

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

N°:



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCE BIOLOGIQUE

OPTION : BIOCHIMIE APPLIQUEE

Mémoire présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master dans le cadre du décret ministériel 1275

Diplôme - Start-up / Diplôme - Brevet

Par

KHALFA Asma et MOHAMMED SAID Loubna

Intitulé

Etude théorique des activités biologiques de *la griffe de sorcière "Carpobrotus edulis"*

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. KHERBACHE Abdallah

Président

Dr. DEHIMAT Abdelouahab

Encadrant

Dr. HARRAR Abdenassar

Examineur

Dr. BAALI Salma

Représentant de CATI

Dr. HAMOUDA Yassine

Représentant de l'incubateur

Dr. KADI Ouali

Partenaire socio-économique

Année universitaire : 2022 /2023

Dédicaces

Je ne commencerai qu'en remerciant Allah qui m'a permis de mener à bien ce travail de recherche. C'est grâce à Lui que j'ai eu la force et la volonté de surmonter les défis et d'atteindre cette grande réalisation.

À mes chers parents, vous avez été un soutien inestimable tout au long de ce parcours. Grâce à vous, j'ai pu atteindre cet objectif important dans ma vie.

À mes frères bien-aimés, Oussama, Achraf et Youssef, vous avez été mes compagnons et mes supporters tout au long de ce voyage.

Et également, à mes sœurs chères, Noursine, Amira et Amina, vous avez été un soutien constant et une source d'inspiration pour moi.

À mon estimé superviseur, Monsieur Abdelouhab DEHIMAT, ainsi qu'à mon prof, Monsieur Abdelnasser HARRAR, Youcef BRIK vous avez été des figures de direction et d'inspiration tout au long de ce travail. Vos orientations et vos conseils ont été les étoiles calmes dans le ciel de ce travail, et je vous suis reconnaissant de tout cœur pour votre soutien et votre inspiration.

À tous mes amis et collègues qui ont fait partie de ce voyage. Grâce à votre soutien et à vos encouragements, j'ai pu réaliser ces accomplissements et les rendre concrets.

Avec toute ma gratitude et mon appréciation,

Asma

Dédicaces

Au nom de Dieu, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux. Louange à Dieu, Seigneur des Mondes, et que la prière et la paix soient sur le Sceau des Prophètes et Messagers, notre Maître Muhammad, ainsi que sur sa famille et tous ses compagnons. Quant à ce qui suit... L'une des bénédictions de Dieu Tout-Puissant sur moi est qu'Il m'a accordé la maîtrise de cette œuvre par Sa grâce et sa générosité, alors récompensez-Le avec bonté pour les bénédictions qu'Il m'a accordées.

Je dédie mon travail et mon succès à la personne la plus précieuse de ma vie, ma mère.

Et mon soutien dans cette vie mon père. À mes chers frères et sœurs, en particulier ma sœur Doaa.

Aux petits enfants, Jana, Meryem, Ahmed, Ayoub, Arkan et Qamar.

Mes remerciements particuliers vont à l'honorable professeur Dr Abdelouahab Dehimat, qui m'a aidé, soutenu et guidé par ses conseils, son éducation et ses corrections, et pour tout ce qu'il a fait avec moi. Je n'oublierai jamais mes chers professeurs, Youssef Brik et Salma Baali. Merci pour vos conseils et votre orientation à mon égard..

À tous mes amis, Zineb, Khadîdja, Samira, tous ceux qui ont une place dans mon cœur.

Je tiens à me remercier de ne pas avoir abandonné pendant les moments difficiles que j'ai traversés au cours de cette recherche.

Je dédie ma réussite à tous ceux qui m'ont soutenu moralement et psychologiquement

À tous les membres de ma famille et à tous ceux qui portent le nom de MOHAMMED SAID, je dédie ce travail à tous ceux qui y ont participé.

Avec tout mon amour et ma gratitude

Loubna

Remerciement

Avant tout, on remercie

Allah de nous avoir donné la volonté afin qu'on puisse compléter ce travail.

On tient tout d'abord à remercier notre promotrice

De mémoire, Dr DEHIMAT Abdelouahab d'avoir acceptée d'encadrer ce travail,

On n'oubliera jamais ses qualités humaines et scientifiques.

Qu'elle trouve ici le témoignage de notre reconnaissance et profond respect.

On remercie également notre jury de soutenance d'avoir accepté de juger ce

Travail, Dr. KHERBACHE Abdallah Dr. HARRAR Abdenassar

Dr. BAALI Salma Dr. HAMOUDA Yassine

Dr. KADI Ouali

On vous remercie infiniment

On remercie également

Tous nos enseignants du Université Mohamed Boudiaf de Msila pour leur

Présence, leur aide et leurs conseils au cours de notre formation.

A tous et a toutes, un grand merci et une reconnaissance infinie.

Sommaire

Résumé	i
Liste des abréviations	ii
Liste des figures	iii
Liste des tableaux	iv
Introduction.....	1
Chapitre I. Généralités sur <i>Carpobrotus edulis</i>	3
I.1. Description de <i>Carpobrotus edulis</i>	3
I.2. Distribution et survie de <i>Carpobrotus edulis</i>	4
I.3. Classification taxonomique de <i>Carpobrotus edulis</i>	4
I.4. Utilisations traditionnelles	5
I.5. Utilisations alimentaires de <i>Carpobrotus edulis</i> (<i>C. edulis</i>).....	6
I.6. Toxicologie de <i>C. edulis</i>	7
I.7. Phytochimie de <i>Carpobrotus edulis</i>	7
I.7.1. Analyse phytochimique quantitative	12
I.7.2. Identification phytochimique	14
Chapitre II. Les activités biologiques	17
II.1. Activité antibactérienne	17
II.2. Activité antifongique	18
II.3. Activité antioxydant	19
II.4. Activité anti-inflammatoire	20
II.5. Activité antiproliférative.....	21
II.6. Activité neurologique	22
II.7. Activité antidiabétiques	23
Conclusion et perspective	25
Références bibliographique	26
Annexes	

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تحليل الأنشطة البيولوجية والمركبات الكيميائية وعلم السموم لنبات " أصابع الزينب"، تمتد الدراسة لتشمل مجموعة متنوعة من القدرة النشاطية ، مثل النشاط المضادة للبكتيريا والفطريات، ومضادات الأكسدة، والمضادة للالتهابات، ومضادات الانتشار، والنشاط العصبي، والمضاد للسكري. تتضمن أهداف البحث تحديد المركبات الكيميائية النشطة الموجودة في النبات، وتقييم تأثيراتها على الأنشطة المذكورة، ودراسة علم السموم المرتبط بالنبات. من خلال دراسة الأنشطة البيولوجية، أثبتت هذه الدراسة وجود استخدامات متعددة لنبات " أصابع الزينب " في الطب التقليدي، خاصة في علاج الأمراض الجلدية. إن وجود هذه الاستخدامات يعزز من قيمة الدراسة ويبرز إمكانيات استخدامات هذا النبات في مجالات متعددة. و بذلك توسيع فهمنا للفوائد الصحية المحتملة لـ " أصابع الزينب " واستخداماتها الممكنة في مجال التجميل والعناية بالجسم، من خلال فحص تأثيرها على السمية. كما تسلط الدراسة الضوء على الجانب الغذائي للنبات والفوائد التي يمكن أن يقدمها في دعم الصحة والعافية.

كلمات مفتاحية : أصابع الزينب، الأنشطة البيولوجية، الطب التقليدي، الجانب الغذائي .

Abstract

The objective of this study is to analyze the biological activities and chemical compounds, as well as the toxicology of the plant " *Hottentot fig* ". The study encompasses a variety of activities,

such as antibacterial and antifungal activity, antioxidants, anti-inflammatory, anti-proliferative, neurological activity, and anti-diabetic activity. The research objectives include identifying the active chemical compounds present in the plant, evaluating their effects on the mentioned activities, and studying the toxicity associated with the plant. By examining the biological activities, this study has demonstrated the existence of multiple uses of the "*Hottentot fig*" plant in traditional medicine, particularly in the treatment of skin diseases. These uses enhance the value of the study and highlight the potential applications of this plant in various fields. This expands our understanding of the potential health benefits of "*Hottentot fig*" and its possible uses in the fields of beauty and body care, by examining its impact on toxicity. The study also sheds light on the nutritional aspect of the plant and the benefits it can offer in supporting health and well-being.

Keywords: *Hottentot fig*, biological activities, traditional medicine, nutritional aspect.

Résumé

L'objectif de cette étude est d'analyser les activités biologiques et les composés chimiques ainsi que la toxicologie de la plante "*Carpobrotus edulis*". L'étude englobe une variété d'activités, telles que l'activité antibactérienne et antifongique, les antioxydants, les anti-inflammatoires, les anti-prolifératifs, l'activité neurologique et anti-diabétique. Les objectifs de la recherche incluent l'identification des composés chimiques actifs présents dans la plante, l'évaluation de leurs effets sur les activités mentionnées, et l'étude de la toxicologie associée à la plante. En examinant les activités biologiques, cette étude a démontré l'existence de multiples utilisations de la plante "*Carpobrotus edulis*" dans la médecine traditionnelle, notamment dans le traitement des maladies de la peau. Ces utilisations renforcent la valeur de l'étude et mettent en lumière les possibilités d'utilisation de cette plante dans divers domaines. Cela élargit notre compréhension des avantages potentiels pour la santé des "*Carpobrotus edulis*" et de leurs applications possibles dans les domaines de la beauté et des soins corporels, en examinant leur impact sur la toxicité. L'étude met également en évidence l'aspect nutritionnel de la plante et les avantages qu'elle peut apporter pour soutenir la santé et le bien-être.

Mots-clés : *Carpobrotus edulis*, activités biologiques, médecine traditionnelle, aspect nutritionnel.

Liste des abréviations

7 β -OHC: 7 β hydroxycholestérol

AChE : Acétylcholinestérase

AGE : Produits de glycation avancés

AGPI : Acides gras polyinsaturés

BCBT: test de blanchiment du β -carotène

BHT: butylhydroxytoluène

C. edulis: *Carpobrotus edulis*

CLHP: chromatographie liquide haute performance

CMI: Concentration Minimale Inhibitrice

FRAP: pouvoir réducteur ferrique

GAE: équivalent acide gallique

GC-MS : Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse

IC50 : Concentration inhibitrice semi-maximale

MDR: Résistant aux médicaments multiples (Multidrug Resistant).

MGDG : Monogalactosyldiacylglycérol

NO: oxyde nitrique

QE: Quercétine équivalent

RMN: Résonance Magnétique Nucléaire

RP HPLC: chromatographie liquide haute performance en phase inversée

SM: Spectrométrie de Masse

TE: Trolox équivalent

Liste des figures

Figure I.1. La plante a fleurs <i>carpobrotus edulis</i>	5
Figure I.2. Quelques structures sélectionnées de substances phytochimiques identifiées chez <i>Carpobrotus edulis</i>	9

Liste des tableaux

Table I.1.Criblage phytochimique de la plante <i>Carpobrotus edulis</i>	8
Table I.2. Liste des molécules présentes dans les huiles essentielles des feuilles de <i>Carpobrotus edulis</i>	11
Table I.3.Evaluation des quantités de substances phytochimiques dans l'extrait de feuilles de <i>Carpobrotus edulis</i>	13
Table I.4.Résultats du criblage phytochimique de divers extraits de la feuille de <i>C.edulis</i>	13
Table I.5.Phyto-constituants identifiés dans l'extrait hexanique de <i>C. edulis</i>	15
Table I.6.Phyto-constituants trouvés dans l'extrait d'acétone de <i>C.edulis</i>	16
Table I.7.Pyhto-constituants trouvés dans l'extrait éthanolique de <i>C. edulis</i>	16

Introduction

Introduction

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. De plus, les médecines traditionnelles sont culturellement acceptables dans diverses sociétés (**Peltzer et al.,2008**). L'Afrique possède une flore d'une richesse extraordinaire, qui compte plusieurs milliers d'espèces. Les chercheurs suggèrent qu'environ 10 % de la flore africaine a une importance médicale et que certaines espèces de plantes ont été étudiées dans le cadre de la recherche biomédicale (**Gurib-Fakim et Mahomoodally,2013**).

Carpobrotus edulis (*C. edulis*) est une plante succulente médicinale et comestible qui appartient à la famille des *Aizoaceae*, considérée comme la famille de plantes la plus diverse et la plus abondante d'Afrique du Sud .*C. edulis* est une halophyte facultative qui est commune dans les régions du Cap oriental et occidental de l'Afrique du Sud, mais que l'on trouve également le long d'autres zones côtières de l'Afrique et d'autres continents. (**Omoruyi et al.,2012**), utilisée en médecine ethnique pour le traitement de la tuberculose et d'autres infections respiratoires, des maux de dents et d'oreilles, de l'eczéma facial, des plaies, des brûlures, de l'hypertension et du diabète sucré. Les études pharmacologiques réalisées sur les matières végétales fraîches, les extraits bruts et divers extraits de solvants de *Carpobrotus edulis* valident l'utilisation médicale traditionnelle de la plante. Les études réalisées valident l'utilisation des extraits de *Carpobrotus edulis* dans les thérapies antimicrobiennes, antiprolifératives et antioxydantes. Le *Carpobrotus edulis* s'est également révélé avoir une activité anticholinestérasique contre l'acétylcholinestérase et la butyrylcholinestérase. Les informations sur la validation thérapeutique dans la cicatrisation des plaies, le diabète sucré, l'hypertension, l'analgésie et la motilité gastro-intestinale sont rares. Pour étayer l'utilisation traditionnelle de *C. edulis* (**Mudimba et Nguta, 2019**).

Cette plante semble être principalement connue pour son utilisation ornementale dans les décorations, la stabilisation des sols et le contrôle de l'érosion, et non pour ses nombreuses vertus médicinales et nutritionnelles potentielles, ce qui suggère sa sous-utilisation (**Akinyede et al.,2020**).

Ce travail s'inscrit dans le cadre de recherche d'une synthèse théorique portant sur *Carpobrotus edulis*, a été partagé en deux grands chapitres :

- Chapitre I : Généralités sur *Carpobrotus edulis*.
- Chapitre II : les activités biologiques de *Carpobrotus edulis* (qui englobe l'intérêt considérable qui existe actuellement sur les vertus médicinales de *Carpobrotus edulis*).

L'objectif est de trouver des informations convaincantes et complètes sur la distribution, l'usage médicinal coutumier, la phytochimie, la pharmacologie, la toxicologie et la valeur nutritionnelle de *Carpobrotus edulis*, sur lesquelles valider nombre de ses allégations médicinales et nutritionnelles populaires, en vue de repositionner et élargir ses utilisations. Inclure les applications à base de plantes par le biais d'études de validation scientifique qui amélioreraient sa valeur en la standardisant dans les produits cosmétiques, ainsi que sa contribution à la sécurité alimentaire.

*Chapitre I : Généralités sur
Carpobrotus edulis*

Chapitre I. Généralités sur *Carpobrotus edulis*

I.1. Description de *Carpobrotus edulis*

La famille des *Aizoaceae* et la sous-famille des *Rushioideae* contiennent environ 1 585 espèces réparties en 112 genres, dont *C. edulis* (Kubitzki *et al.*,2013).

