

Université Abdelhamid Ibn Badis-
Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE
Mémoire de fin d'études

Présenté par

CHALABI Houria

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN BIOLOGIE

Spécialité : Biotechnologie et Valorisation des Plantes

THÈME

**Synthèse bibliographique des méthodes
d'extraction des flavonoïdes et leurs
rendements chez les Brassicaceae.**

Soutenue publiquement le 30/06/2020

DEVANT LE JURY

Mr NEBBACHE S.

Président

MCB U. Mostaganem.

Mme MISSOUN F.

Examineur

MCA U. Mostaganem.

Mme SEKKAL F. Z.

Encadreur

MCB U. Mostaganem.

Remerciement

Au terme de ce travail, je tiens à remercier tout d'abord le Bon Dieu tout puissant pour son aide et sa bénédiction.

Mes profondes gratitudee à mon encadreur madame Sekkal F. Z. (MCB), qui a dirigé toujours avec beaucoup de compétence et d'efficacité, en faisant toujours preuve à mon égard de compréhension et de gentillesse. Son expérience, son aide, ses encouragements et ses conseils ont été décisifs dans le développement de ce travail.

Je tiens également à remercier monsieur Nebbache S. (MCB) de l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider le jury.

A madame Missoun F. (MCA), mes sincères remerciements pour avoir bien voulu admettre d'examiner ce travail.

Je tiens à exprimer ma gratitude à Dr Bergheul Saida, Dr Saiah Farida, Dr Badaoui Ikram, Dr Chadri Rabeh, Dr Bouzid Amane et tous les professeurs qui nous ont accompagnés dans notre parcours scientifique.

A tout le personnel de l'Université Abdelhamid ibn Badis.

Et tous ceux dont l'apport a été indispensable au cours de l'élaboration de ce mémoire.

Dédicace

A la mémoire de ceux qui nous ont quittés

*Mon grand-père Chalabi Abd Elkader et mon père "Chalabi Mokhtar
Que dieu puisse leur accorder sa miséricorde et les accueillir dans son vaste
paradis.*

A ma très chère mère

Qui m'a toujours soutenu pendant ces longues années

À mon grand-père, Belarbi Tayeb que Dieu prolonge sa vie et le protège

À ma famille et à tous ceux qui m'ont aidé de près et de loin

*À mes amies Khaldia, Halima et Yasmine l'âme sœur qui a cru en moi et qui
m'a toujours encouragé, avec qui j'ai passé des années inoubliables*

Et à moi même

Houria

Sommaires :

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Table des matières

Résumé

Introduction 1

Chapitre I : Les Flavonoïdes 3

Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les Brassicaceae 14

Chapitre III : Description générale de *Lobularia maritima* 25

Chapitre IV : Méthode de travail et présentation des résultats et discussion 30

Conclusion 38

Références bibliographiques

Liste des abréviations

°C : Degré Celsius

ADN : Acide désoxyribonucléique

AMPc : Adénosine MonoPhosphate Cyclique

APG : Angiosperm Phylogeny Group

ATP : Adenosine triphosphate

C : Carbone

Ca²⁺ : Les ions de calcium

Cd²⁺ : les ions du Cadmium

Cu : le Cuivre

E : Est

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

G : Gramme

GAE : Gallic acid equivalent

h : Heure

HIV : Virus de l'Immunodéficiency Humaine

Kg : Kilogramme

LDH : Lactico-déshydrogénase

µg : microgramme

MeOH : Méthanol

mg : Milligramme

mm : millimètre

min : Minute

N : Nord

Ni²⁺ : les ions du Nickel

SPE : Solid-phase extraction

Zn : Zinc

Zn²⁺ : les ions du Zinc

Liste des figures

Figure 01 : Noyau de FLAVONE (K. Ghedira 2005).	5
Figure 02 : Noyau de FLAVANE (K. Ghedira 2005).	5
Figure 03 : Structures de l'enchaînement benzo-γ-pyrone (K. Ghedira 2005).	5
Figure 04 : pollen tricolporé (Khuroo 2018).	16
Figure 05 : Micrographies de grains de pollen d'<i>Alyssum holdreichii</i> (Pavlova et al. 2014).	16
Figure 06 : diagramme floral (Khuroo 2018).	19
Figure 07 : Étamine « Partie mal » (Khuroo 2018).	19
Figure 08 : fruit en silique (Khuroo 2018).	19
Figure 09 : Silique déhiscent (Khuroo 2018).	19
Figure 10 : Le périanthe (Khuroo 2018).	19
Figure 11 : Inflorescence en corymbe (Khuroo 2018).	19
Figure 12 : <i>Lepidium virginicum</i> (Khuroo 2018).	24
Figure 13 : <i>Brassica rapa</i> (Khuroo 2018).	24
Figure 14 : <i>Nasturtium officinale</i> (Khuroo 2018).	24
Figure 15 : <i>Iberis umbellata</i> (Khuroo 2018).	24
Figure 16 : <i>Brassica napus oleracea</i> (Ghennou et Boufodda 2019).	24
Figure 17 : <i>Raphanus sativus</i> (Ghennou et Boufodda 2019).	24
Figure 18 : <i>Lobularia maritima</i> (Stešević et al. 2008), (Sakkal 2013), (Chalabi 2020).	26
Figure 19 : Limites géographiques de Mostaganem (Khuroo 2018).	29
Figure 20 : Distribution de l'espèce <i>L. maritima</i> (Khuroo 2018).	29
Figure 21 : taux des Polyphénols, Flavonoïdes et activité antioxydante chez « <i>Matricaria, Zilla et Lobularia</i> » (mg/g).	31
Figure 22 : Taux des polyphénols chez <i>Zilla</i> et <i>Lobularia</i> Italie et Mostaganem	31
Figure 23 : Les composants phytochimique de <i>Zilla macroptera</i> et <i>Lobularia maritima</i>.	34

Liste des tableaux

Tableau 01 : Quelques flavonoïdes antimicrobiens (BOUHADJERA 2005).	8
Tableau 02 : Exemples de quelques genres des Brassicaceae (Berregioua 2016).	21
Tableau 03 : Etage de végétation et bioclimatique de la zone d'étude (Benichou 2017).	29
Tableau 04 : Comparaison des résultats phytochimiques sur <i>Matricaria recutita</i> , <i>Zilla macroptera</i> et <i>Lobularia maritima</i> (Guimarães et al. 2013 ; Keffous et al. 2016 ; Marrelli et al. 2020)	32
Tableau 05 : Résultats du screening phytochimique de <i>L. maritima</i> (Ghennou et Boufodda 2019) et <i>Z.macroptera</i> (Berregioua 2016).	33
Tableau 06 : Résultats de l'activité antimicrobienne de <i>L. maritima</i> (Ghennou et Boufodda 2019) et <i>Z.macroptera</i> (Berregioua 2016).	34

Table des matières

Résumé	
Table des matières	
Introduction	1
Chapitre I : Les Flavonoïdes	
I.1. Introduction	3
I.2. Définition	3
I.3. Structure chimique	4
I.4. La Biosynthèse des flavonoïdes	5
I.5. Distribution et localisation	5
I.6. Caractéristiques	6
I.7. Métabolisme	6
I.8. Propriété des flavonoïdes	6
I.8.1. Propriétés antioxydante et anti-radicalaire	6
I.8.2. Propriétés anti-inflammatoires	7
I.8.3. Propriétés anti-cancérigènes	7
I.8.4. Propriétés antivirales et antibactériennes	7
I.8.4.1. Activité antibactérienne	7
I.8.4.2. Activité antivirales	8

I.8.5. Propriétés antimicrobienne	8
I.8.6. Propriétés antiallergiques.....	9
I.8.7. Propriétés anti-ulcéreux	9
I.9. D'autres effets biologiques	9
I.10. Extraction des flavonoïdes.....	10
I.10.1. La macération	10
I.10.2. La décoction.....	11
I.10.3. L'infusion.....	11
I.10.4. L'extraction par l'appareil de Soxhlet	11
I.10.5. Extraction par micro-ondes	12
I.10.6. L'extraction en phase solide	12
I. 11. Toxicité des flavonoïdes.....	12

Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les Brassicaceae

II. 1. Introduction	14
II.2. Origine et classification.....	14
II.3. Position systématique des Brassicaceae	15
II.4. Distribution des Brassicaceae	15
II.5. Caractéristiques	16
II.6. L'appareil végétatif des Brassicaceae.....	17
II.6.A. Caractères végétatifs.....	17

II.6.A.a. Racines	17
II.6.A.b. Tige	17
II.6.A.c Feuilles	17
II.6.B. Caractères floraux	17
II.6.B.a. Inflorescence	17
II.6.B.b. Fleur	17
II.6.B.c. Fruit	18
II.6.B.d. La graine	18
II.6.B.e. Diagramme florale	18
II.7. Relations phylogénétiques	20
II.8. Quelques métabolites secondaires des Brassicaceae	20
II.9. Taxonomie de la tribu	20
II.10. Principaux genres	21
II.11. Usages des Brassicaceae	22
II.11.a. Usage alimentaire	22
II.11.b. Usage industrielle	22
II.11.c. Usage expérimentale	22
II.11.d. Usage thérapeutique des Brassicaceae	22
II.12. Mécanismes de défense	23
II.13. Toxicité	23
II.14. Quelque plantes appartenant à la famille des Brassicaceae	24

Chapitre III : Description générale de *Lobularia maritima*

III.A. Lobularia maritima (L.) Desv.	25
III.A.1. Généralités	25
III.A.2. Morphologie de l'espèce	25
III.A.3. Habitat	25
III.A.4. Caractéristiques	26
III.B. Présentation de la région de Mostaganem	
III.B.1. Situation géographique	27
III.B.2. Géologie	27
III.B.3. Climat de la région	28
III.B.4. Etage de végétation ou zonation altitudinale	28

Chapitre IV : Méthode de travail et résultats

IV.1. Méthode	30
IV. 2. Résultats	
IV.2.a. Dosage des polyphénols, Flavonoïdes et activité antioxydante	31
IV.2.b. Screening phytochimique	33
IV.2.c. Activité antimicrobienne	34
IV.3. Discussion	
IV.3.a. Le taux des composés phénoliques totaux	35
IV.3.b. Le taux des Flavonoïdes totaux	36
IV.3.c. L'activité antioxydante	36

IV.3.d. Screening phytochimique.....	37
IV.3.e. Activité antimicrobienne	37
Conclusion.....	38

Références bibliographiques.

