum annuum* L.). Thèse de L'Université de Mostaganem.

46) **MUANDA, F (2010)**. IDENTIFICATION DE POLYPHENOLS, EVALUATION DE LEUR ACTIVITE ANTIOXYDANTE ET ETUDE DE LEURS PROPRIETES BIOLOGIQUES. Thèse de Doctorat : SPÉCIALITÉ: Chimie organique. METZ :Ecole doctorale SESAMES, 239P.

N)

47) **NKHLI, Ez-zohra (2009)**. Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Thèse de Doctorat : Spécialité: Sciences des Aliments. MARRAKECH: UNIVERSITÉ CADI AYYAD - FACULTÉ DES SCIENCES SEMLALIA, 328 P.

48) **Novoa, A., R. Rodríguez, D. M. Richardson, and L. González. 2014**. "Soil Quality: A Key Factor in Understanding Plant Invasion? The Case of *Carpobrotus edulis* (L.) N.E.Br." *Biological Invasions* 16 (2): 429–443.

49) **Novoa, A., L. González, L. Moravcová, and P. Pyšek. 2012**. "Effects of Soil Characteristics, Allelopathy and Frugivory on Establishment of the Invasive Plant *Carpobrotus edulis* and a Co-Occurring Native, *Malcolmia littorea*." *PLoS ONE* 7 (12): e53166.

O)

50) **Omoruyi BE, Afolayan AJ, Bradley G**. The inhibitory effect of *Mesembryanthemum edule* (L.) bolus essential oil on some pathogenic fungal isolates. *BMC complementary and alternative medicine*. 2014; 14:168.

51) **Outis, A. and Y. Yahiya (2016)**. Effet-du-séchage-au-micro-onde-et-à-létuve-sur-la-composition-et-l'activité-anti-oxydante-de-la-tomate-*Solanum lycopersicum*-L. *Science alimentaire*. Bejaia, Abd erahman Mira. master.

52) **O'Rourke E, Lysaght L**. Évaluation des risques de *Carpobrotus edulis*. 2014.

P)

53) **Peltzer K, Friend-du Preez N, Ramlagan S, Fomundam H**. Utilisation de la médecine complémentaire et alternative traditionnelle pour les patients atteints du VIH au KwaZulu-Natal, Afrique du Sud. *BMC santé publique*. 2008.

54) **Patra A, Saxena J**. The effect and mode of action of saponins on the microbial

Référence

populations and fermentation in the rumen and ruminant production. *NutRes Rev.* (2009) 22:204–19.

55) **Pierre M., Lis .M (2007)** *Secrets des plantes*. Editions Artemis, Paris 1: 463.

R)

56) **Rodrigues, M. J., K. N. Gangadhar, C. Vizetto-Duarte, S. G. Wubshet, N. T. Nyberg, L. Barreira, J. Varela, and L. Custódio. 2014a.** “Maritime Halophyte Species from Southern Portugal as Sources of Bioactive Molecules.” *Marine Drugs* 12 (4): 2228–2244.

57) **Robards K, Prenzler PD, Tucker G, Swatsitang P, Glover W.** Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chem* 1999; 66: 401–436

S)

58) **Scherer R. and Godoy H. T. (2009)** Antioxydant Activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1 picrylhydrazyl method. *Food Chemistry* ; 112 : 654-658.

59) **Steenkamp V, Fernandes AC, Van Rensburg CE.** Screening of Venda ;medicinal plants for antifungal activity against *Candida albicans*. *South African Journal of Botany.* 2007; 73:256-8.

60) **Sofowera A. (2010)** *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d’Afrique*. Karthala, Economie et Développement. Paris: 384

61) **Stock, W. D., and G. A. Verboom. 2012.** “Phylogenetic Ecology of Foliar N and P Concentrations and N: P Ratios across Mediterranean-Type Ecosystems.” *Global Ecology and Biogeography* 21 (12): 1147–1156.

62) **Santoro, R., T. Jucker, M. Carranza, and A. T. R. Acosta. 2011.** “Assessing the Effects of *Carpobrotus* Invasion on Coastal Dune Soils. Does the Nature of the Invaded Habitat Matter?” *Community Ecology* 12 (2): 234–240.

Référence

T)

63) **Takeuchi, O.; Akira, S.** Pattern recognition receptors and inflammation. *Cell* 2010, 140, 805–820.

U)

64) **USDA. Soil Conservation Service. 1999.** Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. USDA National Genetic Resources Program, Agriculture Handbook number 436. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.

V)

65) **Van der Watt E, Pretorius J C.** Purification and identification of active antibacterial components in *Carpobrotus edulis* L. *Journal of Ethnopharmacology.* 2001; 76:87-91.

66) **Vincken, J.-P., Heng, L. De Groot, A., Gruppen, H. (2007).** Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom. *Phytochemistry*, 68:275–297. Sánchez-Moreno, C. 2002.

67) **Van Wyk BE.** The potential of South African plants in the development of new food and beverage products. *South African Journal of Botany.* 2011; 77:857-68.

68) **Vilà, M., and C. M. D'Antonio. 1998c.** “Hybrid Vigor for Clonal Growth in *Carpobrotus* (Aizoaceae) in Coastal California.” *Ecological Applications* 8 (4): 1196–1205.

68) **Vilà, M., A. D. Siamantziouras, G. Brundu, I. Camarda, P. Lambdon, F. Médail, E. Moragues, et al. 2008.** “Widespread Resistance of Mediterranean Island Ecosystems to the Establishment of Three Alien Species.” *Diversity and Distributions* 14 (5): 839–851.

W)

69) **Watanabe, M., Sugimura, K. and Yamanoha, B.(1999).** Effect of acute deficiency of dietary proline on proline balance in the rat small intestine and liver. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 82 : 294-304

70) **Watson L. and Dallwitz M.J.** 1992 onwards. The families of flowering plants:

Référence

descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. Version: 11th May 2015.

71) **Wichtl, M. Anton, R. (2003).** Plantes thérapeutiques- Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Ed. TEC & DOC: p 692

72) **Witkowski, E. T. F., and D. T. Mitchell. 1987.** “Variations in Soil Phosphorus in the Fynbos Biome, South Africa.” *Journal of Ecology* 75 (4): 1159–1171.

Y)

73) **Yelenik, S. G., W. D. Stock, and D. M. Richardson. 2004.** “Ecosystem Level Impacts of Invasive *Acacia saligna* in the South African Fynbos.” *Restoration Ecology* 12 (1): 44–51.

Z)

74) **Zeghad, N. (2009).** Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne : p 1-84.