La plante succulente *Carpobrotus edulis*, communément appelée figue de mer, est une espèce qui envahit les habitats côtiers dans de nombreuses régions du monde. La plante s'appelait à l'origine *Mesembryanthemum edule* et a été renommée par Brown en 1926 et par Bolus en 1927 en *Carpobrotus edulis* (O'Rourke et Lysaght,2014). *C. edulis* est connu en anglais sous le nom de *Hottentot fig* ou *highway ice plant* ou *sour fig plant*, tandis qu'en afrikaans, il est connu sous de nombreux noms, à savoir : "*ghaukum*", "*ghoenavy*", "*hottentotsvy*", "*kaapsevy*", "*perdevy*", "*rankvy*", "*suurvy*", ou "*vyerank*". En isiZulu, il est appelé "*ikhambi-lamabulawo*" ou "*umgongozi*" (Omoruyi *et al.*,2012), est une plante formant un tapis avec un feuillage vert vif et des feuilles dont les marges et les surfaces peuvent être rouges, orange ou pourpres (Albert *et al.*,1997), comme le montre la (Fig.I.1) ci-dessous.

Les feuilles de *C. edulis* sont droites ou parfois incurvées et son réceptacle est turbiniforme, mesurant entre 20 et 40 mm et s'allongeant dans le pédicelle. Le lobe du calice est inégal, le plus long étant de 30-70 (80 mm) et le plus court de 10-35 mm, tandis que la corolle a des pétales jaunes qui se décolorent à mesure que la plante mûrit, tandis que l'ovaire a environ 7-11 loculi. Ces caractéristiques sont différentes de celles d'autres espèces de *Carpobrotus* (Wisura et Glen,1993) (Campoy *et al.*,2018).

Cette plante se reproduit à la fois sexuellement et asexuellement, en produisant de grandes fleurs et des fruits charnus indéhiscent qui contiennent des réseaux de graines. La plante se développe en envahissant et en colonisant l'environnement grâce à ses stolons, qui s'étendent à la surface du sol en produisant de nouveaux ramets à chaque nœud pour une bonne propagation (Wisura et Glen,1993). On trouve *C. edulis* sur les falaises, les rochers côtiers et les dunes où elle se répand largement, formant un tapis rampant à la surface, déplaçant plusieurs autres espèces de la flore côtière (D'antonio,1992).

I.2. Distribution et survie de *Carpobrotus edulis*

C. edulis est originaire des provinces du Cap-Oriental, du Cap-Occidental et du Cap-Nord de l'Afrique du Sud, où elle pousse principalement sur les pentes des zones intérieures et côtières de faible altitude (**Campoy et al.,2018**) Cette plante a été introduite en Europe, en Australie, en Nouvelle-Zélande, en Europe du Sud et aux États-Unis comme plante ornementale au 19e siècle (**Wisura et Glen,1993**) (**Suehs et al,2004**) et est plantée le long des autoroutes, sur les parkings des plages, dans les cours militaires et privées, entre autres, à des fins de stabilisation du sol et d'esthétique (**Washburn et Frankie,1981**). Parmi les facteurs qui ont assuré la survie de *C. edulis*, citons la capacité de la plante à s'adapter aux niveaux de nutriments disponibles (**Novoa et González, 2014**), à survivre dans des environnements salins (**Rodrigues et al.,2014**), à s'adapter à des niveaux de pH variables (**Vilà et D'antonio,1998**). ainsi que la capacité à se reproduire à la fois végétativement et sexuellement (**D'Antonio et Mahall,1991**).

I.3. Classification taxonomique de *Carpobrotus edulis*

La classification de *C. edulis* (**Mudimba et Nguta,2019**) est comme suit :

Domaine : Eucaryote

Royaume : Plantes

Phylum : Spermatophyta

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones Dicotylédones

Ordre : Caryophyllales Caryophyllales

Famille : *Aizoaceae*

Genre : *Carpobrotus*

Espèce: *Carpobrotus edulis*



Figure I.1. La plante a fleurs *Carpobrotus edulis* (Albert *et al.*, 1997).

I.4. Utilisations traditionnelles

Le *Carpobrotus edulis* est largement utilisé en Afrique du Sud comme médicament traditionnel pour traiter un large éventail de maladies. Les fruits, les feuilles et les fleurs sont utilisés médicalement 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 *et al.*, 2007). En Afrique subsaharienne, les feuilles bouillies de *Carpobrotus edulis* sont utilisées dans le traitement de la tuberculose et d'autres infections respiratoires (Buwa et Afolayan, 2009). Les feuilles de *Carpobrotus edulis* peuvent avoir un effet analgésique, elles sont bouillies dans de l'eau pour traiter les maux de dents et d'oreilles. Cependant, leur effet antimicrobien peut être responsable du fait que la plupart des maux de dents ou d'oreilles sont causés par divers microbes colonisateurs. Le jus de feuille, en revanche, s'est révélé traditionnellement efficace pour apaiser la douleur causée par les morsures d'araignées et de tiques (Ibtissem *et al.*, 2012). 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, 2011). Ces auteurs ont également signalé l'utilisation de *C. edulis* pour le traitement de la tension artérielle et du diabète sucré (Omoruyi *et al.*, 2012). Les feuilles produisent également un liquide antiseptique acerbé qui est pris par voie orale comme bâillon pour traiter les maux de gorge et les infections buccales (Van Wyk *et al.*, 2008). La feuille est également bouillie pour traiter les vers intestinaux, la dysenterie, la diarrhée et différents maux d'estomac

(Semenya et Maroyi, 2012) (Bisi-Johnson *et al.*,2010). En Tunisie, les feuilles sont bouillies dans de l'eau pour traiter la sinusite, les engelures et la candidose vaginale (Ibtissem *et al.*,2012), *Carpobrotus edulis* joue également un rôle important en tant qu'additif alimentaire traditionnel pour améliorer la composition nutritionnelle des aliments, car sa pousse charnue comestible, trempée dans l'eau et bien préparée, a été utilisée comme conservateur alimentaire (Van Wyk,2011).

I.5. Utilisations alimentaires de *Carpobrotus edulis* (*C. edulis*)

De nombreuses plantes médicinales sont comestibles et contiennent des nutriments de qualité, présentant ainsi un potentiel raisonnable pour être développées en un nouveau produit alimentaire ou préparées en condiments riches en nutriments tels que les additifs alimentaires, les épices et les arômes. D'autres formes de préparation pourraient inclure des toniques, des noix, du vin, de la gelée et des légumes, pour n'en citer que quelques-uns. Van Wyk a rapporté que 16 plantes indigènes d'Afrique du Sud, dont *C. edulis*, ont donné naissance à 119 produits africains commercialisés, parmi lesquels les produits alimentaires ou les additifs occupent une place prépondérante. Les fruits de *C. edulis* ont été très bien notés pour la production de produits alimentaires tels que la confiture, le chutney ou la sauce et d'autres produits transformés séchés (Van Wyk, 2011).

Dans une étude, les feuilles de *C. edulis* ont été évaluées pour s'assurer de leur adéquation et de leur pertinence pour la composition humaine en termes de nutriments et de sécurité. Les paramètres de l'analyse chimique proximale évalués ont montré que les antioxydants étaient plus élevés que chez les autres halophytes, ce qui indique que *C. edulis* a un grand potentiel en tant que complément nutritionnel pour lutter contre les maladies liées au stress oxydatif (Rocha *et al.*,2017).

De même, les fruits sauvages comestibles de cinq espèces de *Carpobrotus*, y compris *C. edulis*, ont été évalués pour leur importance nutritionnelle par le biais d'une analyse chimique proximale. Les résultats ont montré des niveaux d'humidité considérablement élevés de 77,6 % à 90,3 %, des niveaux de glucides de 58,8 % à 70,3 %, des niveaux d'énergie de 1240 à 1370 kJ 100 g⁻¹, et des niveaux de protéines considérés comme adéquats de 8,1 % à 26,0 %. D'autre part, les taux de lipides ont été jugés .En revanche, les teneurs en lipides étaient considérées comme faibles (de 0,9 % à 2,4 %), tandis que les concentrations en éléments étaient décroissantes (Ca > Mg > Fe > Mn > Zn~Cu > Cr > Se~Ni~Co) (Broomhead *et al.*,2020).

Dans l'ensemble, les résultats de l'étude montrent que les espèces de *Carpobrotus* évaluées pourraient contribuer positivement aux besoins nutritionnels de l'homme sous la forme d'un

complément alimentaire, en raison de la richesse en nutriments essentiels de ces plantes par rapport à la plupart des fruits cultivés comme les oranges, les pommes et les raisins. Cela pourrait potentiellement contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire mondiale étant donné que ces plantes sont largement répandues dans différentes parties du monde (**Akinyede et al.,2020**).

I.6. Toxicologie de *C. edulis*

La cytotoxicité d'un certain nombre d'espèces de *Carpobrotus* aux propriétés médicinales a été testée à l'aide du test de létalité de la crevette saumâtre. L'extrait aqueux de *Carpobrotus mellei* et l'extrait de méthanol de *Carpobrotus quadrifidus* ont montré la plus grande activité que *Carpobrotus edulis* et les autres espèces testées (**Jooste, 2012**). (**Akhalwaya et al.,2018**) ont étudié la cytotoxicité des plantes médicinales indigènes d'Afrique du Sud utilisées pour traiter les infections buccales. *Carpobrotus edulis* est l'une des plantes médicinales testées et a été considérée comme non toxique avec un taux de mortalité de 47,43 % à 24 heures et de 48,06 % à 48 heures. (**Cock et Van Vuuren,2014**) ont également constaté que les extraits aqueux et méthanoliques de *C. edulis* sont soit non toxiques, ou faiblement toxiques dans le bio-essai de létalité de la crevette saumonée. *Dugesia sicula Lepori*, 1948, un planaire d'eau douce, a été utilisé pour l'effet des extraits aqueux d'acétone de *C. edulis* sur la régénération. Des changements morphologiques ont été mis en évidence par l'analyse microscopique de *Dugesia sicula Lepori*, un planaire d'eau douce. de *Dugesia sicula Lepori* dans un milieu ordinaire contenant des extraits phénoliques non toxiques. Extraits phénoliques à des concentrations non toxiques. L'étude suggère que les polyphénols de polyphénols de *C. edulis* peuvent avoir des effets néfastes sur le développement des cellules souches. (**Meddeb et al.,2017**) Les polyphénols de *Carpobrotus edulis* peuvent donc avoir un impact écotoxicologique sur la physiologie des planaires. Peuvent donc avoir un impact écotoxicologique sur la physiologie des planaires dans l'environnement (**Mudimba et Nguta,2019**).

I.7. Phytochimie de *Carpobrotus edulis*

Les composés phytochimiques sont des métabolites secondaires responsables des nombreuses activités souvent associées à l'utilisation de plantes médicinales pour le traitement, l'amélioration et la gestion de diverses affections, y compris des maladies mortelles. Le criblage phytochimique qualitatif de *C. edulis* pour sa teneur en douze substances phytochimiques importantes, à savoir les saponines, les chlorures, les sulfates, les coumarines, les flavonoïdes, les alcaloïdes, les anthraquinones, les iridoïdes, les glycosides cyanogéniques, les glycosides cardiaques, les glucides/glycosides, les stérols/triterpénoïdes insaturés et les tanins, a été rapporté par (**Castañeda-Loaiza et al.,2020**). (Tab.I.1).

Table I.1. Criblage phytochimique de la plante *Carpobrotus edulis* (Alam, 2011).

Groupe phytochimique	Concentration de substances phytochimiques dans différentes parties de la plante		
	Tiges	Feuilles	Fleurs
Saponines	++	+	++
Chlorures	+	+	+
Sulfates	+	++	+
Coumarines	+	+	+
Flavonoïdes	+	++	+++
Alcaloïdes	+	+	++
Anthraquinones	++	++	+
Irodoïdes	-	-	-
Glycosides cyanogéniques	+	+	+
Glycosides cardiaques	++++	+++	+++
Glucides et/ou glycosides	+	+	+
Stéroïdes insaturés et/ou triterpénoïdes	+	+	+
Tanins	++	+++	+++

Très fortement présente++++, fortement présente+++ , modérément présente ++, faiblement présente, non détecté -

Dans une étude sur *C. edulis*, (Van Der Watt et Pretorius, 2001). ont rapporté que les flavonoïdes sont le composant principal des feuilles de cette plante et comprennent l'acide férulique, le catéchol, les tanins, la rutine, la néohesperidine et les hyperosides. Les structures de certains des composés phytochimiques identifiés dans *C. edulis* sont présentées dans (Fig.I.2) La première preuve de la présence de puissants composés phénoliques dans *C. edulis* a été obtenue par l'utilisation de techniques LC/ESI MS/MS pour fractionner l'extrait, ce qui a permis de déterminer que les procyanidines et les propélarгонidines étaient les principaux composés polyphénoliques actifs présents (Martins *et al.*, 2010) .Il a été démontré que l'inhibition du blanchiment du β -carotène, les activités in vitro de piégeage des radicaux libres DPPH et ABTS

de *C.edulis* confèrent des actions biologiques telles que le potentiel immunomodulateur, antioxydant et neuroprotecteur dans le développement de médicaments (Akinyede *et al.*,2020).

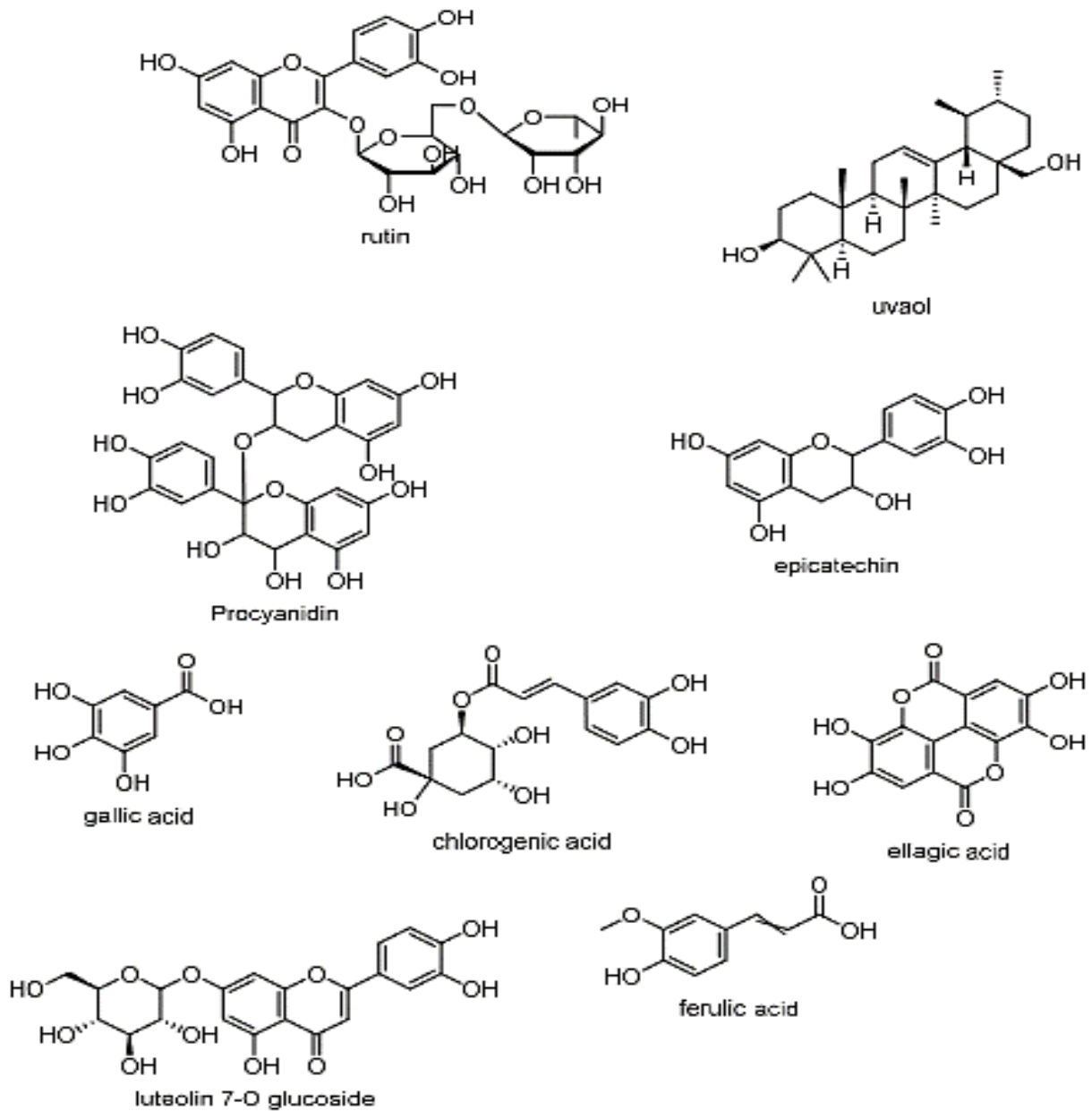


Figure I.2. Quelques structures sélectionnées de substances phytochimiques identifiées chez *Carpobrotus edulis* (Falleh *et al.*,2011).