Résumé

Lobularia maritima (L.) Desv. Très abondante en Algérie, est une plante herbacée vivace de la famille des Brassicaceae. Elle pousse à l'état sauvage dans le bassin méditerranéen. Le but de ce travail était de comparer la quantité des flavonoïdes extraites entre *Lobularia maritima* et quelques autres plantes médicinales.

Le présent travail est une étude de synthèse sur un screening phytochimique des phénols totaux, sur des flavonoïdes comme étant la classe la plus importante de la famille des polyphénols et sur l'activité antioxydante.

Cette étude concerne trois extraits de plante. L'extraction se fait par deux méthodes « décoction et macération », le premier est un extrait méthanolique obtenu par décoction de *Matricaria recutita* qui est une Asteraceae, le deuxième extrait aqueux par décoction de *Zilla macroptera* et le troisième extrait méthanolique obtenu par macération de *Lobularia maritima* qui toute les deux sont des Brassicaceae.

Les résultats de recherche montre que l'espèce *M. recutita* a des teneurs en composés phénoliques totaux de 3,99 g/ 100g poids sec, en flavonoïdes 2,59 g/ 100 g poids sec et qu'elle a une activité antioxydante de $344.02 \pm 18.65 \mu\text{g/ml}$. L'extrait aqueux de *Z. macroptera* a montré que le taux des composés phénoliques totaux est de $89 \pm 2,46 \mu\text{g/mg}$. Il est encore plus faible pour les flavonoïdes totaux $12.99 \pm 0.67 \mu\text{g/mg}$. L'activité antioxydante du même extrait aqueux est de $0,26 \pm 0,04 \text{ mg/ml}$.

Enfin *L. maritima* a montré une teneur de $86,2 \pm 0,8 \text{ mg/g}$ en phénols et un taux égales à $17,85 \pm 0,04 \text{ mg/g}$ en flavonoïdes. Son activité antioxydante est de $937,70 \pm 8,07 \mu\text{g/ml}$. Les différentes méthodes comparées donnent des teneurs très variables en flavonoïdes et en composés phénoliques et par conséquent des activités antioxydantes différentes.

Mots Clés

Lobularia maritima, *Zilla macroptera*, *Matricaria recutita*, Extrait aqueux, Extrait organique, Rendement, Flavonoïdes, Brassicaceae, Méditerranée.

ملخص

لوبيلاريا ماريتيما وفيرة جدا في الجزائر، وهي نبات عشبي معمر من عائلة الكرنبية. ينمو البرية في حوض البحر الأبيض المتوسط. الهدف من هذا العمل، هو مقارنة كمية الفلافونويد المستخلصة بين لوبيلاريا ماريتيما وبعض النباتات الطبية الأخرى.

هذا العمل عبارة عن دراسة استنتاجية عن فحص كيميائي نباتي لإجمالي الفينولات، وعلى مركبات الفلافونويد باعتبارهم أهم فئة من عائلة البوليفينول وأيضا على النشاط المضاد للأكسدة.

تتناول هذه الدراسة ثلاثة مستخلصات نباتية. يتم الاستخلاص بطريقتين "الإغلاء والنقع"، الأولى هي مستخلص ميثانولي تم الحصول عليه عن طريق الإغلاء من ماتريكاريا ريكوتيتا وهي أستراسيا، والمستخلص المائي الثاني عن طريق الإغلاء من زيلا ماكروبتيرا والمستخلص الميثاني الثالث الذي تم الحصول عليه عن طريق تسكين لوبيولاريا ماريتيما وكلاهما من عائلة الكرنبية.

شير نتائج البحث إلى أن النوع م. ريكوتيتا يحتوي على إجمالي محتويات الفينول من 3.99 جم / 100 جم من الوزن الجاف، والفلافونويد 2.59 جم / 100 جم من الوزن الجاف ولها نشاط مضاد للأكسدة 18.65 ± 344.02 ميكروجرام / مل، وقد أظهر المستخلص المائي ل. ز. ماكروبتيرا أن مستوى إجمالي المركبات الفينولية هو 2.46 ± 89 ميكروجرام / ملغم. وهو أقل حتى بالنسبة للفلافونويد الكلي 0.67 ± 12.99 ميكروجرام / ملغم. النشاط المضاد للأكسدة من نفس المستخلص المائي هو 0.04 ± 0.26 ملغم / مل.

وأخيراً، أظهر محتوى ل. ماريتيما 0.8 ± 86.2 مجم / جم من الفينولات ومستوى يساوي 0.04 ± 17.85 مجم / جم من مركبات الفلافونويد. نشاطها المضاد للأكسدة هو 8.07 ± 937.70 ميكروجرام / مل. الطرق المختلفة تعطي مستويات مختلفة جدا من مركبات الفلافونويد والمركبات الفينولية وبالتالي الأنشطة المختلفة المضادة للأكسدة.

الكلمات الدالة

لوبيلاريا ماريتيما، زيلا ماكروبتيرا، ماتريكاريا روكوتيتا، مستخلص مائي، مستخلص عضوي، محصول، فلافونيدات، الكرنبية، البحر الأبيض المتوسط.

Abstract

Lobularia maritima (L.) Desv. Very abundant in Algeria, is a perennial herbaceous plant of the family Brassicaceae. It grows wild in the Mediterranean basin. The aim of this work was to compare the quantity of flavonoids extracted between *Lobularia maritima* and some other medicinal plants.

The present work is a synthesis study on a phytochemical screening of total phenols, on flavonoids as the most important class of the polyphenol family and on antioxidant activity.

This study concerns three plant extracts. The extraction is done by two methods "decoction and maceration", the first is a methanolic extract obtained by decoction of *Matricaria recutita* which is an Asteraceae, the second aqueous extract by decoction of *Zilla macroptera* and the third methanolic extract obtained by maceration of *Lobularia maritima* which are both Brassicaceae.

The research results show that the *M. recutita* species has total phenolic compound contents of 3.99 g/ 100 g dry weight, flavonoids 2.59 g/ 100 g dry weight and has an antioxidant activity of 344.02-± 18.65 µg/ml. The aqueous extract of *Z. macroptera* has shown that the level of total phenolic compounds is 89 ± 2.46 µg/mg. It is even lower for total flavonoids 12.99±0.67 µg/mg. The antioxidant activity of the same aqueous extract is 0.26 ± 0.04 mg/ml.

Finally, *L. maritima* showed a content of 86.2 ± 0.8 mg/g of phenols and a level equal to 17.85 ± 0.04 mg/g of flavonoids. Its antioxidant activity is 937.70 ± 8.07 µg/ml. The different methods compared give very different levels of flavonoids and phenolic compounds and therefore different antioxidant activities.

Keywords

Lobularia maritima, *Zilla macroptera*, *Matricaria recutita*, Aqueous extract, Organic extract, Yield, Flavonoids, Brassicaceae, Mediterranean Sea.

Introduction Générale

La valorisation des plantes est l'une des approches scientifiques auxquelles s'intéressent un bon nombre de scientifiques. Des éléments vitaux de la phyto diversité, servant essentiellement au bien être humain sont étudiés (Ngene et al. 2015).

L'un de ces éléments est les flavonoïdes, qui sont des pigments naturels présents dans les plantes telles que les légumes et les fruits. Les plantes rassemblent aussi, une très large gamme de composés polyphénoliques (Ribéreau-Gayon 1973 ; Bruneton 2009).

Les plantes à flavonoïdes protègent le corps contre les dommages causés par les agents oxydants (Martinez-Florez et al. 2002). Ils sont également reconnus pour leurs nombreuses activités biologiques, tel que les activités antiallergiques, antivirales et anti-inflammatoires (Van Hoof 1984 ; Brasseur 1989). Ces activités sont en général attribuées à leur capacité à piéger les radicaux libres (Marfak 2003 ; Ngene et al. 2015).

Les Crucifères constituent un groupe de plante reconnu riche en flavonoïdes. C'est une famille homogène appelée maintenant les *Brassicaceae*, qui est l'un des principaux groupes du règne végétal (Candolle 1821 ; Murat et al. 2015). Ce sont des plantes annuelles ou vivaces rarement arbustives et terrestres (Ghennou et Boufodda 2019). Ils ont montré des effets prometteurs sur la prévention des maladies chroniques telles que le cancer et les maladies auriculaires et neurodégénératives (Berreghioua 2016 ; Takahashi et Satoh 2013 ; Gall et Rajakaruna 2013).

Lobularia maritima Desv. est un exemple de *Brassicaceae* qui fera l'objet d'analyse dans ce travail. C'est une espèce de plante à petites fleurs blanches connue sous le nom d'alyssum ou alyssum doux. Elle fait partie des plantes médicinales qui ont un pouvoir thérapeutique très important du fait de la présence de certains métabolites secondaires tels que les flavonoïdes (Tatsuzawa et al. 2010 ; Ghennou et Boufodda 2019).

Marrelli et al. (2020), Keffous et al. (2016), Hsouna et al. (2019) et Ghennou & Boufodda (2019) sont les rares travaux réalisés sur la composition phytochimique et les activités biologiques de *Lobularia maritima* en Méditerranée.

La région de Mostaganem correspond à une des zones du nord algérien (Benichou 2017), qui se caractérise par un climat semi-aride à hiver tempéré (Megherbi 2015) où la plante *Lobularia maritima* est très abondante.

Dans ce présent travail nous sommes intéressés à faire une synthèse comparative entre les études citées plus haut pour identifier la technique la plus efficace à faire extraire les

polyphénols et les flavonoïdes toutes on comparant les rendements de ces derniers. Le but est aussi de comparer la quantité des flavonoïdes entre *Lobularia maritima* et quelques plantes médicinales et qui appartiennent à la même famille des Brassicaceae. Un exemple de plante hors Brassicaceae sera traité à titre comparatif. L'étude est basée essentiellement sur la richesse remarquable en métabolites secondaires de cette famille ayant un grand intérêt biologique.

La recherche bibliographique menée sur la famille des Brassicaceae a montré que les métabolites secondaires de cette famille sont peu étudiés. Cela là, nous a incités à choisir ce thème pour notre travail.

Le manuscrit ce compose de quatre chapitres :

Les trois premiers chapitres porteront sur la présentation générale des flavonoïdes, quelques généralités sur la famille des Brassicaceae, la description générale de l'espèce étudiée et la région de Mostaganem ;

Suivie par une étude de synthétique entre quelques articles afin de comparer le taux des flavonoïdes, le taux des composes phénolique totaux et l'activité antioxydante et antibactérienne chez *Lobularia maritima* et *Zilla macroptera* espèce de la même famille et une autre espèce de la famille des Asteraceae.