Martins et al. (2010) ont montré que la présence de monogalactosyldiacylglycérol (MGDG), d'uvao1, de β -amyrine, d'acide oléanolique, de catéchine et d'épicatéchine dans *C. edulis* confère à la fois une propriété anti-proliférative et une inhibition de la P-glycoprotéine qui cause la résistance aux médicaments dans le cancer. En outre, les huiles essentielles des feuilles de *C.edulis* ont été identifiées comme contenant certains composants actifs ou phytochimiques notamment des monoterpènes, des monoterpènes oxygénés, des diterpènes, des diterpènes oxygénés et des acides gras. Les huiles essentielles sont constituées de différents composants qui agissent de diverses manières bénéfiques pour la santé humaine. Les activités antioxydantes, antimicrobiennes et immunomodulatrices de *C. edulis* pourraient être liées à ces composants actifs des huiles essentielles, en particulier les monoterpènes, les sesquiterpènes, les diterpènes et les esters d'acides gras. **(Tab.I.2)** présente certains des composants identifiés dans les huiles essentielles après hydrodistillation et analyse par spectrométrie de masse avec chromatographie en phase gazeuse (GC-MS) des extraits acétoniques, hexaniques et éthanoliques des feuilles de *C.edulis*. Au total, vingt-huit composés représentant 99,99 % du total des huiles essentielles ont été identifiés dans les feuilles de *C. edulis* (**Omoruyi et al.,2014**).

Table I.2. Liste des molécules présentes dans les huiles essentielles des feuilles de *Carpobrotus edulis* (Omoruyi *et al.*, 2014).

Composés	Formule chimique
Monoterpènes	
Isoterpinolène	C ₁₀ H ₁₆
Néphthalène, 1,2-dihydro-2,5,8-tri	C ₁₂ H ₁₀
Bistriméthylsilyl N-acétyl EICOSAS	C ₁₅ H ₃₃ NO ₅ Si ₃
Monoterpènes oxygénés	
Acide mercaptoacétique, bis (trisméthylsilyl)	C ₈ H ₂₀ O ₂ SSi ₂
Eicosaméthylcyclodécasiloxane	C ₈ H ₂₄ O ₄ Si ₄
N-Octanol	C ₈ H ₁₈ O
Nonylaldéhyde	C ₉ H ₁₈ O
Trans-β-démascénone	C ₁₃ H ₁₈ O
Trans-2-tridécénal	C ₁₃ H ₂₄ O
Tétradécaméthylcycloheptasiloxane	C ₁₄ H ₄₂ O ₇ Si ₇
Sesquiterpènes	
Octadécane	C ₁₈ H ₃₈
1-octadécène	C ₁₈ H ₃₆
Nonadécane	C ₁₈ H ₄₀
Sesquiterpène oxygéné	
2-pentadécaneone, 6,10,14-triméthyle	C ₁₈ H ₃₆ O
Diterpènes	
Eicosane	C ₂₀ H ₄₂
Diterpènes oxygénés	
Phytol (2-Hexadécène-1-ol, 3,7,11,15-tétraméthyle)	C ₂₀ H ₄₀ O
Trisiloxane, 1,1,1,5,5,5-hexaméthyl-3-[(triméthylsilyl)oxy]	C ₂₄ H ₇₂ O ₁₂ Si ₁₂
Tétrasiloxane, 1,1,1,5,7,7,7 heptaméthyl-3,bis[(triméthylsilyl)oxy]	2C ₂₄ H ₇₂ O ₁₂ Si ₁₂
3-Isopropoxy-1,1,1,7,7,7-hexaméthyl-3,5,5-tri(trisméthylsiloxy) tétrasiloxane	2C ₂₄ H ₇₂ O ₁₂ Si ₁₂
Tétrasiloxane-1,1,1,5,7,7,7-heptaméthyl-3,3 bis[(trisméthylsilyl)oxy]	C ₂₄ H ₇₂ O ₁₂ Si ₁₂
Acides gras	
Acide benzoïque, 2,5-bis (ester triméthylsiloxy-,triméthylsilyl)	C ₁₆ H ₃₀ O ₄ Si ₃
Acide hexadécanoïque, ester éthylique	C ₁₈ H ₃₆ O ₂
Acide hexadécanoïque, ester éthylique de 1-méthyle	C ₁₉ H ₃₈ O ₂

De nombreux métabolites secondaires présents dans les plantes médicinales, y compris *C. edulis*, sont connus pour leurs nombreuses propriétés bénéfiques qui ont attiré l'attention sur l'utilisation des plantes médicinales en tant que candidats pour le développement de médicaments, probablement parce que les plantes médicinales sont considérées comme ayant des actions pharmacologiques puissantes, qu'elles sont abordables, relativement sûres et facilement disponibles (**Huang et al.,2004**).

I.7.1. Analyse phytochimique quantitative

Tous les composés phytochimiques identifiés, à l'exception des iridoïdes, sont présents en quantités variables dans les différentes parties de la plante : tige, feuilles et fleurs de *C. edulis* (**Castañeda-Loaiza et al.,2020**). En outre, la préparation des divers extraits de feuilles de *C. edulis* avec de l'eau, de l'éthanol, de l'acétone et de l'hexane a révélé des différences dans la teneur en phénols, flavonoïdes, flavonols, proanthocyanidines, tanins, saponines et alcaloïdes, comme le montre le tableau ci-dessous (**Omoruyi et al.,2012**).

L'évaluation de la quantité de substances phytochimiques a révélé que l'extrait de feuilles de *C. edulis* contenait $557 \pm 0,23$ mg TE/g (équivalent Trolox) de contenu phénolique, $1,19 \pm 0,04$ mg QE/g (équivalent Quercétine) de contenu flavonoïde, et 489 mg/g de contenu tannique, qui étaient les plus élevés pour les solvants acétone, hexane, et éthanol, respectivement (**Omoruyi et al.,2012**) comme on peut le voir dans le (**Tab.I.3**). En revanche, une étude similaire réalisée sur la peau et la chair du fruit de *C. edulis* a indiqué que la peau du fruit de *C. edulis* contenait $272,83 \pm 5,59$ mg TE/g de contenu phénolique, $1,58 \pm 0,10$ mg TE/g de contenu flavonoïde et $20,3 \pm 0,98$ mg/g de contenu tannique, les valeurs les plus élevées étant obtenues uniquement avec le solvant éthanol par rapport aux autres solvants (**Castañeda-Loaiza et al.,2020**). Dans l'ensemble, aucun solvant ne peut extraire complètement les divers composés phytochimiques en raison de l'énorme différence de leurs propriétés chimiques. En outre, la quantité de substances phytochimiques dans la plante varie en fonction de la partie de la plante et de la saison de récolte. (**Chokoe et al.,2008**) ont rapporté que les feuilles de *C. edulis* récoltées en automne contenaient des quantités plus élevées de ces composés phytochimiques, quel que soit le solvant d'extraction, par rapport aux autres parties de la plante (**Akinyede et al.,2020**).

Table I.3. Evaluation des quantités de substances phytochimiques dans l'extrait de feuilles de *Carpobrotus edulis*. Les données ont été obtenues en trois exemplaires et présentées sous forme de moyenne \pm écart-type (Omoruyi *et al.*, 2012).

Phytochimie	Aqueux	Éthanol	Acétone	Hexane
Phénols mg TE/g	517 \pm 0.40	330.8 \pm 0.04	557 \pm 0.23	64.14 \pm 0.15
Flavonoïdes mg QE/g	0.29 \pm 0.01	0.28 \pm 0.01	0.65 \pm 0.04	1.19 \pm 0.04
Flavonols mg QE/g	0.05 \pm 0.001	0.05 \pm 0.001	0.023 \pm 0.05	0.19 \pm 0.03
Proanthocyanidines mg CE/g	896 \pm 0.05	115.28 \pm 0.007	753.87 \pm 0.02	134.91 \pm 0.01
Tanins (mg/g)	461 \pm 0.07	489 \pm 0.38	384 \pm 0.14	64 \pm 0.14
Saponines (mg/g)	34 \pm 0.21	45 \pm 0.26	11 \pm 0.071	2 \pm 0.035
Alcaloïdes (mg/g)	45 \pm 0.06	38 \pm 0.02	31 \pm 0.021	3 \pm 0.015

La teneur totale en polyphénols des feuilles de *C. edulis* variait de manière significative entre les autres parties de la plante. D'un point de vue quantitatif, l'extrait de feuilles a montré une concentration significativement plus élevée de composés phénoliques par rapport aux tiges et surtout aux racines (Falleh *et al.*, 2011) Aucun solvant particulier n'est connu pour extraire à lui seul tous les composés de la plante en raison des différences considérables dans la nature des constituants phytochimiques trouvés dans une plante. Quatre solvants - hexane, éthanol, acétone et eau - ont été utilisés pour extraire les feuilles de *C. edulis* afin de tenir compte de la gamme de polarités des composés présents. Les extraits ont fait l'objet d'une analyse quantitative des composés phytochimiques. Les extraits d'acétone contenaient un pourcentage élevé de composés phénoliques et une quantité considérable d'alcaloïdes et de proanthocyanidines dans l'extrait aqueux (Omoruyi *et al.*, 2012).

Table I.4. Résultats du criblage phytochimique de divers extraits de la feuille de *C. edulis* (Omoruyi *et al.*, 2012).

Phytochimie	Aqueux	Éthanol	Acétone	Hexane
Phénoliques	+++	+++	+++	++
Flavonoïdes	+	+	+	+
flavonols	+	+	+	+
Proanthocyanidines	+++	+++	+++	+++
Tanins	+++	+++	+++	++
saponines	++	++	++	+
alcaloïdes	++	++	++	+

Par rapport à *Mesembryanthemum crystallinum*, une plante de la même famille que *Carpobrotus edulis*, la détermination des flavonoïdes dans les extraits de plantes a révélé une teneur plus élevée dans *C. edulis* ($116,16 \pm 3,34 \mu\text{g}/\text{mg}$) par rapport à *M. crystallinum* ($4,85 \pm 0,9 \mu\text{g}/\text{mg}$). L'extrait de *C. edulis* ($104,69 \pm 0,48 \mu\text{g}/\text{mg}$) avait également une teneur en phénols plus élevée que *M. crystallinum* ($23,89 \pm 0,27 \mu\text{g}/\text{mg}$) (**Ibtissem et al.,2012**) La variation saisonnière de la composition phytochimique des extraits de *Carpobrotus edulis* a été évaluée par (**Chokoe et al.,2008**) La prévalence des composés phytochimiques dans les échantillons de débris de feuilles d'automne, indépendamment de la méthode d'extraction utilisée, suggère qu'il y a une plus grande concentration de composés phytochimiques dans le tissu foliaire de la plante pendant l'automne et qu'il y a moins de circulation autour de la plante (**Mudimba et Nguta,2019**).

I.7.2. Identification phytochimique

(**Martins et al.,2011**) ont utilisé la RMN 1D, 2D et la SM pour identifier les composés connus sous le nom de triterpènes (β -amyrine, uvaol et acide oléanolique), le monogalactosyldiacylglycérol, la catéchine, l'épicatéchine et la procyanidine B5 à partir d'extraits de *C. edulis* dans le méthanol. La composition phénolique a également été analysée et a révélé la présence d'acide sinapique, de lutéoline-7-*o*-glucoside, d'hyperoside, d'acide ferrulique, d'isorhamnétine-*o*-rutoside, d'acide allergique et d'isoquercitrine dans les extraits hydroéthanoliques et aqueux de *C. edulis*, (**Van Der Watt et Pretorius, 2001**). (**Meddeb et al.,2017**). (**Omoruyi et al.,2014**) ont utilisé l'analyse GC-MS pour étudier la composition chimique de *C. edulis* dans l'hexane, l'acétone et l'éthanol. Les phyto-constituants identifiés sont présentés dans les (**Tab.I.5**) (**Tab.I.6**) (**Tab.I.7**).

Table I.5. Phyto-constituants identifiés dans l'extrait hexanique de *C. edulis* (Omoruyi *et al.*, 2014).

Durée de conservation	Composés	Formule
3.9	2-Pentadécane, 6,10,4- triméthyle	C ₁₈ H ₃₆ O
4.5	Acétate de 7-méthyl-Z-tétradécène-1-ol	C ₁₇ H ₃₂ O ₂
5	Heptacosane	C ₂₇ H ₅₆
5.3	1-Heptatriacotanol	C ₃₇ H ₇₆ O
5.54	n-Octyl-5 oxoheptadécaneamide	C ₂₅ H ₄₉ NO ₂
5.75	Acide dodécanoïque	C ₁₂ H ₂₄ O ₂
7.78	Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O
8.6	Phtalate de dibutyle	C ₁₆ H ₂₂ O ₄
8.67	Acide n-hexadécanoïque	C ₁₄ H ₂₈ O ₂
8.93	Cyclohexylpropylphosphonofluoridate de 2-tertbutyle	C ₁₃ H ₂₆ FO ₂ P
10.55	2-Pyrrolidinone, 1-(9-octadécényle)	C ₂₂ H ₄₁ NO
11.47	Pyrrolidine, 1-(1-oxo-7,10 hexadécadiényle)	C ₂₀ H ₃₅ NO
13.96	Nonacosane	C ₂₉ H ₆₀
4.331	4,8,12,16-Tétraméthylheptadécane-4-olide	C ₂₁ H ₄₀ O ₂
18.09	2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaène, 2,6,10,15,19,23-hexaméthyle	C ₃₀ H ₅₀
19	Acide octadécanoïque	C ₁₈ H ₃₆ O ₂
19.87	acide cis-13-octadécénoïque	C ₁₈ H ₃₄ O ₂
8.6	Acide tétradécanoïque	C ₁₄ H ₂₈ O ₂
20.6	Tétratriacontane	C ₃₄ H ₇₀
21.62	Acide 9,12-octadécadiénoïque (Z,Z)-2,3-ester dihydroxypropylique	C ₁₈ H ₃₂ O ₂
24.07	Acide 9,12,15-octadécatriénoïque, ester 2,3- dihydroxypropylique, (Z,Z,Z)	C ₂₁ H ₃₆ O ₄
27.08	Acide eicosanoïque	C ₂₀ H ₄₀ O ₂
32.4	α-Amyrine	C ₃₀ H ₅₀ O
34.87	1-Heptatriacotanol	C ₃₇ H ₇₆ O
40.57	9,19-Cyclolanost-24-en-3-ol, acétate, (3β)	C ₃₂ H ₅₂ O ₂
48.09	Lupeol	C ₃₀ H ₅₀ O
56.05	17-(1,5-Diméthylhexyl)-10,13 diméthyl,2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tétradécahydro- 1Hcyclopenta[a] phénanthrène-3-ol	C ₂₇ H ₄₆ O
57.35	Vitamine E	C ₂₉ H ₅₀ O ₂
58.06	17-(1,5-Diméthylhexyl)-2,3-dihydroxy 10,13diméthyl,2,3,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tétradécahydro- cyclopenta[a]phénanthrène-6-one	C ₂₇ H ₄₄ O ₃
59.83	4,4,6a,6b,8a,11,11,14b Octaméthyl,1,4,4a,5,6,6a,6b,7,8,8a,9,10,11,12,12a,14,14a,14b octadécahydro-2H picéne-3-one	C ₃₀ H ₄₈ O

Table I.6. Phyto-constituants trouvés dans l'extrait d'acétone de *C. edulis* (Omoruyi *et al.*, 2014).

Rétention Durée	Composés	Formule
4.51	Acétate de 7-méthyl-Z-tétradécén-1-ol	C ₁₇ H ₃₂ O ₂
5.113	6,6-Diméthyl-10-méthylène-1-oxa-spirodécane	C ₁₂ H ₂₀ O
5.3	1-Heptatriacotano	C ₃₇ H ₇₆ O
6.09	Acide dodécanoïque	C ₁₂ H ₂₄ O ₂
6.286	17-Pentatriacontène	C ₃₅ H ₇₀
7.78	Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O
8.6	Acide tétradécanoïque	C ₁₄ H ₂₈ O ₂
8.67	Acide n-hexadécanoïque (ester de dibutyle)	C ₁₄ H ₂₈ O ₂
12.86	Acide n-hexadécanoïque (ester de bis-2-éthylhexyle)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
13.96	Nonacosane	C ₂₉ H ₆₀
43.5	α-Amyrine	C ₃₀ H ₅₀ O
48.09	Lupeol	C ₃₀ H ₅₀ O

Table I.7. Phyto-constituants trouvés dans l'extrait éthanolique de *C. edulis* (Omoruyi *et al.*, 2014).

Temps de rétention	Composés	Formule
32.4	B-Amyrine	C ₃₀ H ₅₀ O
42.918	a-Amyrine	C ₃₀ H ₅₀ O
48.09	Lupéol	C ₃₀ H ₅₀ O

***Chapitre II : Les activités
biologiques***

Chapitre II. Les activités biologiques

Les activités biologiques in vitro de *C. edulis* ont montré que la plante possède des propriétés antioxydantes, immunoactives, antimicrobiennes, neuroprotectrices et anticholinestérasiques (Custódio *et al.*,2012) (Martins *et al.*,2005) cette plante a également été signalée comme ayant des propriétés anticancéreuses (Ordway *et al.*,2003) antibactériennes (Van Der Watt et Pretorius,2001).et antifongiques (Omoruyi *et al.*,2014).

II.1. Activité antibactérienne

L'activité antimicrobienne des extraits de *C. 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,2001). Ont démontré une activité antibactérienne remarquable contre *Moraxella catharalis* à Gram négatif ainsi que contre les cocci à Gram positif, *Staphylococcus epidermidis* et *Staphylococcus aureus*. Un composé phénolique, l'hyperoside, et un glycoside de flavonone, la néohespéridine, ont également démontré une activité contre *Pseudomonas aeruginosa*. La croissance des colonies de *Bacillus subtilis* et de *Streptococcus pneumonia* n'a été inhibée que par un composé phénolique appelé acide ferrulique. Les extraits de méthanol de *C. edulis* n'ont cependant révélé aucune activité antibactérienne contre le *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline ou contre le *Mycobacterium tuberculosis* multirésistant aux médicaments (Martins *et al.*,2005) L'inhibition de la croissance fournit la preuve scientifique et la justification de l'utilisation de cette plante dans la médecine traditionnelle pour le traitement des infections (Van Wyk *et al.*,1997) et suggère également que la plante pourrait servir d'agent antimicrobien efficace contre les infections intracellulaires MDR (Martins *et al.*,2005).

Une étude réalisée par (Buwa et Afolayan,2009) a démontré une activité antibactérienne notable de l'extrait aqueux de feuilles de *Carpobrotus edulis* contre *Mycobacterium aurum*. Et l'extrait éthanolique a montré une activité significative contre *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *S* et *Mycobacterium aurum*, mais une faible activité contre *Klebsiella pneumoniae* et *Escherichia coli*, Parmi les solvants évalués, l'extrait éthanolique a montré l'activité antibactérienne la plus faible par rapport aux extraits de dichlorométhane et d'eau.

En outre, (Martins *et al.*,2010) ont rapporté six composés isolés à partir d'un extrait de *C.edulis*, à savoir l'uvaol, la β -amyrine, l'acide oléanolique, la catéchine, l'épicatéchine et le monogalactosyldiacylglycérol, ainsi que leur activité contre différentes souches de bactéries. Ces composés ont été testés pour leur activité contre le système de pompe à efflux des bactéries Gram-

négatives et Gram-positives et ont montré des effets variables. L'acide oléanolique a montré la plus grande activité dans la plupart des souches bactériennes testées, tandis que la plus grande modulation ou inhibition de l'activité d'efflux des souches Gram-positives MDR a été attribuée à l'uvaol, un triptène, qui était le composé isolé le plus puissant. (Meddeb *et al.*, 2017) ont également rapporté que l'extrait aqueux-acétonique de *C. edulis* contient différentes quantités de substances phénoliques telles que l'acide gallique, l'acide chlorogénique, la catéchine, l'acide 1,3-dicafféoylquinique, l'acide caféique et l'acide férulique, qui ont été jugées efficaces contre les bactéries Gram positives *B. cereus* et *S. aureus* ainsi que *S. epidermidis*. Cependant, cet extrait n'a pas montré d'effets antimicrobiens remarquables contre *E. coli* à Gram négatif, *P. aeruginosa*, et *S. typhimurium*.

Loaiza *et al.* (2020) évalué l'activité antibactérienne des extraits de peau et de chair de *C. edulis* pour leur activité antibactérienne contre les bactéries Gram-positives et Gram-négatives, à savoir *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70603, *Staphylococcus aureus* ATCC 43300 (MRSA), *Salmonella enteritidis* ATCC 13076, *Sarcina lutea* ATCC 9341, *Proteus mirabilis* ATCC 25933, *Bacillus cereus* ATCC 11778, *Staphylococcus epidermidis* NRRL B-4268 et *Listeria monocytogene* NRRL B33314 en utilisant la méthode de microdilution en bouillon légèrement modifiée, la gentamicine étant utilisée comme médicament standard. Les extraits de peau étaient généralement plus actifs que les extraits de chair et surtout plus efficaces contre les Gram-positifs que les Gram-négatifs. contre les bactéries Gram-positives que contre les bactéries Gram-négatives. Cependant, aucune activité n'a été observée pour ces deux extraits contre *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*, *P. mirabilis* et *C. albicans*. L'extrait de peau à l'éthanol a montré la plus grande activité contre *S. epidermidis* avec une concentration minimale inhibitrice (CMI) de 0,78 mg/mL, bien inférieure à celle des autres extraits.

II.2. Activité antifongique

Omoruyi *et al.* (2014) ont rapporté les activités antifongiques des extraits hexaniques, acétoniques, éthanoliques et aqueux de feuilles de *C. edulis* sur cinq souches fongiques pathogènes : *Candida albican*, *Candida krusei*, *Candida rugosa*, *Candida glabrata* et *Cryptococcus neoformans*. Les résultats ont montré des valeurs MIC comprises entre 0,02 et 0,031 mg/ml. L'extrait hexanique s'est avéré le plus puissant contre les cinq souches fongiques avec des CMI comprises entre 0,02 et 1,25 mg/mL, tandis que les extraits aqueux et éthanoliques n'ont pas eu d'activité antifongique notable. En outre, l'extrait d'acétone a montré une activité substantielle contre *Candida krusei* uniquement, avec une CMI de 0,04 mg/mL. L'activité de l'huile essentielle extraite des feuilles de *C. edulis* a également été testée contre cinq souches fongiques pathogènes

et s'est révélée similaire à la forte puissance observée pour l'extrait hexanique, ce qui est en accord avec les travaux de (Steenkamp *et al.*,2007).

En outre, l'étude menée sur l'activité antifongique des extraits de peau et de chair du fruit de *C. edulis* contre *Candida parapsilopsis* et *Candida albican* ATCC 2655 a montré que les extraits aqueux et éthanoliques de la peau du fruit de *C. edulis* n'ont inhibé que la croissance de *Candida parapsilopsis*, avec la même CMI de 6,25 mg/mL, alors qu'aucune activité n'a été détectée pour les extraits de chair du fruit de *C. edulis* contre les deux souches fongiques testées (Castañeda-Loaiza *et al.*,2020).

II.3. Activité antioxydant

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), réalisés par (Falleh *et al.*,2011). Les différentes parties de la plante se sont avérées avoir une activité antioxydante plus élevée par rapport au butylhydroxytoluène BHT, le contrôle positif, dans l'ordre suivant : tige > feuille > racines. L'analyse par chromatographie liquide haute performance en phase inversée (RP HPLC) a également été utilisée pour déterminer la composition phénolique des extraits et la quantité la plus élevée de composés polyphénoliques était de 86,5 mg GAE g⁻¹ DW dans l'extrait de tige et de 68,7 mg GAE g⁻¹ DW dans les extraits de feuilles de *C. edulis*, respectivement. La catéchine et les procyanidines B2 étaient plus abondantes dans la tige, tandis que la quercitrine et l'avicularine étaient plus abondantes dans les feuilles de *C. edulis*, comme l'a révélé l'analyse CLHP (Falleh *et al.*,2011).

Omoruyi *et al.* (2012) ont rapporté l'activité antioxydante des extraits aqueux, éthanol, acétone et hexane de *C. edulis* en utilisant les tests du 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH), du sel de diammonium du 2,2'-azino-bis (acide 3-éthylbenzthiazoline-6-sulfonique) (ABTS), du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), de l'oxyde nitrique (NO) et du pouvoir réducteur ferrique (FRAP). Les résultats ont indiqué des variations dans les pourcentages des phytoconstituants en fonction des différents solvants utilisés pour l'extraction. L'extrait d'acétone contiendrait plus de composés phénoliques (55,7 ± 0,404 %), l'extrait aqueux plus de proanthocyanidines (86,9 ± 0,005 %), tandis que l'extrait d'éthanol contiendrait 4,5 ± 0,057 % d'alkaloïdes, 48,9 ± 0,28 % de tanins et 4,5 ± 0,262 % de saponines, respectivement. Les flavonoïdes et les flavonols étaient plus nombreux dans l'extrait hexanique que dans les autres extraits, tandis que les extraits aqueux et éthanol ont montré une forte inhibition contre les radicaux DPPH, ABTS et NO. Les résultats de ce travail indiquent

que les extraits aqueux et éthanoliques des feuilles de *C. edulis* sont les meilleurs pour évaluer la capacité antioxydante.

Falleh et al. (2013) ont étudié le contenu phénolique des différentes fractions aqueuses-méthanoliques de feuilles, de tiges et de racines de *C. edulis*. Les fractions riches en phénols de 20 %, 60 % et 40 % dans les extraits de feuilles, de tiges et de racines respectivement variaient de 671 à 989 mg GAE g⁻¹ DR. La valeur FRAP s'est avérée être de 40 % dans les extraits de feuilles et de 40 % dans les extraits de tiges, représentant 86 et 96 µg/mL⁻¹, respectivement, et l'effet antioxydant total le plus élevé a été observé dans la racine (40 %), représentant 395 mg GAE g⁻¹ DR. Ainsi, les différentes parties de *C. edulis* sont des sources potentielles d'antioxydants naturels.

II.4. Activité anti-inflammatoire

L'inflammation est une réponse protectrice de l'organisme pour assurer l'élimination des stimuli nuisibles, ainsi qu'un processus de guérison pour réparer les tissus endommagés par des facteurs tels que l'infection microbienne, les lésions cellulaires et l'infarctus du myocarde (**Takeuchi et Akira,2010**). De nombreuses maladies telles que l'arthrite, la polymyalgie rhumatismale, les troubles cardiaques, l'asthme, le cancer et l'intestin inflammatoire sont liées à des processus inflammatoires (**Fawole et al.,2010**), (**Iwalewa et al.,2007**) Les médicaments qui soulagent ou améliorent l'inflammation et les épisodes douloureux qui lui sont associés agissent souvent en empêchant les enzymes nécessaires à l'organisme de produire des eicosanoïdes pro-inflammatoires (**White et Glassman,1974**). Les eicosanoïdes tels que les prostanoïdes, les leucotriènes et les thromboxanes sont des médiateurs pro-inflammatoires qui sont produits lorsque la cyclooxygénase (COX), la lipoxygénase (LOX) et l'époxygénase P 450 métabolisent l'acide arachidonique dans la voie métabolique (**Umamaheswaran et al.,2018**) et ces molécules sont impliquées dans de nombreuses conditions pathologiques liées au processus inflammatoire. Le ciblage ou l'inhibition de ces molécules est important dans les processus biologiques pour améliorer l'inflammation. Certaines plantes médicinales sont connues pour avoir une activité ou un potentiel anti-inflammatoire efficace, ce qui explique l'attention portée à l'isolement de nouveaux composés anti-inflammatoires avec des effets secondaires minimes ou inexistantes à partir de plantes médicinales.

Mulaudzi et al. (2019) ont rapporté que les extraits aqueux, de méthanol (50 %) et d'acétone (70 %) de *C. edulis* soumis au modèle d'inhibition de l'enzyme 15-lipoxygénase (LOX) présentaient 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 d'acétone à 70 % et d'eau de *C. edulis* indique le fort potentiel de ces extraits à inhiber l'enzyme LOX, qui est l'une des enzymes clés impliquées dans l'inflammation. Les extraits de *C. edulis* avaient une activité inhibitrice significative de LOX-17 par rapport aux extraits de *C. dimidiatus*, tandis que

les extraits de feuilles de *C. dimidiatus* présentaient une inhibition de l'enzyme cyclooxygénase-2 (COX-2) supérieure à celle de l'enzyme COX-1 par rapport à *C. edulis* dans une autre étude réalisée par (Fawole *et al.*,2010).