Enfin, une discussion est donnée pour expliquer les résultats en se référant à plusieurs articles signalés dans ce sens.

Chapitre I

Les Flavonoïdes

I.1. Introduction

Les flavonoïdes sont répandus dans tout le règne végétal (**Hostetler, Ralston, et Schwartz 2017**), ils constituent un groupe de plus de 6000 composés naturels qui sont quasiment universels chez les plantes vasculaires. Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange et rouge de différents organes végétaux (**Ghedira 2005**).

Le terme flavonoïde désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols (**Benguerba 2008**). Ils constituent un des deux principales classes de polyphénols de par le nombre de composés et l'importance des apports alimentaires (**Achaintre 2017**).

Les flavonoïdes jouent un rôle très important dans la croissance des plantes, la floraison, la fructification et la défense contre les maladies et les microorganismes. Ils ont également un rôle très important pour la santé humaine (**Rice-Evans, Miller, et Paganga 1996**), à titre d'exemple ils sont efficaces pour l'inflammation chronique, les maladies allergiques, les maladies coronariennes et le cancer (**Marston et Hostettmann 2006**). Ils participent à la protection contre les facteurs biotiques et abiotiques nocifs, y compris le rayonnement solaire excessif et la température, principalement en éliminant les radicaux libres (**Mierziak et al. 2014**).

Ils sont considérés comme des pigments quasi universels des végétaux (**Bohm 1998 ; Kurt et Evans 1998 ; Joung et al. 2003 ; Michalik 2010**). Structuralement les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes de molécules, dont les plus importantes sont les flavones, les flavonols, les flavanones, les dihydroflavonols, les isoflavones, les isoflavanones, les chalcones, les aurones, les anthocyanes et les tanins. Ces diverses substances se rencontrent à la fois sous forme libre ou sous forme de glycosides. Ils se trouvent, en générale, dans toutes les plantes vasculaires, où ils peuvent être localisés dans divers organes tel que les racines, les tiges, le bois, les feuilles, fleurs et fruits et dans le miel (**Benguerba 2008**).

I.2. Définition

Le terme flavonoïde provient du latin flavus signifiant jaune, La présence de flavonoïdes a été révélée dans le zeste du citron par les travaux du Hongrois Szent –Gyogyi en (**1936 ; 1937**) sur le scorbut. Avant lui, la première substance flavonoïde obtenue à l'état pur, le morin a été isolée par Chevreul en (**1814**). Le terme "flavonoïde" provient du nom flavedo correspondant à la couche externe des écorces d'orange, Ce terme désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols (**Kenza et Merbouha 2019**).

Les flavonoïdes sont des métabolites secondaires correspondant aux polyphénols (de Queiroz Ferreira et al. 2015; Li et al. 2017; Shoaib et al. 2017), présents en abondance dans les plantes (Grace et Logan 2000; Tounekti, Hernández, et Munné-Bosch 2013; Afzal et Alvina 2014), alors que dont la synthèse n'est pas effectuée dans l'organisme humain (Almeida et Santos 2018).

Ils sont largement distribués dans le règne végétal comme des pigments hydrosolubles responsables de la couleur des végétaux (Hachemaoui et Oumbiche 2013) et on les retrouve également dans les exsudats foliaires et les parties florales des plantes (Grace et Logan 2000 ; Tounekti, Hernández, et Munné-Bosch 2013) sous forme d'aglycones ou de glycosides dans de nombreux fruits et légumes (De Queiroz Ferreira et al. 2015 ; Li et al. 2017 ; Almeida et Santos 2018). Ils sont stockés dans la vacuole des plantes sous forme de glycosides (Grace et Logan 2000 ; Tounekti, Hernández, et Munné-Bosch 2013).

Ils sont définis comme des composés polyphénoliques en raison de leur structure chimique qui contient deux cycles phényle liés par un pont propane, ce qui donne le squelette flavanique caractéristique à 15 carbones (C6 – C3 – C6) (Sirisha, Jain, et Jain 2016).

I.3. Structure chimique

Les flavonoïdes sont des dérivés du noyau **flavone** ou **2-phenyl chromone** (Fig. 1) portant des fonctions phénols libres, éthers ou glycosides et/ou le noyau FLAVONE est lui-même un dérivé du noyau FLAVANE de base (Fig.2). Les flavonoïdes sont donc des polyphénols complexes dont la structure est constituée de deux noyaux aromatiques « noyaux A et B » et d'un hétérocycle oxygéné « cycle C » (Benguerba 2008).

Ils sont divisés en six sous-classes : flavones, flavonols, flavanones, catéchines ou flavanols, anthocyanidines et isoflavones (Weng et Yen 2012).

Tous les flavonoïdes dérivent de l'enchaînement benzo- γ -pyrone (Fig. 3) et peuvent être classés selon la nature des différents substituants présents sur les cycles de la molécule et du degré de saturation du squelette benzo- γ -pyrone. Au sens strict, ils sont des composés dont la substitution par un noyau benzénique se fait en position 2. Les composés présentant une substitution en position 3 sont : « Flavones ; Flavonols ; Flavanones » (K. Ghedira 2005).

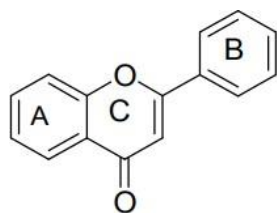


Fig. 1 : Noyau de Flavone
(K. Ghedira 2005)

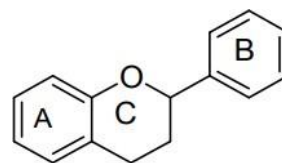


Fig. 2 : Noyau de Flavane
(K. Ghedira 2005)

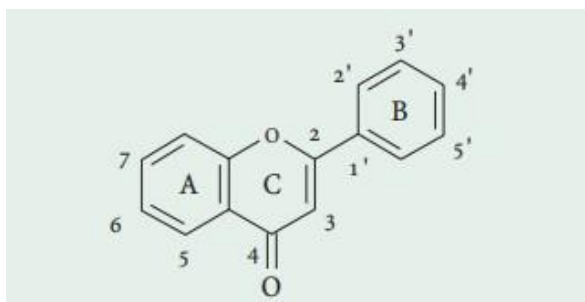


Fig. 3 : Structures de l'enchaînement benzo- γ -pyrone (K. Ghedira 2005)

I.4. La Biosynthèse des flavonoïdes

Les flavonoïdes possèdent le même squelette car ils dérivent d'une origine biosynthétique commune. Le cycle A est formé à partir de trois molécules de malonylcoenzyme A, alors que le cycle B provient de la *p*-coumaroyl-coenzyme A issue de la phénylalanine. Ainsi deux chalcones sont obtenues. Celles-ci permettront ensuite, via différentes réactions enzymatiques, la synthèse des différentes classes de flavonoïdes (Pessel 2013).

La teneur en flavonoïdes dans les plantes peut être augmentée par la surexpression d'un ou de plusieurs gènes impliqués dans la biosynthèse des flavonoïdes et/ou en augmentant leur stabilité (Mierziak et al. 2014).

Enfin, des enzymes réalisant des réactions de substitution, telles que les méthylases, les acétyltransferases, et les glycosyltransferases, permettent de différencier les flavonoïdes au sein de chaque classe, ce qui détermine leurs propriétés chimiques et biologiques (Pessel 2013).

I.5. Distribution et localisation

Les flavonoïdes sont largement abondants dans les légumes à savoir feuilles de salade, choux, épinards, etc., ainsi que dans les téguments externes des fruits. Récemment, de nombreux travaux ont montré que certains fruits et légumes sont très riches en flavonols, flavones et flavanones (Benguerba 2008).

I.6. Caractéristiques

Les flavonoïdes sont des composés naturels qui sont universellement présents dans le règne végétal (**Michael GL Hertog, Hollman, et Katan 1992 ; Luo, Shang, et Li 2017**).

La plupart des flavonoïdes, à l'exception de la sous-classe des catéchines, sont présents dans les plantes liées aux sucres sous forme de β -glycosides. Les β -glycosides sont les seuls glycosides qui peuvent être absorbés par l'intestin grêle (**Hollman 2004**).

I.7. Métabolisme

Dans le métabolisme des flavonoïdes, deux compartiments sont considérés. Le premier compartiment est constitué de tissus tels que l'intestin grêle, le foie et les reins. Le côlon constitue le deuxième compartiment. Les flavonoïdes qui ne sont pas absorbables par l'intestin grêle et les flavonoïdes qui ont été absorbés puis sécrétés par la bile atteindront le côlon (**Cody, Middleton, et Harborne 1986 ; Hollman 2004**).

I.8. Propriété des flavonoïdes

I.8.1. Propriétés antioxydante et anti-radicalaire

Dans la littérature biochimique, le terme "antioxydant" désigne à la fois des substances anti-radicalaires, anti-lipoperoxydante et antioxydante au sens strict du terme, c'est-à-dire qui sont plus facilement oxydables que le substrat à protéger (**Brasseur, Angenot, et Pincemail 1986**). Ils ont une activité antioxydante prononcée (**Hodek, Trefil, et Stiborová 2002 ; Agouni et Bedjou 2014**). Ils forment l'une des plus importantes familles de molécules ayant des activités antioxydantes, qui est une caractéristique associée à la présence dans leur structure de groupes hydroxyles liés à des noyaux aromatiques (**Kenza et Merbouha 2019**).

D'après Kenza et Marbouha (**2019**) les flavonoïdes expriment les propriétés anti-oxydantes par:

- Le piégeage direct des espèces réactives de l'oxygène (ERO)
- La suppression de la formation des ERO par l'inhibition de quelques enzymes ou par chélation des ions métalliques, impliqués dans leur production
- La protection des systèmes de défense antioxydants de l'organisme

I.8.2. Propriétés anti-inflammatoires

Les flavonoïdes possèdent des propriétés anti-inflammatoires et ils sont capables de moduler le fonctionnement du système immunitaire. Les flavonoïdes sont de puissants inhibiteurs de la prolifération des lymphocytes B et T. Cet effet des flavonoïdes sur les lymphocytes B ou T peut être variable. En effet, les flavones tel que l'apigénine, lutéoline et

les flavonols tel que kaempférol, quercétine et myricétine inhibent la prolifération des lymphocytes T. Par ailleurs, seule la myricétine est active sur les lymphocytes B, l'explication est encore inconnue (**Benguerba 2008**).