II.5. Activité antiproliférative

De nombreuses études ont validé l'utilisation de différentes plantes médicinales comme agents antiprolifératifs ou anticancéreux (Talib et Mahasneh,2010) (Chanda et Nagani 2013). Des preuves scientifiques montrent que les extraits de *C. edulis* ont des propriétés anticancéreuses qui favorisent l'inhibition de la croissance cellulaire anormale dans différentes lignées de cellules cancéreuses causées par des facteurs oncogéniques (Akinyede *et al.*,2020).

Steenkamp *et al.* (2007) ont montré que l'extrait de feuille méthanolique de *C. edulis* à des concentrations non toxiques pouvait inhiber la pompe sensible au vérapamil de la lignée cellulaire de lymphome T de souris L5178. Les preuves de la propriété anti-proliférative de l'extrait de feuilles de *C. edulis* ont montré que la P-glycoprotéine, connue pour son potentiel de résistance aux médicaments, était inhibée dans les lignées cellulaires de lymphome de souris (Huang *et al.*,2004). Sept composés ont été identifiés à partir de l'extrait méthanolique de *C. edulis* soumis à des fractions de chloroforme et d'acétate d'éthyle en utilisant la RMN 1D, 2D et la SM. Il s'agit de triterpènes tels que la β -amyrine, l'uvaol, l'acide oléanolique, le monogalactosyldiacylglycérol, la catéchine et l'épicatéchine, ainsi que la procyanidine B5. Dans l'ensemble, l'activité antiproliférative et l'inversion de la résistance aux médicaments dans les lignées cellulaires de lymphome de souris MDR ont été les plus significatives avec le composé uvoal, par rapport aux autres composés testés (Martins *et al.*,2010).

Hafsa *et al.* (2016) ont rapporté les effets cytotoxiques et donc les activités anti-prolifératives des extraits aqueux et éthanol-eau (même ratio) de *C. edulis* sur des lignées cellulaires humaines de cancer du côlon (HCT-116). Cette étude a montré que l'extrait éthanol-eau diminuait significativement la viabilité cellulaire après 24 heures d'incubation par rapport à l'extrait aqueux, et cet effet anti-prolifératif pourrait être attribué aux constituants, en particulier aux sept principaux composés phénoliques : acide sinapique, acide férulique, lutéoline 7-O-glucoside, hyperside, isoquercitine, acide ellagique, et isorhamnétine 3-O-rutinoside.

Une récente étude préliminaire de cytotoxicité *in vitro* sur les effets de *C. edulis* sur les lignées cellulaires de glioblastome malin U251 et U87 a montré que l'extrait suscite une propriété anti-proliférative et inhibe également la formation de colonies dans les cellules U251 (Omoruyi *et al.*,2019).

II.6. Activité neurologique

La première preuve des effets neuroprotecteurs de *C. edulis* a été rapportée par **(Custódio et al.,2012)**, qui ont montré que les extraits méthanoliques de *C. edulis* pouvaient inhiber à la fois les enzymes acétylcholinestérase et butyrylcholinestérase (double rôle), fournissant ainsi une base pour l'utilisation potentielle de la plante dans la gestion et le traitement de différents troubles neurodégénératifs du cerveau. Les inhibiteurs de la cholinestérase sont des molécules importantes qui atténuent les dysfonctionnements cognitifs **(Fan et Chiu,2010)**.

Une étude menée par Mulaudzi et ses collaborateurs sur la capacité d'inhibition de divers extraits de *C. edulis* contre l'enzyme acétylcholinestérase (AChE) à l'aide d'une méthode d'analyse colorimétrique a montré que l'extrait méthanolique à 50 %, l'extrait aqueux à 70 % et l'extrait d'acétone de *C. edulis* avaient une concentration inhibitrice semi-maximale (IC50) de $28,8 \pm 3,07$ mg/mL, $34,0 \pm 2,88$ mg/mL, et $20,0 \pm 0,08$ mg/mL, respectivement, à 1 mg/mL de l'extrait par rapport au médicament standard Galanthamine, qui avait une valeur IC50 de $82,8 \pm 0,29$ μ M contre l'AChE **(Mulaudzi et al.,2019)**. Ces extraits ont montré une activité anticholinestérasique plus faible par rapport à une espèce de *Carpobrotus* similaire, *Carpobrotus dimidiatus* **(Mulaudzi et al.,2019)**. L'action neuroprotectrice de *C. edulis* via l'inhibition de l'AChE pourrait être accentuée par une augmentation de la fonction cholinergique induite par les acides gras polyinsaturés (AGPI) nutritionnellement importants présents dans *C. edulis* **(Custódio et al.,2012)**, qui sont connus pour inhiber l'hydrolyse de l'AChE ou augmenter la libération de l'AChE pour soulager les symptômes de la maladie **(Willis et al.,2009)**.

Une autre étude de neuroprotection réalisée par **(Enogieru et al.,2018)** dans notre groupe de recherche a montré que le prétraitement avec l'extrait aqueux de *C. edulis* empêchait l'apoptose et le stress oxydatif dans un modèle cellulaire de la maladie de Parkinson (MP) et justifie la poursuite des recherches sur les effets de cette plante sur d'autres voies pathophysiologiques de cette maladie.

Une autre étude réalisée par **(Zarrock et al.,2019)** a montré que le 7 β hydroxycholestérol (7 β -OHC) induisait la mort cellulaire et le stress oxydatif dans des oligodendrocytes murins en culture (158N) et que ces effets étaient inversés par l'extrait éthanol-eau de *C. edulis*, ce qui a démontré le potentiel neuroprotecteur de cet extrait dans les maladies liées à l'âge, associées au stress oxydatif et à la peroxydation des lipides.

II.7. Activité antidiabétiques

Le diabète et ses complications restent l'une des principales maladies non transmissibles qui sévissent à la fois dans les pays développés et dans les pays en voie de développement. Différents mécanismes sont ciblés dans la recherche visant à développer des médicaments antidiabétiques efficaces. L'utilisation de plantes médicinales dans le développement de médicaments pour le traitement du diabète est préférable aux médicaments synthétiques, qui sont connus pour avoir de nombreux effets secondaires délétères. Le stress oxydatif et les produits de glycation avancés (AGE) pro-inflammatoires restent quelques-uns des mécanismes qui aggravent les complications du diabète sucré (**Akinyede et al.,2020**).

Hafsa et al. (2016) ont rapporté pour la première fois l'activité antiglycation des extraits de *C. edulis* et ont constaté une inhibition significative des AGE fluorescents formés par l'extrait éthanol-eau de *C. edulis*. La propriété antiglycation ou les mécanismes inhibiteurs des (AGE) sont importants pour la prévention et l'amélioration des complications diabétiques induites par les AGE (**da Silva Morrone et al.,2013**) Cette propriété antiglycation ou cet effet inhibiteur sur la glycation des protéines est un attribut important de l'extrait éthanol-eau de *C. edulis* et pourrait étayer d'autres preuves justifiant l'utilisation traditionnelle de *C. edulis* pour le traitement du diabète sucré. En outre, l'un des mécanismes les plus importants pour le développement de médicaments destinés au traitement du diabète sucré est l'inhibition de l'activité de l' α -amylase et de l' α -glucosidase. Le développement d'inhibiteurs de ces enzymes métabolisant les hydrates de carbone a permis de réguler l'hyperglycémie postprandiale dans la circulation, ce qui constitue une stratégie importante dans le traitement du diabète sucré (**Laoufi et al.,2017**), (**Rubilar et al.,2011**). Dans le diabète sucré de type 2, les anomalies de l'homéostasie du glucose sont liées à l'hyperglycémie postprandiale qui est observée assez tôt dans la physiopathologie du diabète sucré. Globalement, les inhibiteurs de l' α -amylase et de l' α -glucosidase pourraient réguler les taux de glucose abyssaux après le catabolisme des hydrates de carbone. Les plantes médicinales sont devenues intéressantes pour le traitement de l'hyperglycémie postprandiale car elles ne provoquent pas d'hypoglycémie, ont un bon profil de sécurité, n'induisent pas de sécrétion d'insuline tout en régulant l'hyperglycémie postprandiale, et ont moins d'effets secondaires que les médicaments synthétiques disponibles (**Laoufi et al.,2017**), (**Neuser et al.,2005**) (**Kazeem et al.,2013**).

L'activité antidiabétique potentielle des extraits de feuilles de *C. edulis* via l'inhibition de l' α -glucosidase par ses extraits aqueux, de méthanol (50 %) et d'acétone (70 %) a été évaluée par Mulaudzi et ses collègues. L'extrait aqueux a montré une valeur IC50 de 5 μ g/mL par rapport à l'inhibiteur standard de l' α -glucosidase, l'acarbose, qui a une valeur IC50 de 429 μ g/mL, ce qui reflète la grande importance de l'inhibition de l' α -glucosidase ; cela justifie davantage l'utilisation

de l'eau pour préparer les extraits de *C. edulis* comme cela se fait traditionnellement dans le traitement du diabète sucré. Dans l'ensemble, les extraits de feuilles de *C. edulis* ont eu une forte action inhibitrice contre les enzymes α -glucosidase dans l'essai in vitro (Mulaudzi *et al.*,2019).

Dans une autre étude, les extraits aqueux, éthanoliques et acétoniques des fruits de *C. edulis* ont montré une faible activité d'inhibition des enzymes α -amylase et α -glucosidase, allant de $0,13 \pm 0,01$ à $0,24 \pm 0,01$ mmol/ACAE/g et de $0,33 \pm 0,02$ à $0,47 \pm 0,01$ mmol/ACAE/g, respectivement (Castañeda-Loaiza *et al.*,2020). Ce résultat contraste avec une étude précédente qui avait rapporté une activité inhibitrice enzymatique plus élevée à une valeur IC50 de 5 μ g/mL. (Mulaudzi *et al.*,2019). Cela fournit probablement des preuves scientifiques ou un soutien à l'utilisation de cette plante pour le traitement traditionnel et la gestion du diabète sucré (Akinyede *et al.*,2020).

Conclusion

Conclusion

Après avoir exploré en profondeur la plante "*Carpobrotus edulis*" et enquêté sur un large éventail d'activités biologiques et chimiques qu'elle renferme, nous clôturons ce mémoire avec des résultats et des conclusions qui offrent un aperçu global et approfondi de la valeur potentielle de cette plante dans divers domaines. Il est clairement évident que "*Carpobrotus edulis*" est capable de fournir une combinaison de bienfaits pour la santé et la beauté.

Cette étude a mis en lumière l'importance de comprendre les activités biologiques de la plante, allant de l'activité antibactérienne à l'activité neurologique, en passant par l'activité anti-inflammatoire, antiproliférative et anti-diabétique. De plus, un ensemble de composés chimiques actifs a été identifié dans la plante, ce qui élargit les perspectives quant à sa potentialité dans divers domaines.

Étant donné que cette étude nous a offert une vue plus complète des potentialités de "*Carpobrotus edulis*", les perspectives futures indiquent la possibilité de développer des produits cosmétiques naturels innovants basés sur ses caractéristiques distinctives. De même, elles mettent en lumière de nouvelles possibilités d'applications dans le domaine de la médecine traditionnelle.

Cette conclusion porte en elle de grandes espérances pour la poursuite de la recherche et de l'exploration, tout en mettant en lumière l'importance d'exploiter pleinement le potentiel de cette plante précieuse. Les résultats et les perspectives soulignent l'importance de diriger nos efforts vers le développement de produits et d'applications qui bénéficient des avantages de "*Carpobrotus edulis*" pour la santé et la beauté humaine.

Grâce à un travail acharné et à des découvertes continues, "*Carpobrotus edulis*" peut devenir un partenaire fiable et essentiel pour atteindre notre objectif commun : profiter d'une meilleure santé et d'une beauté accrue.

Références
bibliographiques

Références bibliographique

- Akhalwaya, S., Van Vuuren, S., & Patel, M. (2018). An in vitro investigation of indigenous South African medicinal plants used to treat oral infections. *Journal of ethnopharmacology*, 210, 359-371.
- Akinyede, K. A., Ekpo, O. E., & Oguntibeju, O. O. (2020). Ethnopharmacology, therapeutic properties and nutritional potentials of *Carpobrotus edulis*: A comprehensive review. *Scientia Pharmaceutica*, 88(3), 39.
- Alam, E. A. (2011). Phytochemical screening on different plant parts of some succulent plants of Egypt. *New York Sci J*, 4, 15-18.
- Albert, M. E., D'Antonio, C. M., & Schierenbeck, K. A. (1997). Hybridization and introgression in *Carpobrotus* spp.(Aizoaceae) in California. I. Morphological evidence. *American Journal of Botany*, 84(7), 896-904.
- Bisi-Johnson, M. A., Obi, C. L., Kambizi, L., & Nkomo, M. (2010). A survey of indigenous herbal diarrhoeal remedies of OR Tambo district, Eastern Cape Province, South Africa. *African Journal of Biotechnology*, 9(8).
- Buwa, L. V., & Afolayan, A. J. (2009). Antimicrobial activity of some medicinal plants used for the treatment of tuberculosis in the Eastern Cape Province, South Africa. *African Journal of Biotechnology*, 8(23).
- Campoy, J. G., Acosta, A. T., Affre, L., Barreiro, R., Brundu, G., Buisson, E., ... & Fagúndez, J. (2018). Monographs of invasive plants in Europe: *Carpobrotus*. *Botany Letters*, 165(3-4), 440-475.
- Castañeda-Loaiza, V., Placines, C., Rodrigues, M. J., Pereira, C., Zengin, G., Uysal, A., ... & Custódio, L. (2020). If you cannot beat them, join them: Exploring the fruits of the invasive species *Carpobrotus edulis* (L.) NE Br as a source of bioactive products. *Industrial crops and products*, 144, 112005.
- Chanda, S., & Nagani, K. (2013). In vitro and in vivo methods for anticancer activity evaluation and some Indian medicinal plants possessing anticancer properties: an overview. *Journal of pharmacognosy and phytochemistry*, 2(2), 140-152.
- Chokoe, P. K., Masoko, P., Mokgotho, M. P., Howard, R. L., & Mampuru, L. J. (2008). Does seasonal variation influence the phytochemical and antibacterial properties of *Carpobrotus edulis*?. *African Journal of Biotechnology*, 7(22).

- Cock, I. E., & Van Vuuren, S. F. (2014). Anti-Proteus activity of some South African medicinal plants: their potential for the prevention of rheumatoid arthritis. *Inflammopharmacology*, 22, 23-36.
- Custódio, L., Ferreira, A. C., Pereira, H., Silvestre, L., Vizetto-Duarte, C., Barreira, L., ... & Varela, J. (2012). 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*, 55(3), 281-288.
- da Silva Morrone, M., de Assis, A. M., da Rocha, R. F., Gasparotto, J., Gazola, A. C., Costa, G. M., ... & Moreira, J. C. (2013). *Passiflora manicata* (Juss.) aqueous leaf extract protects against reactive oxygen species and protein glycation in vitro and ex vivo models. *Food and chemical toxicology*, 60, 45-51.
- D'antonio, C. M. (1992). Invasion of coastal plant communities by the introduced succulent, *Carpobrotus edulis* (Aizoaceae).
- D'Antonio, C. M., & Mahall, B. E. (1991). Root profiles and competition between the invasive, exotic perennial, *Carpobrotus edulis*, and two native shrub species in California coastal scrub. *American Journal of Botany*, 78(7), 885-894.
- Enogieru, A. B., Omoruyi, S. I., & Ekpo, O. E. (2018). Antioxidant and apoptosis-inhibition potential of *Carpobrotus edulis* in a model of parkinson's disease. *Journal of African Association of Physiological Sciences*, 6(2), 126-135.
- Falleh, H., Ksouri, R., Medini, F., Guyot, S., Abdelly, C., & Magné, C. (2011). Antioxidant activity and phenolic composition of the medicinal and edible halophyte *Mesembryanthemum edule* L. *Industrial Crops and Products*, 34(1), 1066-1071.
- Falleh, H., Oueslati, S., Guyot, S., Dali, A. B., Magné, C., Abdelly, C., & Ksouri, R. (2011). LC/ESI-MS/MS characterisation of procyanidins and propelargonidins responsible for the strong antioxidant activity of the edible halophyte *Mesembryanthemum edule* L. *Food Chemistry*, 127(4), 1732-1738.
- Falleh, H., Trabelsi, N., Bonenfant-Magné, M., Le Floch, G., Abdelly, C., Magné, C., & Ksouri, R. (2013). Polyphenol content and biological activities of *Mesembryanthemum edule* organs after fractionation. *Industrial Crops and Products*, 42, 145-152.
- Fan, L. Y., & Chiu, M. J. (2010). Pharmacological treatment for Alzheimer's disease: current approaches and future strategies. *Acta Neurol Taiwan*, 19(4), 228-245.

- Fawole, O. A., Amoo, S. O., Ndhlala, A. R., Light, M. E., Finnie, J. F., & Van Staden, J. (2010). Anti-inflammatory, anticholinesterase, antioxidant and phytochemical properties of medicinal plants used for pain-related ailments in South Africa. *Journal of Ethnopharmacology*, 127(2), 235-241.
- Gurib-Fakim, A., & Mahomoodally, M. F. (2013). African flora as potential sources of medicinal plants: towards the chemotherapy of major parasitic and other infectious diseases: a review. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 147(624), 1-8.
- Hatano, T., Kagawa, H., Yasuhara, T., & Okuda, T. (1988). Two new flavonoids and other constituents in licorice root: their relative astringency and radical scavenging effects. *Chemical and pharmaceutical bulletin*, 36(6), 2090-2097.
- Hafsa, J., Hammi, K. M., Khedher, M. R. B., Smach, M. A., Charfeddine, B., Limem, K., & Majdoub, H. (2016). Inhibition of protein glycation, antioxidant and antiproliferative activities of *Carpobrotus edulis* extracts. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 84, 1496-1503
- Huang, D. J., Chun-Der, L. I. N., Hsien-Jung, C. H. E. N., & Yaw-Huei, L. I. N. (2004). Antioxidant and antiproliferative activities of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] LamTainong 57') constituents. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 45.
- Ibtissem, B., Abdelly, C., & Sfar, S. (2012). Antioxidant and antibacterial properties of *Mesembryanthemum crystallinum* and *Carpobrotus edulis* extracts.
- Iwalewa, E. O., McGaw, L. J., Naidoo, V., & Eloff, J. N. (2007). Inflammation: the foundation of diseases and disorders. A review of phytomedicines of South African origin used to treat pain and inflammatory conditions. *African journal of biotechnology*, 6(25).
- Jooste, C. S. (2012). *Brine shrimp lethality test and acetylcholine esterase inhibition studies on selected South African medicinal plants* (Doctoral dissertation, University of the Western Cape).
- Kazeem, M. I., Adamson, J. O., & Ogunwande, I. A. (2013). Modes of inhibition of α -amylase and α -glucosidase by aqueous extract of *Morinda lucida* Benth leaf. *BioMed research international*, 2013.
- Kubitzki, K., Rohwer, J. G., & Bittrich, V. (Eds.). (2013). *Flowering Plants: Dicotyledons: Magnoliid, Hamamelid and Caryophyllid Families* (Vol. 2). Springer Science & Business Media.
- Laoufi, H., Benariba, N., Adjdir, S., & Djaziri, R. (2017). In vitro α -amylase and α -glucosidase inhibitory activity of *Ononis angustissima* extracts. *Journal of applied pharmaceutical science*, 7(2), 191-198.

- Martins, A., Vasas, A., Schelz, Z. S., Viveiros, M., Molnar, J., Hohmann, J., & Amaral, L. (2010). Constituents of *Carpobrotus edulis* inhibit P-glycoprotein of MDR1-transfected mouse lymphoma cells. *Anticancer research*, 30(3), 829-835.
- Martins, A., Vasas, A., Viveiros, M., Molnár, J., Hohmann, J., & Amaral, L. (2011). Antibacterial properties of compounds isolated from *Carpobrotus edulis*. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 37(5), 438-444.
- Martins, M., Ordway, D., Kristiansen, M., Viveiros, M., Leandro, C., Molnar, J., & Amaral, L. (2005). Inhibition of the *Carpobrotus edulis* methanol extract on the growth of phagocytosed multidrug-resistant *Mycobacterium tuberculosis* and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Fitoterapia*, 76(1), 96-99.
- Meddeb, E., Charni, M., Ghazouani, T., Cozzolino, A., Fratianni, F., Raboudi, F., ... & Fattouch, S. (2017). Biochemical and molecular study of *Carpobrotus edulis* bioactive properties and their effects on *Dugesia sicula* (Turbellaria, Tricladida) regeneration. *Applied biochemistry and biotechnology*, 182, 1131-1143.
- Mudimba, T. N., & Nguta, J. M. (2019). Traditional uses, phytochemistry and pharmacological activity of *Carpobrotus edulis*: A global perspective. *The Journal of Phytopharmacology*, 8(3), 111-116.
- Mulaudzi, R. B., Aremu, A. O., Rengasamy, K. R., Adebayo, S. A., McGaw, L. J., Amoo, S. O., ... & Du Plooy, C. P. (2019). Antidiabetic, anti-inflammatory, anticholinesterase and cytotoxicity determination of two *Carpobrotus* species. *South African Journal of Botany*, 125, 142-148.
- Neuser, D., Benson, A., Brückner, A., Goldberg, R. B., Hoogwerf, B. J., & Petzinna, D. (2005). Safety and tolerability of acarbose in the treatment of type 1 and type 2 diabetes mellitus. *Clinical drug investigation*, 25, 579-587.
- Novoa, A., & González, L. (2014). Impacts of *Carpobrotus edulis* (L.) NE Br. on the germination, establishment and survival of native plants: a clue for assessing its competitive strength. *PLoS One*, 9(9), e107557.
- Omoruyi, B. E., Afolayan, A. J., & Bradley, G. (2014). Chemical composition profiling and antifungal activity of the essential oil and plant extracts of *Mesembryanthemum edule* (L.) bolus leaves. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 11(4), 19-30.
- Omoruyi, B. E., Bradley, G., & Afolayan, A. J. (2012). Antioxidant and phytochemical properties of *Carpobrotus edulis* (L.) bolus leaf used for the management of common infections in HIV/AIDS patients in Eastern Cape Province. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 12(1), 1-9.

- Omoruyi, S. I., Enogieru, A. B., & Ekpo, O. E. (2019). Preliminary cytotoxic activity of sutherlandia frutescens and carpobrotus edulis on malignant glioblastoma cells. *Trop. J. Nat. Prod. Res*, 3, 175-179.
- Ordway, D., Hohmann, J., Viveiros, M., Viveiros, A., Molnar, J., Leandro, C., ... & Amaral, L. (2003). Carpobrotus edulis methanol extract inhibits the MDR efflux pumps, enhances killing of phagocytosed S. aureus and promotes immune modulation. *Phytotherapy Research*, 17(5), 512-519.
- O'Rourke, E., & Lysaght, L. (2014). Risk assessment of Carpobrotus edulis.
- Peltzer, K., Preez, N. F. D., Ramlagan, S., & Fomundam, H. (2008). Use of traditional complementary and alternative medicine for HIV patients in KwaZulu-Natal, South Africa. *BMC public health*, 8, 1-14.
- Rodrigues, A. S., Silva, S. E., Marabuto, E., Silva, D. N., Wilson, M. R., Thompson, V., ... & Seabra, S. G. (2014). New mitochondrial and nuclear evidences support recent demographic expansion and an atypical phylogeographic pattern in the spittlebug Philaenus spumarius (Hemiptera, Aphrophoridae). *PLoS One*, 9(6), e98375.
- Rubilar, M., Jara, C., Poo, Y., Acevedo, F., Gutierrez, C., Sineiro, J., & Shene, C. (2011). Extracts of Maqui (Aristotelia chilensis) and Murta (Ugni molinae Turcz.): sources of antioxidant compounds and α -Glucosidase/ α -Amylase inhibitors. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(5), 1630-1637.
- Semenya, S. S., & Maroyi, A. (2012). Medicinal plants used by the Bapedi traditional healers to treat diarrhoea in the Limpopo Province, South Africa. *Journal of ethnopharmacology*, 144(2), 395-401.
- Steenkamp, V., Fernandes, A. C., & Van Rensburg, C. E. J. (2007). Screening of Venda medicinal plants for antifungal activity against Candida albicans. *South African Journal of Botany*, 73(2), 256-258.
- Suehs, C. M., Affre, L., & Médail, F. (2004). Invasion dynamics of two alien Carpobrotus (Aizoaceae) taxa on a Mediterranean island: I. Genetic diversity and introgression. *Heredity*, 92(1), 31-40.
- Takeuchi, O., & Akira, S. (2010). Pattern recognition receptors and inflammation. *Cell*, 140(6), 805-820.
- Talib, W. H., & Mahasneh, A. M. (2010). Antiproliferative activity of plant extracts used against cancer in traditional medicine. *Scientia pharmaceutica*, 78(1), 33-46.

- Umamaheswaran, S., Dasari, S. K., Yang, P., Lutgendorf, S. K., & Sood, A. K. (2018). Stress, inflammation, and eicosanoids: an emerging perspective. *Cancer and Metastasis Reviews*, 37, 203-211.
- Van Der Watt, E., & Pretorius, J. C. (2001). Purification and identification of active antibacterial components in *Carpobrotus edulis* L. *Journal of ethnopharmacology*, 76(1), 87-91.
- Van Wyk, B. E. (2011). The potential of South African plants in the development of new medicinal products. *South African Journal of Botany*, 77(4), 812-829.
- Van Wyk, B. E. (2011). The potential of South African plants in the development of new food and beverage products. *South African Journal of Botany*, 77(4), 857-868.
- Van Wyk, B. E., De Wet, H., & Van Heerden, F. R. (2008). An ethnobotanical survey of medicinal plants in the southeastern Karoo, South Africa. *South African Journal of Botany*, 74(4), 696-704.
- Van Wyk, B. E., Oudtshoorn, B. V., & Gericke, N. (1997). *Medicinal Plants of South Africa*. Briza.
- Vilà, M., & D'antonio, C. M. (1998). Fitness of invasive *Carpobrotus* (Aizoaceae) hybrids in coastal California. *Ecoscience*, 5(2), 191-199.
- Washburn, J. O., & Frankie, G. W. (1981). Dispersal of a scale insect, *Pulvinariella mesembryanthemi* (Homoptera: Coccoidea) on iceplant in California. *Environmental Entomology*, 10(5), 724-727.
- White, H. L., & Glassman, A. T. (1974). A simple radiochemical assay for prostaglandin synthetase. *Prostaglandins*, 7(2), 123-129.
- Willis, L. M., Shukitt-Hale, B., & Joseph, J. A. (2009). Dietary polyunsaturated fatty acids improve cholinergic transmission in the aged brain. *Genes & nutrition*, 4(4), 309-314.
- Wisura, W., & Glen, H. F. (1993). The South African species of *Carpobrotus* (Mesembryanthemata-Aizoaceae). *Contributions to the Bolus Herbarium*, 15, 76-107.
- Zarrouk, A., Smach, M. A., Hafsa, J., Sghaier, R., Hammami, M., & Charfeddine, B. (2019). Effects of *carpobrotus edulis* extract on oxidative stress and 158n oligodendrocyte death. *Biomedical and Environmental Sciences*, 32(4), 291-299.

Annexes

Annexes

Annexe 01: Caractérisation par LC/ESI-MS/MS des procyanidines et des propélargonidines responsables de la forte activité antioxydante de l'halophyte comestible *Mesembryanthemum edule* L.. (Falleh *et al.*, 2011).

Région	Djerba (sud de la Tunisie)
Méthodes	Les plantes ont été séparées en feuilles, tiges et racines, rincées à l'eau distillée, congelées à 20 °C et lyophilisées (Christ, Osterode am Harz), avant d'être réduites en poudre dans un broyeur Mettler AE 200 1/10 mg (type Dangoumeau).
Extraction et fractionnement	La poudre (5 g) a d'abord été extraite trois fois par 50 ml d'hexane, afin d'éliminer les lipides, les caroténoïdes et les chlorophylles. Le résidu résultant a été extrait par 50 ml de méthanol (trois fois) pour dissoudre les acides organiques et les composés phénoliques. Chaque extraction a été effectuée en mélangeant la poudre avec le solvant pendant 5 minutes en utilisant une agitation magnétique, et le mélange a été filtré à travers un papier filtre Whatman No. 4. Les filtrats de méthanol ont été combinés et nettoyés sur des cartouches C18 Sep-Pak de 5 g (Waters, Milford, MA). La colonne d'extraction en phase solide C18 (a été utilisée pour éliminer les sucres libres des extraits riches en procyanidine, avant les essais antioxydants et l'analyse ESI-MS. La colonne C18 a été preconditionnée avec 20 ml de méthanol suivis de 40 ml d'eau acidifiée (acide acétique à 2,5 %). Environ 2 ml d'extraits méthanoliques filtrés ont été dilués dans 80 ml d'eau acidifiée (2,5% d'acide acétique) et chargés dans la cartouche C18, afin d'éliminer les sucres et autres composés polaires. Pour chaque organe, les composés phénoliques adsorbés sur la résine ont été élués successivement avec 20 ml de différents mélanges MeOH/acide acétique dilué (respectivement 20 %, 40 %, 60 %, 80 et 100 % de méthanol dans 2,5 % d'acide acétique, v/v). Une analyse rapide par RMN 1H a montré qu'aucun composé aromatique n'était présent dans les fractions de méthanol à 80 % et 100 % (données non présentées), de sorte que ces

	deux fractions n'ont pas été prises en compte pour le reste de l'étude. Trois fractions ont donc été obtenues pour chaque organe. Elles ont été évaporées séparément jusqu'à siccité et les résidus ont été suspendus dans 5 ml de méthanol pur.
<p>Capacité de neutralisation de DPPH (Hatano <i>et al.</i>, 1988)</p>	<p>1 ml d'extrait à une concentration connue a été ajouté à 0,5 ml d'une solution de DPPH (0,2 mM dans le méthanol). Le mélange a été agité vigoureusement et laissé dans l'obscurité pendant 30 minutes. L'absorbance a ensuite été mesurée à 517 nm. L'activité antiradicalaire a été exprimée en IC50 lg de résidu sec par ml (lg ml1), correspondant à la dose d'échantillon nécessaire pour provoquer une extinction de 50 % du radical DPPH. La capacité à piéger le DPPH a été calculée à l'aide de l'équation suivante :</p> <p>Effet de piégeage de DPPH % = $[(A_0 - A_1)] \times 100$</p> <p>- A₀ est l'absorbance du contrôle à 30 min et A₁ est l'absorbance de l'échantillon à 30 min.</p> <p>-Tous les échantillons ont été analysés en trois exemplaires.</p>
<p>Activité de piégeage ABTS</p>	<p>-L'ABTS+ a été produit par la réaction entre 5 ml de solution d'ABTS 7 mM et 5 ml de solution de persulfate de potassium 2,45 mM, stockée à l'obscurité pendant 16 h.</p> <p>-Avant utilisation, cette solution a été diluée avec de l'éthanol pour obtenir une absorbance de $0,700 \pm 0,020$ à 734 nm.</p> <p>-Le mélange réactionnel comprenait 950 ml de solution d'ABTS+ et 50 ml de chaque échantillon à différentes concentrations.</p> <p>-Le mélange a été homogénéisé et son absorbance a été enregistrée après 6 minutes à 734 nm.</p> <p>-La capacité d'élimination de l'ABTS a été exprimée en IC50 (lg ml1), le pourcentage d'inhibition du radical ABTS étant calculé à l'aide de la formule suivante du radical ABTS:</p> <p>Effet de piégeage de ABTS % = $[(A_0 - A_1)] \times 100$</p>