Les flavonoïdes, notamment les flavonols du cacao, peuvent prévenir la douleur musculaire en accélérant la réparation des tissus au niveau moléculaire. Il a été également démontré que des flavonoïdes inhibaient la sécrétion des mastocytes impliqués dans les phénomènes inflammatoires (**Macheix, Fleuriet, et Jay-Allemand 2005**).

I.8.3. Propriétés anti-cancérigènes

Certains flavonoïdes particulièrement la lutéoline, la quercétine, le kaempférol, l'apigénine et la taxifoline inhibent d'une façon marquée la lipogenèse des cellules cancéreuses (**Michaël GL Hertog 1996 ; Pincemail et al. 1999**). Certains flavanols (épigallocatechine-3-gallate) représentent des effets cytotoxiques sur les cellules cancéreuses de prostate (**Brusselmans et al. 2005**).

D'après Depeint et al. (**2002**), Ren et al. (**2003**) et Brusselmans et al. (**2005**) ; l'activité anticancéreuse des flavonoïdes est assurée par l'intervention de plusieurs mécanismes :

- Piégeage des radicaux libres,
- Inhibition du métabolisme d'acide arachidonique,
- Formation d'un complexe inactif avec le carcinogène,
- Prévention de l'activation des métabolites carcinogènes,
- Inhibition de la prolifération des cellules cancéreuses,
- Arrêt du cycle cellulaire des cellules cancéreuses,
- Induction de l'apoptose,
- Inhibition des processus d'angiogenèse.

I.8.4. Propriétés antivirales et antibactériennes

I.8.4.1. Activité antibactérienne

Les flavonoïdes ont une activité antibactérienne très vaste et très diversifiée. En effet, ils s'attaquent à un grand nombre de bactéries avec une intensité différente selon le microorganisme et l'écosystème dans lequel il se trouve : les flavonoïdes sont capables d'inhiber la croissance de différents types de bactéries « des souches de bactéries gram (+) et gram (-) » (**Babayi et al. 2004 ; Harikrishna, Rao, et Prabhakar 2004 ; Ulanowska et al. 2006**).

Des études d'Ohemeng K. A. et al. Et Sato M. et al. (1993 ; 1995) Ont apporté l'évidence de l'effet bactéricide de différentes flavanones sur l'ADN gyrase d'une bactérie « *Staphylococcus aureus* » (Berreghioua 2016).

I.8.4.2. Activité antivirales

D'après Benguerba (2008), la stratégie de recherche d'un composé antiviral consiste à mesurer la réduction de l'infection virale de cellules en culture. Une substance peut agir à différents niveaux du cycle viral :

- au niveau de l'adsorption du virus sur la cellule hôte,
- au niveau de la pénétration du virus dans la cellule hôte,
- au niveau de la réplication du virus et la synthèse des protéines virales,
- au niveau de l'assemblage et de la sortie du virus hors de la cellule hôte.

Les flavonoïdes sont capables d'agir au niveau de la synthèse des protéines virales. Ce mécanisme semble être impliqué dans la protection des souris vis-à-vis d'une infection virale à la suite d'une administration journalière de 3-O-méthylquercétine à raison de 20 mg/kg pendant 9 jours. Mucsi et Pragai en (1985), ont également montré une corrélation entre l'effet inhibiteur de certains flavonoïdes sur divers virus de l'herpès et leur capacité à augmenter les taux intracellulaires en AMPc « Adénosine MonoPhosphate Cyclique » dans des cellules infectées.

I.8.5. **Propriétés antimicrobienne**

Les flavonoïdes sont connus pour être synthétisés par les plantes en réponse à une infection microbienne (Mierziak et al. 2014).

Ils ont plusieurs propriétés médicinales et en particulier des propriétés antimicrobiennes (Hamilton-Miller et Shah 2000 ; Yadava et Tiwari 2005).

Tab. 1 : Quelques flavonoïdes antimicrobiens (BOUHADJERA 2005).

Flavonoïdes	Mécanisme
4'-méthoxyflavone	Se complexer aux protéines extracellulaires
Abyssinone	Inactiver les enzymes et empêcher la transcriptase inversée du HIV « Virus de l'Immunodéficience Humaine ».
Catéchine	Se complexer aux protéines extracellulaires
Chrysin	Grippage aux adhésions complexes avec le mur de cellules
Épicatéchine	Rupture de membrane

I.8.6. Propriétés antiallergiques

Les effets antiallergiques sont attribués à l'influence des flavonoïdes sur la production de l'histamine. En effet, les flavonoïdes inhibent les enzymes, telles que l'AMP cyclique phosphodiesterase et ATPase Ca²⁺ dépendante, responsables de la libération de l'histamine à partir des monocytes et des basophiles. Par exemple, l'ATPase Ca²⁺ dépendante dégrade l'ATP produisant ainsi de l'énergie afin de faciliter l'absorption du calcium par les membranes cellulaires, ce qui favorise la libération de l'histamine stockée dans les vésicules (**Marfak 2003**).

I.8.7. Propriétés anti-ulcéreux

Les flavonoïdes protègeraient la muqueuse gastrique contre les agents ulcérogène. La quercétine exerce ses effets cytoprotecteurs grâce à un complexe impliquant la stimulation de la prostaglandine et l'inhibition de la production de leucotriènes via la production de mucus et de ses propriétés antioxydantes (**Kamel Ghedira 2005**).

I.9. D'autres effets biologiques

Un large éventail d'activités des composés flavonoïdes est utilisé en cosmétologie. Les flavonoïdes améliorent l'hydratation de la peau, restaurent sa barrière antibactérienne, adoucissent sa surface et incitent les cellules de la peau à se développer. Ils ont des propriétés protectrices, astringentes et anti-œdémateuses. Ils sont également utilisés dans le traitement de l'acné, des points noirs et des pellicules, préviennent la calvitie et les rides et ralentissent le processus de vieillissement (**Bogdan et Baumann 2008**).

La principale propriété initialement reconnue aux flavonoïdes est d'être "veino-actifs", c'est à-dire capables de diminuer la perméabilité des capillaires sanguins et de renforcer leur résistance (**Agouni et Bedjou 2014**).

Les flavonoïdes peuvent aussi empêcher le diabète ou du moins le réduire en inhibant l'enzyme aldose réductase. Ong et Khoo (**1996 ; 1997 ; 2000**) ont reporté que la myricétine possède un effet hypoglycémiant chez des animaux diabétiques. Certains flavonoïdes peuvent entraver l'athérosclérose et par conséquent réduisent le risque des maladies cardiovasculaires (**Benguerba 2008**).

I.10. Extraction des flavonoïdes

Pour avoir une extraction complète, il est recommandé d'utiliser des échantillons secs, gelés, ou lyophilisés. En effet, les composés phénoliques dont les flavonoïdes font partie, sont instables et peuvent être dégradés par l'action d'enzymes s'ils ne subissent pas un séchage préalable (**Marston et Hostettmann 2006**).

Les fours à séchage diminuent l'extraction de quelques types de flavonoïdes tels que les catéchines lesquelles resteraient liés aux fibres et protéines, en plus, une dégradation thermique peut avoir lieu. Par contre, l'élimination d'eau par lyophilisation n'affecte pas les composés et permet leur entretien pour de longues périodes (**Marston et Hostettmann 2006**).

La congélation préalable des échantillons est aussi recommandée puisque les cristaux gelés produisent des lésions dans la structure cellulaire du matériel végétal et par conséquent facilite le sort des composés et donc facilite le processus d'extraction. L'isolement d'une substance naturelle ou synthétique nécessite souvent une extraction avec un solvant organique ou minéral. Il y a en général deux types d'extraction : L'extraction solide liquide « continues » et l'extraction liquide-liquide « discontinues » (**Marston et Hostettmann 2006 ; Pessel 2013**).

L'objectif de l'extraction des flavonoïdes est de les libérer des vacuoles où ils se trouvent, que ce soit par rupture des tissus de plantes ou à travers un processus de diffusion (**Marston et Hostettmann 2006**).

Des méthodes dites conventionnelles, comme la macération, le Soxhlet et l'extraction par percolation ou par reflux, étaient jusqu'ici utilisées et considérées comme techniques de choix pour extraire les composés naturels (**Berreghioua 2016**).

I.10.1. La macération

La macération (extraction solide-liquide) est une opération qui consiste à laisser séjourner la matière végétale dans le méthanol aqueux pour extraire les principes actifs (**Kenza et Merbouha 2019**).

Les solvants alcooliques sont capables d'augmenter la perméabilité des parois cellulaires en facilitant l'extraction d'un plus grand nombre de molécules polaires, de moyenne et de faible polarité. De plus, le déroulement de la macération sous agitation pendant un temps étalé (24 h) et à température ambiante permet, respectivement, l'épuisement du solvant en composés extraits et la prévention de leur altération ou modification probable par la température élevée.

Après filtration, le résidu peut être remis dans le récipient d'extraction avec une nouvelle portion de solvant. Au besoin, le processus est répété plusieurs fois. Cette méthode présente l'avantage d'être rapide, surtout avec les solvants à ébullition, mais le processus d'extraction n'est pas toujours très efficace (**Berreghioua 2016**).

I.10.2. La décoction

L'extraction par décoction est un procédé utilisé traditionnellement par la population ivoirienne, soit dans la préparation de boissons comme le thé ou dans les préparations traditionnelles à base de plantes médicinales (**Bohui et al. 2018**).

La décoction se fait ordinairement à feu nu, quelque fois au bain marie, ce dernier mode est indispensable lorsque la substance, plus ou moins pâteuse, garnissant les parois du vase, risque de se torréfier par l'action direct du feu (**Jaccoud 1872**).

Les plantes sont versées dans l'eau froide et portées à ébullition un temps plus ou moins long, deux ou trois minutes pour les feuilles, les tiges et les fruits ; cinq minutes ou plus pour les écorces et les racines (**Pierre et Lys 2007 ; Roumeissa et Maya 2015**).

I.10.3. L'infusion

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

L'extraction par infusion également appelée "lixiviation ou extraction par lavage, extraction par diffusion et/ou extraction par solvant" est la solution préférentielle d'un ou plusieurs constituants d'un mélange solide par contact avec un solvant fluide (**Chang-Diaz 1989**).