<p>Inhibition du blanchiment du b-carotène</p>	<p>-Deux milligrammes de b-carotène ont été dissous dans 20 ml de chloroforme et 4 ml de cette solution ont été additionnés d'acide linoléique (40 mg) et de Tween 40 (400 mg).</p> <p>-Le chloroforme est évaporé sous vide à 40 °C, puis 100 ml d'eau oxygénée sont ajoutés et l'émulsion est vigoureusement agitée.</p> <p>-Une aliquote (300 ul) de l'émulsion b-carotène/acide linoléique a été répartie dans une plaque de microtitrage à 96 puits et des solutions méthanoliques des échantillons à tester (20 ul) ont été ajoutées.</p> <p>-L'absorbance a été mesurée à l'aide d'un lecteur de microtitrage EAR 400 (Labsystems Multiskan MS) à 470 nm, immédiatement (t =0 min) et après 120 min d'incubation à 50 °C.</p> <p>-L'activité antioxydante des extraits a été évaluée en termes d'inhibition du blanchiment du b-carotène à l'aide de la formule suivante et les résultats ont été exprimés en valeurs IC50 (lg ml1) :</p> <p>Inhibition du blanchiment au b-carotène = $[(S - A_1) / A_0 - A_1] \times 100$</p> <p>où A₀ est l'absorbance du contrôle à 0 min, A₁ est l'absorbance du contrôle à 120 min et S est l'absorbance de l'échantillon à 120 min.</p> <p>-Tous les échantillons ont été analysés en trois exemplaires.</p>
<p>Analyse LC-ESI-MS/MS</p>	<p>Les analyses LC-MS ont été effectuées sur un système analytique comprenant un échantillonneur automatique Surveyor, une pompe binaire de la série 1100 (Agilent Technologies, Palo Alto, CA) et un détecteur DAD Spectra system LP6000.</p> <p>-Le contrôle UV a été effectué à 280 nm.</p> <p>-Le spectromètre de masse était un piège à ions LCQ Deca (ThermoFinnigan) équipé d'une source d'ionisation par électrospray (ESI).</p> <p>-L'effluent entier du détecteur UV-Visible a été injecté dans la source du spectromètre de masse, sans fractionnement.</p>

-Trois microlitres d'échantillon (filtrés à travers une membrane filtrante Millipore de 0,45 μ m) ont été injectés sur une colonne Zorbax Eclipse XDB-C18 (2,1 150 mm, 3,5 μ m, Agilent Technologies) et le débit d'entrée a été maintenu à 0,2 ml min⁻¹.

-La phase mobile était constituée d'un mélange de solvant A (acide formique à 0,1 %) et de solvant B (acétonitrile/0,1 % d'acide formique).

-Les solvants ont été filtrés à travers une membrane PTFE de 0,45 μ m. Les solvants ont été dégazés en continu par barbotage d'hélium. Le gradient linéaire suivant a été appliqué : 0-5 min, 91% A ; 5-15 min, 84 % A ; 15-48 min, 50 % A ; et 48-51 min, 10 % A. Pour la source ESI, les conditions appliquées à l'entrée étaient les suivantes : tension de la source, 4,7 kV ; tension du capillaire, 70 V ; température du capillaire, 240 °C ; les débits de la gaine et du gaz auxiliaire étaient respectivement de 67 et 5 (unités arbitraires).

-Le spectromètre de masse fonctionnait en mode ion négatif.

-Les spectres MS² ont été acquis automatiquement dans un mode de balayage dépendant des données qui utilisait les critères du balayage MS précédent pour sélectionner l'ion précurseur cible qui serait soumis à la fragmentation MS/MS.

-L'identification a été réalisée par la comparaison des spectres de masse obtenus par LC-ESI-MS/MS et les ions pseudo-moléculaires par balayage complet ESI(-)MS à balayage complet avec ceux des étalons authentiques (lorsqu'ils étaient disponibles) et/ou ceux trouvés dans la littérature pour les produits commerciaux.

et/ou ceux trouvés dans la littérature pour les produits commerciaux et isolés.

-Le spectromètre de masse à piège à ions fonctionnait dans la gamme de masse m/z 50-2000.

Partie de la plante	Feuilles	Tiges	Racine
Composant majoritaire	Procyanidines B2 (-)Epicatéchine Trimer de procyanidine sorhamnetin glucoside glucosyl-rhamnoside de sorhamnétine	(+)-catéchine Epiafzélechine-épicatéchine Epiafzélechine-épiapfzélechine-épicatéchine	Inconnu

Annexe 02: Purification et identification des composants antibactériens actifs de *Carpobrotus edulis* L. (Van Der Watt et Pretorius,2001).

La partie de la plante	Feuille
Region	ont été collectées à Bloemfontein, en Afrique du Sud.
Methode	Le matériel foliaire fraîchement collecté a été séché dans un four à 60°C pendant 7 jours, broyé en une fine poudre et stocké dans des bouteilles hermétiques Scott Duran à l'abri de l'air. Scott Duran à 4°C.
Préparation d'extraits bruts éthanoliques et	-Six cents millilitres d'éthanol absolu, contenant 10 mM d'acide ascorbique, ont été ajoutés à 200 g de matériel végétal sec, agités pendant une heure pour éliminer tous les phénols de faible poids moléculaire et centrifugés à 15 000 r.p.m. pendant 10 minutes à température ambiante. -Le surnageant éthanolique a été décanté et conservé pour une utilisation ultérieure.

méthanoliques bruts	<p>-Le culot a ensuite été extrait quatre fois avec 150 ml de méthanol, contenant 10 mM d'acide ascorbique, et filtré sous vide à travers un papier filtre Schleicher et Schuell 595.</p> <p>-Après chaque extraction, qui a duré une heure, les échantillons ont été de nouveau centrifugés à 15 000 r.p.m. pendant 10 minutes et le surnageant méthanolique contenant les tanins a été décanté.</p> <p>-Un volume égal d'acétate de sodium 0,05 M (pH=4) a ensuite été ajouté à l'extrait méthanolique.</p> <p>-Le méthanol a été complètement éliminé par évaporation à 30°C à l'aide d'un Buchi Rotavapor et l'extrait méthanolique mis en commun a été fractionné.</p>
Fractionnement de l'extrait méthanolique par chromatographie liquide-liquide et élimination des tanins	<p>-L'extrait méthanolique contenant des tanins a été fractionné trois fois avec de l'acétate d'éthyle dans un rapport 1:1 (v/v) sur un agitateur mécanique.</p> <p>-La phase aqueuse inférieure et la phase supérieure d'acétate d'éthyle ont été conservées et examinées pour une éventuelle activité antibactérienne.</p> <p>-La phase aqueuse a été évaporée sous vide à 30°C jusqu'à un volume d'environ 20 ml, après quoi de l'éthanol absolu a été ajouté jusqu'à une concentration finale de 80 % d'éthanol.</p> <p>-Cette dernière phase aqueuse éthanolique a ensuite été appliquée à 20 g de Sephadex LH 20, dans un entonnoir en verre fritté grossier, préalablement équilibré dans de l'éthanol à 80 %.</p> <p>-En utilisant une aspiration très douce (1 atmosphère), le liquide a été lentement retiré des billes de Sephadex sous vide tout en agitant doucement avec une tige de verre.</p> <p>-Les tanins se sont adsorbés sur les billes de Sephadex LH 20 (Hagerman, 1998) et tous les composés, à l'exception des tanins, ont été éliminés par un lavage doux avec de l'éthanol à 95 % et le filtrat a été recueilli.</p> <p>-Les tanins ont ensuite été éliminés en lavant le Sephadex avec de l'acétone à 50 %.</p>

	<p>-Tous les filtrats ont été évaporés à 30°C et testés pour leur activité antibactérienne. Seule la fraction bioactive a été purifiée en profondeur.</p>
Activité antimicrobienne	<p>L'activité antibactérienne a été évaluée qualitativement au moyen de la technique d'essai de diffusion sur plaque de gélose</p> <p>-La gélose à comptage de plaques (PGA) a été utilisée pour les cultures bactériennes de l'organisme testé, <i>Moraxella catarrhalis</i>, et les cultures mères de bactéries pathogènes pour l'homme ont été maintenues sur des géloses nutritives (NA) à 4°C. Des plaques de gélose contenant 1 ml (10⁶ bactéries/ml) d'une culture de bouillon d'une nuit ont été préparées.</p> <p>L'extrait brut et les fractions semi-purifiées ont été dosés sous forme de suspensions aqueuses dans 10 % de DMSO à une concentration de 50 mg cm⁻³ en transférant un maximum de 40 µl dans des trous de 5 mm pratiqués dans la gélose à l'aide d'un perce-bouchon stérile. avec une mèche de liège stérile. Les composés purs ont été testés à 10 mg/ml. Une solution de DMSO à 10 % (v/v) a été utilisée comme contrôle négatif, tandis que trois contrôles positifs (10 µg d'ampicilline, 30 µg de chloroamphénicol et 10 unités de pénicilline) ont également été utilisés. Les plaques ont été incubées à 35°C pendant 24 heures. Les zones d'inhibition ont été mesurées et utilisées comme indicateur qualitatif de l'activité antibactérienne.</p>
Composant	<p>La rutine, la néohespéridine, l'hyperoside, la cactichine et l'acide férulique. Le sixième composé, également un flavanoïde, n'a pas été identifié.</p>

Annexe 03 : profilage de la composition chimique et activité antifongique de l'huile essentielle et des extraits végétaux des feuilles de *mesembryanthemum edule* (L.) Bolus. (Omoruyi *et al.*, 2014).

Partie de la plante	Feuille
Préparation des extraits	Les feuilles collectées ont été soigneusement lavées à l'eau distillée, hachées et séchées au four à environ 40°C pendant 48 heures, puis réduites en poudre fine. Deux cent cinquante grammes de poudre de feuilles ont été extraits sur un agitateur orbital pendant 48 heures, avec 2 litres d'hexane, d'acétone, d'éthanol ou d'eau distillée, respectivement. Les extraits ont été filtrés à l'aide d'un entonnoir Buchner et d'un papier filtre Whatman n° 1. Le filtrat a été filtré à nouveau à l'aide d'un coton stérile. Les filtrats d'hexane, d'acétone et d'éthanol ont été évaporés jusqu'à siccité sous pression réduite à l'aide d'un évaporateur rotatif à 50°C, tandis que le filtrat aqueux a été lyophilisé. Les rendements des extraits d'hexane (12 g), d'acétone (18 g), d'éthanol (8,4 g) et d'eau (7,6 g) ont été enregistrés. Chaque extrait a été remis en suspension dans son solvant respectif afin d'obtenir la concentration requise pour cette étude et ont été utilisés immédiatement.
Huile essentielle	L'huile volatile des feuilles fraîches (1000 g) a été extraite pendant 3 heures à l'aide d'un hydrodistillateur (appareil de type Clevenger) dans un ballon à fond rond de 5 L équipé d'un condenseur.
Les composés majeurs de l'huile essentielle	Tetracosaméthylcyclodécaasiloxanes , tétradécaméthylcycloheptasiloxane , l'octadécane , néphthalène , l'eicosane.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تحليل الأنشطة البيولوجية والمركبات الكيميائية وعلم السموم لنبات "أصابع الزينب"، تمتد الدراسة لتشمل مجموعة متنوعة من القدرة النشاطية، مثل النشاط المضادة للبكتيريا والفطريات، ومضادات الأكسدة، والمضادة للالتهابات، ومضادات الانتشار، والنشاط العصبي، والمضاد للسكري. تتضمن أهداف البحث تحديد المركبات الكيميائية النشطة الموجودة في النبات، وتقييم تأثيراتها على الأنشطة المذكورة، ودراسة علم السموم المرتبط بالنبات. من خلال دراسة الأنشطة البيولوجية، أثبتت هذه الدراسة وجود استخدامات متعددة لنبات "أصابع الزينب" في الطب التقليدي، خاصة في علاج الأمراض الجلدية. إن وجود هذه الاستخدامات يعزز من قيمة الدراسة ويبرز إمكانيات استخدامات هذا النبات في مجالات متعددة. و بذلك توسيع فهمنا للفوائد الصحية المحتملة لـ "أصابع الزينب" واستخداماتها الممكنة في مجال التجميل والعناية بالجسم، من خلال فحص تأثيرها على السمية. كما تسلط الدراسة الضوء على الجانب الغذائي للنبات والفوائد التي يمكن أن يقدمها في دعم الصحة والعافية.

كلمات مفتاحية: أصابع الزينب، الأنشطة البيولوجية، الطب التقليدي، الجانب الغذائي .

Abstract

The objective of this study is to analyze the biological activities and chemical compounds, as well as the toxicology of the plant " *Hottentot fig* ". The study encompasses a variety of activities, such as antibacterial and antifungal activity, antioxidants, anti-inflammatory, anti-proliferative, neurological activity, and anti-diabetic activity. The research objectives include identifying the active chemical compounds present in the plant, evaluating their effects on the mentioned activities, and studying the toxicity associated with the plant. By examining the biological activities, this study has demonstrated the existence of multiple uses of the " *Hottentot fig*" plant in traditional medicine, particularly in the treatment of skin diseases. These uses enhance the value of the study and highlight the potential applications of this plant in various fields. This expands our understanding of the potential health benefits of " *Hottentot fig*" and its possible uses in the fields of beauty and body care, by examining its impact on toxicity. The study also sheds light on the nutritional aspect of the plant and the benefits it can offer in supporting health and well-being.

Keywords: *Hottentot fig*, biological activities, traditional medicine, nutritional aspect.

Résumé

L'objectif de cette étude est d'analyser les activités biologiques et les composés chimiques ainsi que la toxicologie de la plante "*Carpobrotus edulis*". L'étude englobe une variété d'activités, telles que l'activité antibactérienne et antifongique, les antioxydants, les anti-inflammatoires, les anti-prolifératifs, l'activité neurologique et anti-diabétique. Les objectifs de la recherche incluent l'identification des composés chimiques actifs présents dans la plante, l'évaluation de leurs effets sur les activités mentionnées, et l'étude de la toxicologie associée à la plante. En examinant les activités biologiques, cette étude a démontré l'existence de multiples utilisations de la plante "*Carpobrotus edulis*" dans la médecine traditionnelle, notamment dans le traitement des maladies de la peau. Ces utilisations renforcent la valeur de l'étude et mettent en lumière les possibilités d'utilisation de cette plante dans divers domaines. Cela élargit notre compréhension des avantages potentiels pour la santé des "*Carpobrotus edulis*" et de leurs applications possibles dans les domaines de la beauté et des soins corporels, en examinant leur impact sur la toxicité. L'étude met également en évidence l'aspect nutritionnel de la plante et les avantages qu'elle peut apporter pour soutenir la santé et le bien-être.