I.10.4. L'extraction par l'appareil de Soxhlet

Cette technique permet le traitement de solides (matériel végétal) en plus grande quantité, avec des solvants en phase liquide ou partiellement vaporisés. Le corps de l'extracteur, contient une cartouche en cellulose remplie de matériel végétal. Cette cartouche est fixée sur un réservoir de solvant (ballon) et est surmonté d'un réfrigérant. Le solvant est vaporisé puis condensé tout en restant en contact avec le matériel végétal. La solution collectée dans le ballon s'enrichit de plus en plus en soluté à chaque cycle d'extraction et le matériel végétal est toujours en contact avec du solvant fraîchement distillé. L'extraction est terminée lorsque le solvant d'extraction devient de plus en plus clair c'est-à-dire sans une proportion significative de soluté (**Ahmed et al. 1970**).

I.10.5. Extraction par micro-ondes

En (1986), Ganzler et al. furent les premiers à présenter une technique d'extraction par solvant assistée par micro-ondes en vue d'une analyse chromatographique. Cette technique permettait de réduire les temps d'extraction et donc les dépenses en énergie par rapport à une méthode conventionnelle. En (1990), Paré et al. proposent d'irradier le matériel végétal en présence d'un solvant transparent aux micro-ondes de type hexane. Ainsi les micro-ondes atteindraient directement les systèmes glandulaires et vasculaires du végétal (Avril et al. 2000).

Cette technique présente donc beaucoup d'avantages : technologie verte, économie d'énergie et de temps, investissement initial réduit et dégradations thermiques et hydrolytiques minimisées (COMBY et al. 1988).

L'extraction assistée par micro-ondes a montré des avantages évidents dans une courte durée et une grande efficacité pour extraire les flavonoïdes des cellules cultivées de *Saussure medusa* avec un rendement maximal des flavonoïdes qui atteint 4,1% (Gao et Liu 2005).

I.10.6. L'extraction en phase solide

C'est un bon choix pour la procédure de nettoyage propre d'extraits de plantes brutes ou d'échantillons biologiques. La méthode SPE « solid-phase extraction » est rapide et reproductible, et des extraits assez clairs sont obtenus. Il est essentiellement sans émulsion et de petits volumes d'échantillons peuvent être utilisés. Une méthode SPE très simple est requise pour toute isolation d'analyte (une substance ou un produit chimique constituant le centre d'intérêt d'une procédure d'analyse chimique) acide et basique de l'extrait végétal « brut » et des taux de récupération élevés sont communs pour cette procédure simple (Stalikas 2007).

I. 11. Toxicité des flavonoïdes

Les flavonoïdes, un groupe de composés trouvés principalement dans les légumes et les fruits, sont généralement considérés comme bénéfiques pour les systèmes biologiques. Des entérocytes de cobaye isolés ont été exposés à trois de ces composés « kaempférol, quercétine, myricétine » et à des concentrations de 50 à 450 μm . La toxicité a été examinée en utilisant l'exclusion du bleu trypan et la fuite de la déshydrogénase lactique "LDH" (Canada, Watkins, et Nguyen 1989).

Les trois flavonoïdes ont produit des dommages cellulaires à 450 μm . par rapport à une incubation témoin, la viabilité cellulaire était inférieure de 12 à 60 % et la fuite de LDH de 28 à 41 % supérieure après une incubation de 3 heures. De plus, comme évalué par l'exclusion du

bleu trypan, la quercétine et la myricétine, qui produisent toutes deux du superoxyde lors de l'autoxydation, semblaient être plus toxiques que le kaempférol. Ces résultats suggèrent que les flavonoïdes alimentaires peuvent avoir le potentiel de produire des lésions intestinales (**Canada, Watkins, et Nguyen 1989**).

Chapitre II

Aperçu Bibliographique sur Les Brassicaceae

II. 1. Introduction

La famille des Brassicaceae est l'un des principaux groupes du règne végétal (**Murat et al., 2015**). La famille contient plusieurs espèces cultivées, dont le radis, la roquette, le cresson, le wasabi et le raifort, en plus des cultures maraîchères et oléagineuses du genre *Brassica* (**Schmidt and Bancroft, 2011**), dont les membres sont principalement concentrés dans la région tempérée et atteignent une diversité maximale autour de la région méditerranéenne (**Nematallah, Al-Gendy and Zaghoul, 2013**).

Il existe une grande diversité d'opinions concernant le nombre de genres et d'espèces inclus dans la famille des Brassicaceae dans le monde ; ils varient de 338 à 380 genres tels que « *Crambe*, *Sinapis*, *Thlaspi*, *Alyssum* et *Brassica* » répartis en 49 tribus et de 2500 à 3700 espèces (**Murat et al. 2015 ; Nematallah, Al-Gendy et Zaghoul 2013**). La plupart de ses espèces préfèrent les climats frais, elles se trouvent surtout dans les régions froides principalement dans les régions tempérées de l'hémisphère nord, ou leur proportion dans la flore phanérogame diminue lorsqu'on s'éloigne des régions polaires. Les Brassicaceae sont principalement des plantes variables, annuelles, bisannuelles ou vivaces (**Berregioua, 2016**).

La famille des Brassicacées est bien connue pour sa grande variation du nombre de chromosomes, la présence fréquente de polyploïdes et de nombreux rapports de flux de gènes interspécifiques (**Marhold and Lihová, 2006**).

II.2. Origine et classification

Hayek (**1911**), suivi de Schulz (**1936**) et Janchen (**1942**) ont fournis la première théorie sur l'origine des Brassicaceae. Ils croyaient en une origine du nouveau monde de la famille de la sous-famille des capparacées *Cleomoideae* à la tribu de moutarde «basale» *Theylopodieae* (Stanleyeae). Al-Shehbaz (**1973 ; 1985a**), Hauser et Crovello (**1982**) et Takhtajan (**1997**) ont suivi les vues de cette école allemande. En effet, Nuttall (**1834**) a proposé le nom Stanleyeae comme une famille distincte intermédiaire entre les Capparaceae et les Cruciferae. En revanche, Dvora ěk (**1973**) a proposé une origine du vieux monde des Cleomaceae via la tribu Hesperideae, mais ses vues n'ont pas été suivies par la suite (**Al-Shehbaz, Beilstein and Kellogg, 2006**).

La classification de Schulz (**1936**) des Brassicaceae ait été modifiée et critiquée, elle a continué d'être la plus largement utilisée jusqu'à présent. Cependant, tous ses nouveaux taxons supragénériques, quel que soit le nombre de taxons infra-familiaux reconnus, les systèmes antérieurs de « Prantl (**1891**) et Hayek (**1911**) » utilisaient un nombre limité de caractères, dont beaucoup se sont récemment révélés sujets à convergence. En conséquence, presque toutes leurs

Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les Brassicaceae

principales subdivisions de la famille se sont révélées polyphylétiques et artificielles par des études moléculaires (Al-Shehbaz, Beilstein and Kellogg, 2006).

II.3. Position systématique des Brassicaceae

D'après Berreghioua (2016).

Régne : plante (plantae)

Sous-régne : plantes vasculaires (Tracheobionta)

Division : plantes à graines (Spermaphyta)

Classe : plantes à fleurs (Angiospermae)

Sous classe : dicotylédones (Dicotyledonae ou Magnoliopsidae)

Super-ordre : dillénidés (Dillenidae)

Ordre : capparales (Capparales)

Famille : Brassicaceae

II.4. Distribution des Brassicaceae

Cette famille est essentiellement concentrée sur le pourtour méditerranéen, en Asie mineure jusqu'en Iran. L'ouest de l'Amérique du nord est aussi une région riche en Brassicaceae. Deux petites tribus sont caractéristiques de la région du Cap en Afrique du sud : les Chamireae et les Heliophileae ; Une autre tribu, mono spécifique, celle des Pringleae est endémique des lointaines îles Kerguelen et Crozet de l'hémisphère sud (Koch *et al.*, 2007; Berreghioua, 2016; Ghennou and Boufodda, 2019).

Les Brassicaceae peuplent la presque totalité des habitats et des milieux de vie possibles: sables et rochers maritimes, bords de ruisseaux, talus calcaires, pelouses humides ou sèches, cultures et jardins, bords de chemins, cailloutis, prairies de montagne. Quelques-unes, très rares, sont des hydrophytes (Berreghioua, 2016).

II.5. Caractéristiques

Les Brassicaceae est une famille de plantes dicotylédones, généralement herbacées à racine pivotante, dont les tiges portent des feuilles sans stipules, alternes ou toutes à la base,

Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les Brassicaceae

très rarement sous-arbrisseaux ou arbustes, rarement ligneuses, parfois succulentes ou épineuses (Berreghioua, 2016).

Les caractères morphologiques des Brassicaceae sont très homoplasiques « Ils sont similaires dans différentes variétés », ce qui rend pratiquement impossible de les utiliser seuls pour établir des relations phylogénétiques à l'échelle de la famille ou parfois même au sein des genres. L'absence d'une phylogénie robuste de la famille a conduit certains auteurs récents par exemple Rollins (1993) à adopter un système alphabétique dans leur dénombrement des taxons (Al-Shehbaz, Beilstein and Kellogg, 2006).

La Morphologie des fruits et type d'embryon de graines "position de la radicule par rapport aux cotylédons" ont été utilisés presque exclusivement dans délimitation des taxons à tous les niveaux taxonomiques, mais en particulier aux rangs génériques et tribaux, tandis que caractères floraux, végétatifs et trichomes ont souvent été jugées beaucoup moins importants (Al-Shehbaz, Beilstein and Kellogg, 2006).

Bien que les Brassicaceae étaient autrefois considérées comme exclusivement sténopalynes « c'est-à-dire avec un pollen uniforme » avec uniquement du pollen tricolporé (Fig.4) (Fig.5), des prospections préliminaires ont démontré l'existence dans le nouveau monde de plusieurs genres avec du pollen à 4–11 colpates. Il a été démontré par la suite que ce groupe de pollen « polycolpate » forme un clade monophylétique (Al-Shehbaz, Beilstein and Kellogg, 2006).

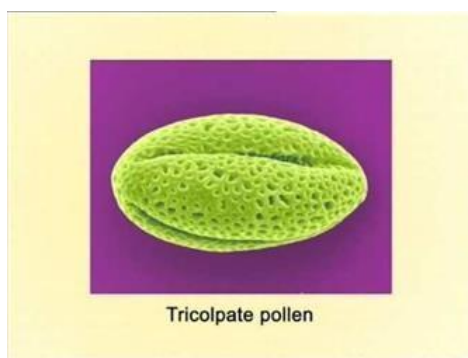


Fig.4 : pollen tricolporé
(Khuroo 2018).

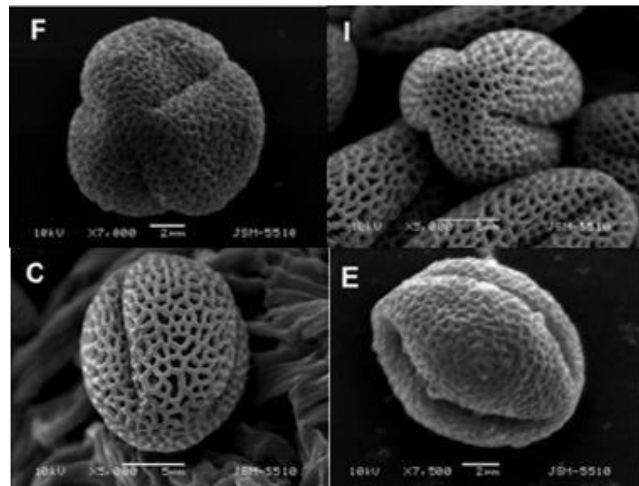


Fig.5 : Micrographies de grains de pollen
d'*Alyssum holdreichii* (Pavlova et al. 2014).

II.6. L'appareil végétatif des Brassicaceae

Les Brassicaceae sont des plantes terrestres annuelles ou vivaces rarement arbustives. L'appareil végétatif se développe la première année et l'appareil reproducteur l'année suivante, le feuillage est alterne à stipules réduits et caducs. L'appareil végétatif est riche en essence sulfurée d'où la saveur piquant (Ghennou and Boufodda, 2019).

II.6.A. Caractères végétatifs

II.6.A.a. Racines

Racine gonflée à cause des matières alimentaires stockées. Il peut être conique « Radis », fusiforme ou napiforme « Navet » (Yashasvi, 2016).

II.6.A.b. Tige

La tige peut-être herbacée, dressée, cylindrique « *Iberis*, *Brassica* » rarement ligneuse ou parfois réduite tel les espèces *Raphanus* et *Brassica*, glabre ou velue, solide et ramifiée (Yashasvi, 2016).

II.6.A.c Feuilles

Les feuilles sont alternes ou sub-opposées, simples stipulées *Brassica campestris*, en présence fréquente de poils simples, étoilés ou peltés ; elles peuvent être caulinaire ou radical « *Raphanus* », généralement sessile, velu, entier et avec une nervure réticulée médiane (Martin, 2013; Yashasvi, 2016).

II.6.B. Caractères floraux

II.6.B.a. Inflorescence

Se présente sous forme de racème, et parfois en corymbe « *Iberis* » (Fig.11) (Martin, 2013).

II.6.B.b. Fleur

D'après Dupont et Guignard (2012), les fleurs groupées en grappe sont très caractéristiques :

- Le calice

Comprend 4 sépales disposés en deux verticilles de deux chacun, polysépale (2 antéro-postérieurs et 2 latéraux), Les sépales internes, latéraux, ont leur base souvent renflée en forme de poche ou s'accumule généralement le nectar sécrété par des glandes situées à la base des étamines.

- La corolle

La corolle a 4 pétales en croix. Ils alternent avec les sépales et présentent un onglet bien développé et un limbe étalé.

- L'androcée

L'androcée groupe 6 étamines dont 4 sont plus fortes que les autres, d'où le nom de tétradynome (du grec dunamis, force) qui lui est donné :

- les deux plus petites sont externes et latérales,
- les 4 plus grandes sont rapprochées en deux paires antéro-postérieures.

Le gynécée est formé de deux carpelles «ouvertes» soudés par leurs bords, mais divisés secondairement en deux loges par une fausse cloison (**Fig.6**), de part et d'autre de laquelle les ovules se rangent alternativement (**Dupont and Guignard, 2012**).

L'ensemble floral montre une structure cruciforme, d'où le terme de « crucifères » (**Martin, 2013**).

II.6.B.c. Fruit

Le fruit est typiquement une silique (**Fig.8**), fruit sec déhiscent (**Fig.9**) (à ne pas confondre avec la gousse qui ne possède qu'un carpelle, si le rapport « longueur/largeur » diminue on parle de silicule ; fruit parfois articulé si le cloisonnement est transversal tel *Raphanus*, Radis et *Cakile* Chez *Bunias*, il est indéhiscent et ne comprend qu'une graine, donc dit un akène (**Martin, 2013**).

II.6.B.d. La graine

La germination des graines est épigée chez l'albumineux par exemples (**Yashasvi, 2016**).

II.6.B.e. Diagramme florale

D'après Dupont et Guignard (**2012**), La formule florale est très homogène : 4 sépales libres, 4 pétales libres souvent disposés en croix - d'où le nom de la famille crucifères - et ordinairement 6 étamines (**Fig.6**) et (**Fig7**), bien que des espèces du genre *Lepidium* aient 4 ou 2 étamines.

$$(2+2)P, (2+2)S, (2+2 \times 2)E, (2)C$$

Cette homogénéité se retrouve aussi dans la couleur des pétales : souvent jaunes ou blancs, moins fréquemment mauves. Cependant, il peut exister des caractères de morphologie florale permettant de délimiter des genres comme *Lepidium*, *Alyssum* ou *Heliophila*. Ce dernier genre est endémique à l'Afrique du sud (**Rubinstein, 2008**).

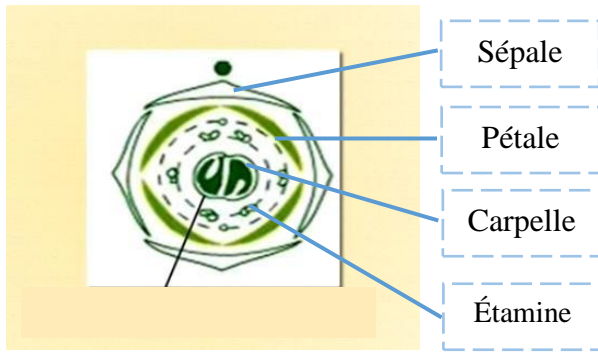


Fig.6 : diagramme floral (Khuroo 2018).

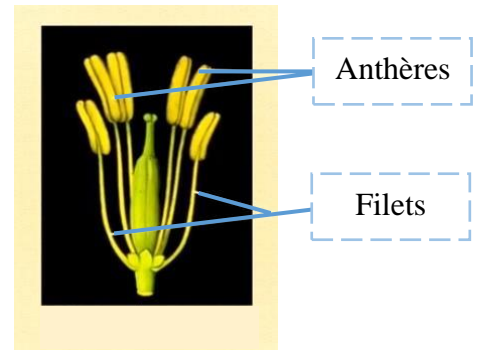


Fig.7 : Étamine « Partie mal » (Khuroo 2018).

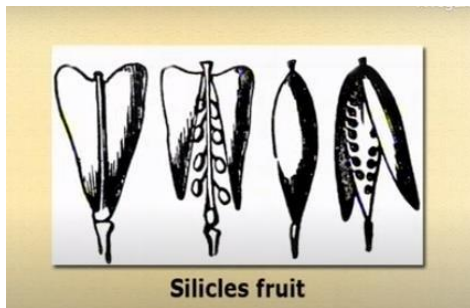


Fig.8 : fruit en silique (Khuroo 2018).

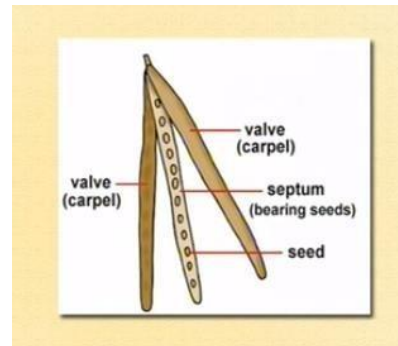


Fig.9 : Silique déhiscent (Khuroo 2018).

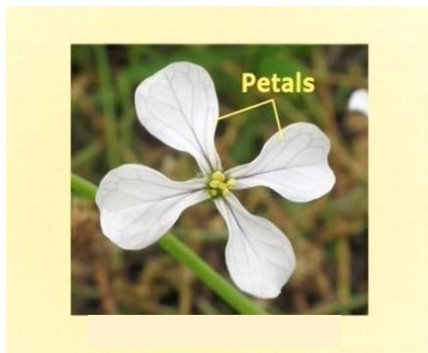


Fig.10 : Le périanthe (Khuroo 2018).

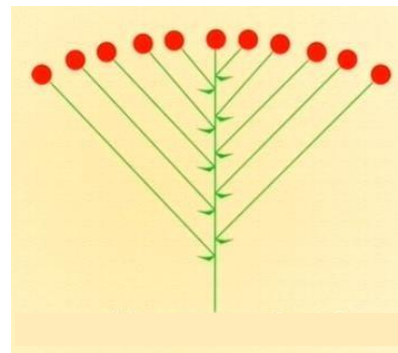


Fig.11 : Inflorescence en corymbe (Khuroo 2018).

II.7. Relations phylogénétiques

Les Capparacées comme le Caprier sont liées aux Brassicaceae par l'APG III. Les familles Resedaceae et Tropaeolaceae telle la Capucines sont également proches (**Martin, 2013**), appartenant à l'ordre des Brassicales.

Il est remarquable que la richesse des informations détaillées sur les relations phylogénétiques inférées à partir de différents ensembles de données moléculaires soit en grande partie congruente et qu'une phylogénie complète pour la majorité des espèces de Brassicaceae émerge maintenant. Cela représente les efforts de nombreux groupes de recherche traitant des questions de l'évolution des crucifères à différents niveaux taxonomiques (**Koch et al., 2007**).

II.8. Quelques métabolites secondaires des Brassicaceae

Les plantes Brassicaceae ont développées la capacité de synthèse d'une large gamme de métabolites secondaires contenant du soufre, y compris les glucosinolates et phytoalexines de type indole, le genre *Alyssum* contient «glucosinolates, hydrocarbures, acides gras et acides phénoliques ». Comme on le sait, les métabolites secondaires tels que « les polyphénols, les flavonoïdes, les terpènes, les saponines et les alcaloïdes » Ce sont principalement des composants responsables qui contribuent à la formation des potentiels biologiques de différentes plantes (**Ozay and Mammadov, 2017**).

II.9. Taxonomie de la tribu

Brassicaceae, est l'une des dix familles de plantes les plus importantes sur le plan économique. La tribu Brassiceae est l'une des 16 tribus reconnues au sein de la famille et l'une des rares tribus considérées comme constituant un groupe naturel (**Warwick, Francis and Gugel, 2009**).