Mots-clés : *Carpobrotus edulis*, activités biologiques, médecine traditionnelle, aspect nutritionnel.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA



Fiche technique présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master dans le cadre du décret ministériel 1275

Diplôme - Start-up / Diplôme - Brevet

Intitulé

**Formulation d'une gamme des produits
cosmétique bio à base d'une plante médicinale
pour traiter les maladies dermatologiques**



Le nom commercial :

PRETTYWAL

Année universitaire : 2022 /2023

Fiche d'informations

À propos de l'équipe de supervision et de l'équipe de travail

1. Equipe d'encadrement

L'encadrant principal	Spécialité
DEHIMAT Abdelouahab	Biotechnologie

2. Equipe de travail

Nom et prénom	Spécialité	Faculté
KHALFA Asma	Biochimie applique	Faculté des sciences
MOHAMMED SAID Loubna	Biochimie applique	Faculté des sciences
DEHIMAT Abdelouahab	Biotechnologie	Faculté des sciences

Présentation du projet

1) Idée de projet :

Nous opérons dans le domaine de la fabrication de produits de beauté naturels et Bio pour traiter les maladies dermatologiques et pour prendre soin de la peau et des cheveux. L'origine de notre concept remonte à l'utilisation de cette plante dans le cadre du savoir-faire de la médecine traditionnelle par nos grands-mères, où elle a prouvé son efficacité pour résoudre divers problèmes dermatologiques. Cette idée trouve ses racines dans notre intérêt grandissant pour les soins personnels et la santé humaine. Nous avons puisé notre vision de cette histoire riche, en combinant la sagesse traditionnelle avec les découvertes scientifiques contemporaines, pour offrir des produits de haute qualité et à l'efficacité prouvée. Ainsi, nos produits allient les traditions anciennes et les avancées modernes, ce qui en fait un choix idéal pour les soins personnels et la préservation de la santé de la peau.

Nous travaillons sur la création d'une gamme diversifiée de produits, comprenant un shampooing sans sulfates, une crème hydratante éclaircissante, un exfoliant capillaire, un masque éclaircissant, un après-shampooing, une eau micellaire et un gommage éclaircissant. Chaque produit sera soigneusement conçu et développé en utilisant des ingrédients naturels et Bio extraits de la plante, garantissant ainsi des produits de haute qualité et efficaces pour nos clients, en mettant l'accent sur l'amélioration de l'état de la peau et la résolution des maladies dermatologiques.

Les étapes de mise en œuvre du projet incluent la collecte et la préparation des ingrédients, la conception et le développement des recettes, ainsi que la réalisation de tests et d'enquêtes pour garantir la qualité et l'adéquation des produits aux besoins des clients. Les opérations de fabrication, d'emballage et d'étiquetage seront également effectuées dans nos installations équipées des dernières technologies.

Notre équipe se compose de deux partenaires enthousiastes et spécialisés dans les domaines de la fabrication et des soins personnels. Nous nous engageons à développer et produire nos produits en respectant des normes élevées de qualité et d'efficacité. Nous travaillons avec sérieux et dévouement pour offrir nos meilleurs produits à nos clients, en incarnant la vision et les objectifs qui guident nos efforts.

Le projet sera réalisé dans nos propres installations, où les ingrédients seront assemblés, les produits fabriqués, puis soigneusement emballés. Nous nous efforcerons de fournir des produits

exceptionnels et efficaces à nos clients sur le marché, contribuant ainsi à améliorer naturellement et efficacement l'état de la peau et des cheveux tout en résolvant les maladies dermatologiques.

2) Valeurs proposées :

-Innovant: Une nouvelle formulation d'une gamme cosmétiques.

-Un accès facile: Mettre les bienfaits de cette plante dans des produits, accessibles à des personnes qui n'avaient auparavant pas accès à cette plante.

-Economique et moins couteux: Les ingrédients locaux et en s'appuyant sur une technologie de pointe.

-Actifs: A base d'une plante médicinale qui regorge de nombreux nutriments bénéfiques pour la sante notamment la peau et les cheveux efficace en médecine traditionnelle est étudiée et testée en laboratoire.

-Facilite d'utilisation: Sous forme de 7 produits pour application sur la peau et les cheveux

-Naturel et Bio: Sans effet indésirable en raison de sa composition 100% naturelle et Bio.

-Multifonctionnel: Notre gamme PRETTYWAL, Eclaircissant, Hydratante, Nourrit la peau, Anti-Cicatrisation, Traiter des maladies dermatologiques.

3) Équipe de travail :

Nous sommes une équipe spécialisée et passionnée travaillant sur le projet "PRETTYWAL" dans le domaine de la fabrication de produits naturels et biologiques pour les soins personnels. Notre équipe se compose de trois partenaires, alliant nos différentes expertises pour garantir le succès et l'excellence du projet.

Asma KHALFA , j'ai une vaste expérience dans le domaine de la fabrication et de la gestion des opérations de production. Je suis titulaire d'une licence en biochimie et je suis actuellement étudiante en biologie appliquée à la biochimie. J'ai également suivi une formation spécialisée dans la fabrication de produits de beauté naturels et Bio modernes.

- Mes responsabilités englobent la conception et le développement des processus de production, la garantie de la qualité des produits ainsi que l'atteinte de l'efficacité de la production et des coûts.

Loubna MOHAMMED SAID, Etudiante en biologie appliquée à l'Université Mohamed Boudiaf de M'sila, titulaire d'une licence en biochimie, elle a suivi une formation dans le domaine de la fabrication et de la production de cosmétiques naturels.

- Mes responsabilités comprennent plusieurs tâches diverses, notamment la programmation, le marketing et le conseil, en tenant compte des normes de qualité et de sécurité pour atteindre le succès souhaité et répondre aux besoins des clients.

Abdelouahab DAHIMAT, possède une solide expérience dans la recherche et le développement, ainsi qu'une spécialisation en chimie organique. Il détient un magistère en ingénierie de la chimie biologique et biotechnologie, ainsi qu'un doctorat en biochimie et en ingénierie biologique et biotechnologique. Il a également acquis une expertise dans l'utilisation de logiciels tels qu'ImageJ et Imaris, ainsi que dans les techniques d'imagerie telles que la microscopie Raman et la microscopie de fluorescence. Il a mené de nombreuses recherches approfondies sur les plantes et leurs extraits.

- Son rôle comprend l'analyse et l'évaluation des composants végétaux ainsi que le développement de formulations uniques pour nos produits.

Nous travaillons en coordination et avec une organisation précise pour maximiser le potentiel de notre équipe. Les tâches et les responsabilités sont réparties de manière à couvrir efficacement tous les aspects du projet. Nous échangeons régulièrement nos connaissances et nos expertises, et bénéficions de formations et d'ateliers pour développer nos compétences et nos connaissances.

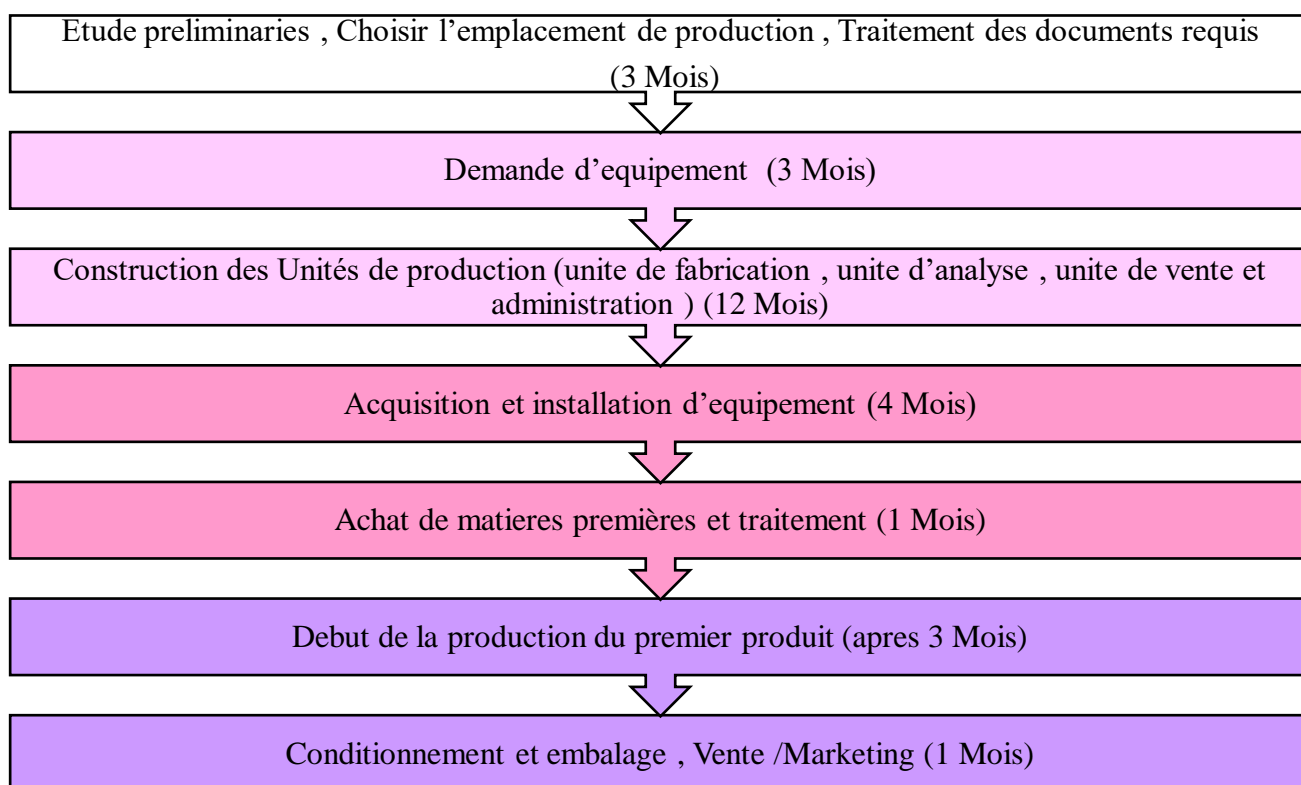
Nous utilisons divers moyens de communication et d'interaction au sein de l'équipe. Nous organisons régulièrement des réunions pour discuter des progrès et des défis, et utilisons des technologies de communication modernes telles que l'e-mail et les appels vidéo pour rester en contact et échanger des informations rapidement. Nous favorisons un environnement de travail ouvert et collaboratif, où les perspectives diverses sont valorisées et où l'interaction et la participation de tous sont encouragées.

En résumé, nous sommes une équipe solide et collaborative réunissant des compétences et des expertises variées pour atteindre les objectifs de notre projet "**PRETTYWAL**" et offrir des produits de haute qualité et efficaces à nos clients.

4) Les objectifs du projet :

- Nous visons à nous développer sur le marché local et international en construisant la réputation de votre projet et en élargissant la clientèle et la distribution dans de nouvelles zones.
- Optimiser le processus de fabrication et la technologie utilisée pour améliorer la qualité des produits, accroître l'efficacité et réduire les coûts.
- Travailler sur le développement d'un autre produit cosmétique efficace et naturel à base de cette plante et exempts de substances nocives.
- Valorisation des ressources biologiques dans notre région tout en profitant de la richesse et de la biodiversité de notre pays.

5) Un échéancier pour la réalisation du projet :



6) Vue du segment de marché :

- **Le marché potentiel de produits "PRETTYWAL"** englobe l'ensemble des individus et des entreprises à la recherche de produits de soins personnels naturels et Bio de haute qualité, et qui sont soucieux de préserver la santé et la beauté de leur peau et de leurs cheveux. De plus, il inclut ceux qui recherchent des produits exempts de substances chimiques nocives.
- **Le marché ciblé pour le projet "PRETTYWAL"** est constitué d'individus souffrant de diverses maladies dermatologiques et qui souhaitent trouver une solution naturelle à ces maladies. Cela englobe les personnes ayant des problèmes tels que l'acné, les taches pigmentaires, la sécheresse,

les démangeaisons, l'eczéma et d'autres affections cutanées... Ces personnes visent à améliorer l'état de leur peau et à résoudre leurs problèmes cutanés de manière efficace et sûre.

- **Les raisons de choisir ce marché cible sont les suivantes :**

1. La prise de conscience croissante de l'importance des produits naturels et Bio pour les soins personnels, avec un intérêt croissant pour éviter les produits chimiques nocifs.
2. L'augmentation de l'intérêt pour la santé et la beauté naturelles, ainsi que la demande croissante de produits qui préservent la santé de la peau et contribuent au traitement de ses maladies.
3. Le besoin croissant de produits offrant une solution naturelle et efficace aux maladies de peau, les consommateurs recherchant des alternatives sûres aux produits traditionnels.
4. L'orientation des jeunes vers l'utilisation de produits naturels et Bio pour les soins de la peau et des cheveux, soulignant ainsi le besoin urgent de produits de qualité et efficaces.
5. La possibilité de conclure des contrats d'achat avec certains clients importants est envisageable.

Nous sommes déterminés à établir des relations commerciales stratégiques avec nos clients essentiels. Nous sommes prêts à proposer des offres spéciales et des réductions commerciales aux clients qui effectuent des achats en grande quantité, dans le but de répondre à leurs besoins et de satisfaire leurs attentes. Nous accueillons les opportunités de collaboration durable et visons à satisfaire nos clients en offrant une valeur ajoutée à travers nos produits.

7) Mesurer l'intensité de la concurrence:

Fabriquant	L'OREAL ®	Sisley ®	NIVEA ®	Eucerin ®
Photos				
Forces	Laboratoire international	L'ancienneté	- L'ancienneté - Laboratoire international	Produits spécialisés pour les peaux sensibles et les maladies de peau
Faibles	Contient des compositions chimiques qui provoquent une irritation de la peau	Produits d'importation	- Contient des substances qui causent la peau sèche. - Produits d'importation	Produits d'importation

- **Points forts de "PRETTYWAL ®" :**

1. La plante utilisée dans notre gamme a des avantages prouvés en médecine traditionnelle et il est scientifiquement prouvé qu'elle est anti-inflammatoire, antibactérienne et antifongique... .
2. Nous avons de l'expérience dans le domaine de la fabrication de cosmétiques et une compréhension approfondie des besoins et des tendances du marché des soins de la peau.
3. Notre concentration sur les ingrédients naturels et durables répond à la demande croissante de produits de soins de la peau sains et respectueux de l'environnement.

- **Points faibles de "PRETTYWAL ®" :**

1. Nous pouvons avoir une concurrence féroce sur le marché des soins de la peau de la part des grandes marques.
2. Un capital limité peut être un obstacle à l'expansion de la production et de la commercialisation.

3. Nous devons peut-être étendre notre réseau de distribution et notre présence dans les canaux de vente appropriés.

Notre stratégie consistera à offrir une qualité supérieure et des produits naturels efficaces pour résoudre les maladies de peau, et à développer une base de clients fidèles en interagissant et en répondant à leurs besoins spécifiques.

11) Prototype expérimental :