La tribu Brassiceae est le plus important économiquement et la plus distinctive par la présence de cotylédons condupliques (c'est-à-dire que les cotylédons sont repliés longitudinalement autour du radical) et / ou de fruits à deux segments (siliques) qui contiennent des graines dans un ou les deux segments. La tribu Brassiceae compte actuellement 242 espèces dans 48 genres, dont 20 monotypiques (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Brassicaceae>).

Géographiquement, elle est centrée dans la région sud-ouest de la Méditerranée, en particulier en Algérie, au Maroc et en Espagne, où 40 genres sont soit endémiques soit présentent une diversité maximale. L'aire de répartition tribale s'étend vers l'est jusqu'en Inde

Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les Brassicaceae

et au Pakistan et vers le sud en Afrique du Sud, avec une faible représentation dans le nouveau monde (Warwick, Francis and Gugel, 2009).

II.10. Principaux genres

D'après Berreghioua (2016), la famille des Brassicaceae comprend 350 genres et 3200 espèces dont 200 en Algérie.

Tab.2 : Exemples de quelques genres des Brassicaceae (Berreghioua 2016).

	Genres	Exemple
Légumes	<i>Armoracia</i>	Genre de raifort
	<i>Brassica</i>	Les choux, la moutarde, les navets
	<i>Raphanus</i>	Les radis
Plantes oléagineuses	<i>Brassica</i>	<i>Brassica napus</i> ou colza
	<i>Camelina</i>	<i>Camelina sativa</i> ou cameline
Plantes ornementales	<i>Aubrieta</i>	<i>Aubrieta deltoidea</i>
	<i>Alyssum</i>	<i>Alyssum maritimum</i>
	<i>Iberis</i>	<i>Iberis sempervirens</i>
Quelques genres sauvages	<i>Alliaria</i>	l'alliaire
	<i>Capsella</i>	Capselle boursse à pasteur
	<i>Cochlearia</i>	Cochléaire officinale

II.11. Usages des Brassicaceae

II.11.a. Usage alimentaire

La famille des Brassicaceae est parmi les dix familles des plantes les plus économiquement importantes. En effet, de nombreuses espèces sont utilisées comme plantes alimentaires. Certaines Brassicaceae sont utilisées comme condiments telles que : la moutarde noire "*Brassica nigra*", la moutarde chinoise "*Brassica juncea*", la moutarde blanche "*Sinapis alba*", le raifort "*A Armoracia rusticana*", la diplotaxe "*Diplotaxis harra*" (**Berreghioua, 2016**).

II.11.b. Usage industrielle

D'autres Brassicaceae sont employées comme sources industrielles des huiles végétales « Oléagineuses » : "*Brassica oleracea L*", La graine contient de 45 à 50 % d'huile. La famille comporte beaucoup de plantes ornementales, en particulier : les alyssons ou alyssums (*Alyssum* ou *Lobularia*), les girofles « *Erysimum* » et l'isatis des teinturiers « *Isatis tinctoria* » qui donne une teinture bleue qui a été remplacée progressivement par l'indigo puis par des produits de synthèse. Des variétés sont pauvres en acide érucique et en glucosinolate sont commercialisées pour l'usage alimentaire sous le nom d'huile canola «abréviation de Canadian oil low acid» (**Berreghioua, 2016**).

II.11.c. Usage expérimentale

D'autres espèces sont employées comme matériel expérimental pour l'étude du génome «*Arabidopsis thaliana*». Cette espèce a été choisie par la communauté scientifique comme un modèle de plante pour les études des gènes et de leur expression. La séquence de l'ADN des chromosomes de cette espèce est connue depuis les années 2000 (**Berreghioua, 2016**).

II.11.d. Usage thérapeutique des Brassicaceae

Les Brassicaceae sont connues pour leur utilisation en médecine populaire comme agent antimicrobien pour le soulagement des coliques biliaires et des plaies (**Ozay and Mammadov, 2017**).

La consommation fréquente de Brassicaceae (plus de 30 fois par mois), par exemple "les glucosinolates dérivés des plantes brassicacées" ont montré des effets prometteurs sur la prévention des maladies chroniques telles que le cancer, les maladies auriculaires et neurodégénératives qui affectent principalement les personnes âgées (**Gall and Rajakaruna, 2013 ; Takahashi and Satoh, 2013 ; Berreghioua, 2016**).

Chapitre II : Aperçu bibliographique sur les Brassicaceae

Plusieurs représentants ont obtenu le statut bien accepté « organismes modèles » comme les extraits de chou blanc « *Brassica oleracea* » qui sont utilisés dans la gastrite et le syndrome de Roemheld. Le raifort, la spatule, le radis et le cresson ont des effets bénéfiques sur les maladies des organes respiratoires et digestifs. L'herbe de la bourse du berger aide à la ménorragie et à la métrorragie et la fleur de ruban amer stimule l'activité de l'estomac et de la bile (**Hahn 2001 ; Morioka, Batori et Ogino 2008**).

Au sud algérien, on indique *Oudneya africana* « Nom local : Alga » pour traiter les maladies de la peau en usage externe, sous forme de pâte, mélangée avec *Lawsonia inermis*. Au Maroc, elle est utilisée dans le traitement des maladies de l'intestin (**Berreghioua, 2016**).

II.12. Mécanismes de défense

Les plantes des Brassicales utilisent le système glucosinolate myrosinase pour se défendre contre les prédateurs et les pathogènes « en cas de lésion tissulaire, les glucosinolates sont hydrolysés par les myrosinases pour former des isothiocyanates toxiques » (**Dörr, 2017**).

II.13. Toxicité

Selon Godbold et Hüttermann (**1985**), Dietz, Baier, et Krämer (**1999**) et Nies (**1999**), les métaux de transition tels que le Zinc (Zn) et le Cuivre (Cu) sont essentiels pour de nombreux processus dans les plantes, mais sont toxiques lorsqu'ils s'accumulent à des niveaux élevés (**Lang et al., 2011**).

Cependant, quelques plantes ont des mécanismes spéciaux pour l'homéostasie et la détoxification des ions métalliques et permettent à des niveaux normalement toxiques de métaux de s'accumuler dans leurs tissus. Par exemple, deux membres de la famille des Brassicaceae *Thlaspi caerulescens* et *Thlaspi goesingense* sont capables de croître dans un sol contenant « les ions du Cadmium Cd^{2+} , les ions du Nickel Ni^{2+} et les ions du Zinc Zn^{2+} » et accumulent des concentrations de ces métaux lourds 100 à 1 000 fois plus élevées que les espèces typiques, sans aucun symptôme de toxicité (**Persans, Nieman and Salt, 2001 ; Rigola et al., 2006; Lang et al., 2011**).

II.14. Quelques plantes appartenant à la famille des Brassicaceae



Fig.12. *Lepidium virginicum*
(Khuroo 2018).



Fig.13. *Brassica rapa*
(Khuroo 2018).



Fig.14. *Nasturtium officinale*
(Khuroo 2018).



Fig.15. *Iberis umbellata*
(Khuroo 2018).



Fig.16. *Brassica napus*
(Ghennou et Boufodda 2019).



Fig.17. *Raphanus sativus*
(Ghennou et Boufodda 2019).

Chapitre III

Description Générale

de

Lobularia maritima

III.A. *Lobularia maritima* (L.) Desv.

III.A.1. Généralités

Lobularia maritima (L.) Desv., est une espèce de plante à petites fleurs blanches connue sous le nom d'alyssum ou alyssum doux, Sweet alyssum en anglais (**Tatsuzawa et al. 2010**).

C'est une plante ornementale, herbacée diploïde ($2n= 24$) vivace appartenant à la famille des Brassicacées, elle pousse à l'état sauvage dans le bassin méditerranéen, ces fleurs sont petites et ces feuilles sont linéaires-lancéolées à lancéolées (**Huang et al. 2015, Marrelli et al. 2020**).

Lobularia maritima est une herbe méditerranéenne à vie courte avec une saison de floraison et de fructification exceptionnellement étendues qui dure dix mois (**Picó et Retana 2003**), de début septembre à fin juin (**Picó, de Kroon, et Retana 2002, Marrelli et al. 2020**).

III.A.2. Morphologie de l'espèce

Lobularia maritima est une plante auto compatible naturelle en Méditerranée (**Quézelet Santa 1962, Gómez 2000**). Elle possède des feuilles toutes entières, atténuées à la base, sessiles et des fleurs blanches, des silicules latiseptée. Les poils des feuilles tous fixes vers leur milieu et orientés parallèlement (**Jauzein 1995, Ghennou et Boufodda 2019**).

Ces fleurs sont blanches, petites « 3 ± 6 mm de diamètre » à pétiole cruciforme et actinomorphes, avec deux ovules par fleur, produisant du nectar parfumé en très petites quantités (**Bosch, Retana, et Cerdá 1997, Davis et al. 1998**). En moyenne, les corolles ont une largeur de 0,67 mm par une profondeur de 1,4 mm (**Rohrig, Sivinski, et Wharton 2008, Sivinski, Aluja, et Holler 2006**).

la mutation peut parfois produire des fleurs présentant d'autres couleurs, allant du violet pâle au violet foncé (**Gómez 2000**).

III.A.3. Habitat

Lobularia maritima (L.) Desv., est originaire du sud de l'Europe, de l'Afrique du Nord, des Açores, des îles de Madère et des îles Canaries (**Fig.20**). C'est une plante ornementale importante, plantée principalement dans des pots et des paniers suspendus, à l'avant des bordures de fleurs et dans les rocailles. Elle est très efficace comme couvre-sol. En Espagne, Alyssum est couramment utilisé comme diurétique et antiscorbutique (**Chopra, Nayar, et Chopra 1956, Huang et al. 2015**).

Chapitre III : Description générale de *Lobularia maritima*

Lobularia maritima est une herbe annuelle à vivace répartie dans toute la Méditerranée occidentale, qui habite généralement des sites chauds à proximité de la côte, tels que les dunes de sable ou les pentes rocheuses (Gómez 2000).

Elle peut aussi pousser sur les talus et les terrains vagues, de préférence sur sol calcaire (Ghennou et Boufodda 2019).

III.A.4. Caractéristiques

La plante porte de nombreuses branches et de petites fleurs parfumées qui apparaissent de mars à juin sur de longues inflorescences racémiques (Asakawa et Asakawa 2001, Huang et al. 2015).

Dans les communautés végétales du bassin méditerranéen, la plupart des espèces végétales atteignent leur pic de floraison au printemps et ont des périodes de floraison généralement courtes de deux à trois mois. La plante vivace herbe *Lobularia maritima* représente une exception à ces caractéristiques, car il fleurit pendant près de 10 mois, et à son apogée la floraison à l'automne (Xavier Picó et Retana 2001).

Malgré la période de floraison exceptionnellement longue de *L. maritima*, l'espèce a montré une faible variabilité interannuelle caractéristique de la longueur de la période de floraison mais une grande variation interannuelle dans la distribution des fleurs tout au long de la période de floraison (Xavier Picó et Retana 2001).



Fig.18 : *Lobularia maritima* (Stešević et al. 2008), (Sakkal 2013), (Chalabi 2020)

III.B. Présentation de la région de Mostaganem

III.B.1. Situation géographique

Après la consultation des travaux réalisés par khobzi (2017) on note que la Wilaya de Mostaganem, se trouve en l'attitude de 35° 56' N, en longitude de 0° 05' E, sur une altitude de 104 m (source). Située sur le littoral ouest du pays, elle dispose d'une façade maritime de 124 km. Le Chef-lieu de la wilaya est situé à 365 km à l'ouest de la capitale et 80 km à l'est d'Oran. Elle couvre une superficie de 2269 km², elle fait partie de la région des plateaux côtier.

Son climat est semi-aride à hiver tempéré marquée en plus de son littoral envoûtant, par la beauté majestueuse et le cadre féérique qu'offre la nature au visiteur, par un paysage où se succèdent les reliefs montagneux, les cours d'eau, les plaines, et les forêts. La wilaya de Mostaganem est constituée de 10 daïras et 32 communes (Megherbi 2015). La superficie totale est de 2269 km². D'après (la Figure.19) elle est limitée :

- À l'Est par les wilayas de Chlef et Relizane,
- Au Sud par les Wilayas de Mascara et Relizane,
- À l'Ouest par les Wilayas d'Oran et Mascara,
- Au Nord par la Mer Méditerranée.

III.B.2. Géologie

D'un point de vue géologique le plateau de Mostaganem est situé dans la partie instable du bassin Miocène nord-tellien. Suite à la régression de la mer au pliocène, les mouvements d'affaissements et de subsidences qui se sont déroulés jusqu'au quaternaire, ont façonné le relief des actuelles basses plaines halomorphes. Le transect est-ouest du plateau de Mostaganem montre une plaine de 35,4 km de longueur allons du versant ouest de Djebel Diss au versant est de Ain Nouissy (Habib 2012).

III.B.3. Climat de la région

La région de Mostaganem correspond à une des zones du nord algérien (**Benichou 2017**), qui se caractérise par un climat semis- aride à hiver tempéré et une pluviométrie qui varie entre 350 mm et 400mm et un relief qui s'individualise en deux principales unités morphologique "Les Monts Dahra et le Plateau de Mostaganem" (**Megherbi 2015**).

Compte tenu de la proximité de la mer, l'influence de la mer étant limitée à une bande étroite bordant le littoral, cette influence se traduit par des températures hivernales plus élevées et des températures estivales plus faibles (**Benichou 2017**).

La région se caractérise par une hygrométrie comprise entre 60 à 70 % pendant la période estivale, les températures moyennes oscillent entre 25 et 30 °C en été et de 6 à 13 °C pendant l'hiver (**Bouchareb M et Defous 2019**).

III.B.4. Etage de végétation ou zonation altitudinale

Sur la base des travaux d'Emberger (**1930**), Quezel (**1976**) et M'hirit (**1999**) sur la répartition de la végétation méditerranéenne en fonction des gradients thermique et altitudinal l'étage de végétation ainsi l'étage bioclimatique de la zone d'étude sont définis.

D'après le **tableau3**, nous remarquons que la zone de Mostaganem intègre l'étage de végétation thermo-méditerranéen (**Benichou 2017**).

Chapitre III : Description générale de *Lobularia maritima*

Tab.3 : Etage de végétation et bioclimatique de la zone d'étude (Benichou 2017).

Zones d'étude	Périodes	T (°C)	Altitude moyenne (m)	Etages de végétation	Étage bioclimatique	Sous étage	Variant thermique
Mostaganem	1913-1937	17,8	<600	Thermo méditerranéen	Semi-aride	Supérieur	Hiver tempéré
	1981-2009	18,1			Semi-aride	Supérieur	Hiver chaud



Fig.19 : Limites géographiques de Mostaganem (Khuroo 2018).



Fig.20 : Distribution de l'espèce *L. maritima* (Khuroo 2018).

Chapitre IV

Méthode de Travail et Résultats

IV.1. Méthode

Nous avons optés pour une synthèse bibliographique qui concerne quelques travaux photochimiques sur le taxon *Lobularia maritima* et d'autres espèces de la même famille. Cette synthèse permet de comparer les types d'extraits, entre aqueux et organique et leurs rentabilité, et la rentabilité en polyphénols et flavonoïdes de quelques espèces de la même famille que *L. maritima* partageant certaines caractéristiques en commun. Un exemple d'espèce d'Asteraceae est donné à titre comparatif.

Nous nous sommes appuyés sur les travaux de Guimarães et al. (2013) au Portugal, Keffous et al. (2016) à Bechar dans le sud-ouest d'Algérie, Marrelli et al. (2020) en Italie et Boufoudda et Ghennou (2019) dans la région de Mostaganem. Tous ces travaux concernent des régions avec des ambiances bioclimatiques proches au sein du climat méditerranéen ou la flore montre des ressemblances au niveau taxonomique.

IV.2. Résultats

IV.2.a. Dosage des polyphénols, Flavonoïdes et activité antioxydante

Nous procédons dans ce qui suit à une synthèse et compilation comparative entre les différents travaux des auteurs cités en haut. Le tableau suivant (**Tab.4**) présente les méthodes et les résultats des travaux effectués par Guimarães et al.(2013), Keffous et al. (2016) et Marrelli et al. (2020).

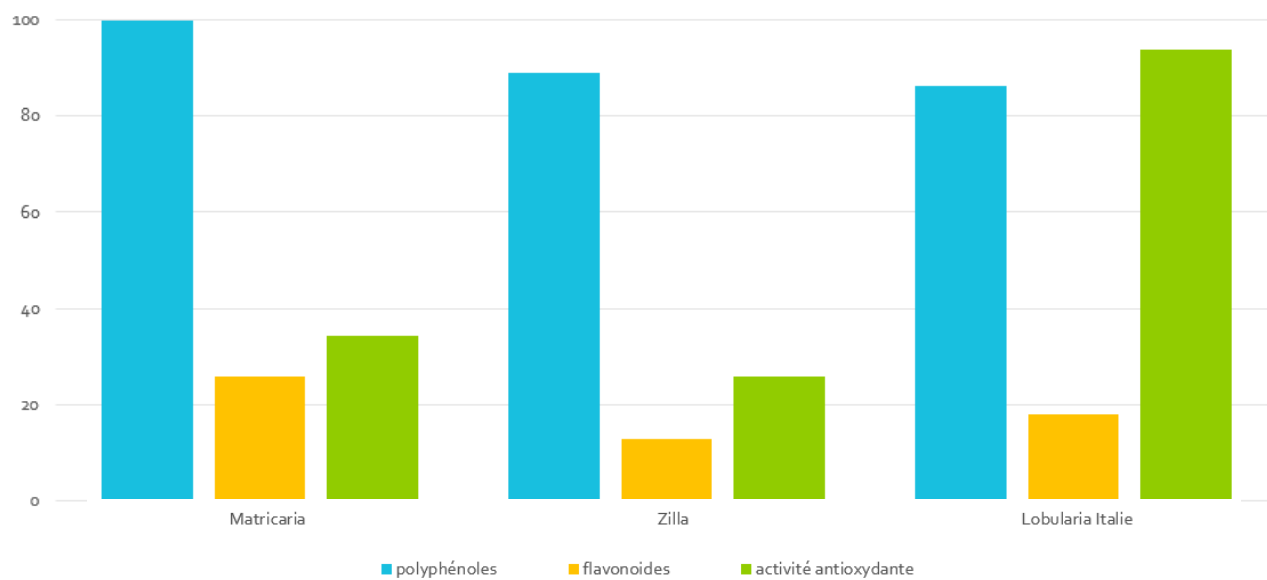


Fig. 21 : taux des Polyphénols, Flavonoïdes et activité antioxydante chez « *Matricaria*, *Zilla* et *Lobularia* » (mg/g).

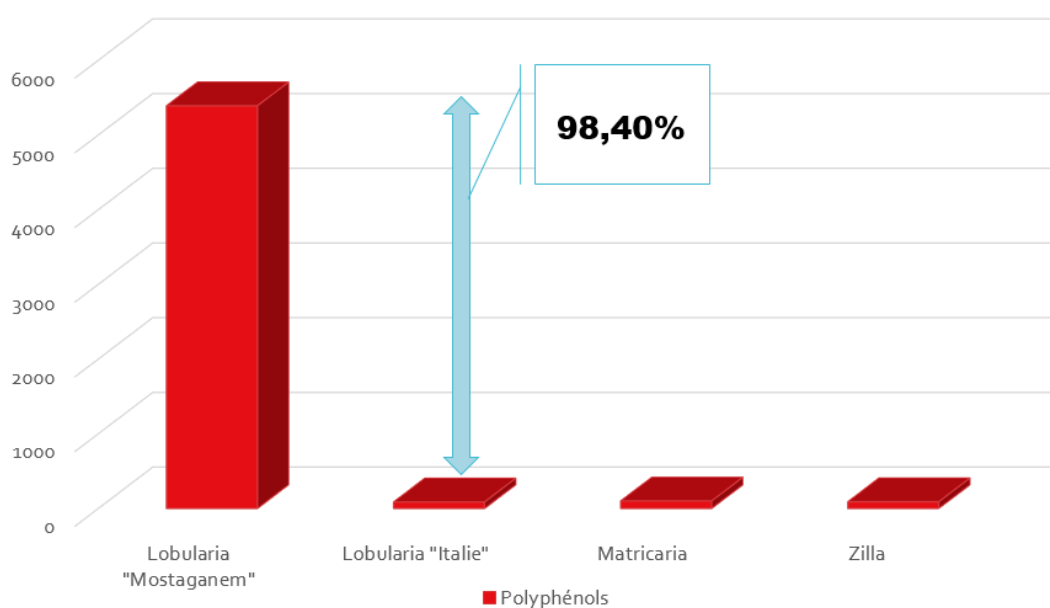


Fig. 22 : Taux des polyphénols chez *Zilla*, *Matricaria* et *Lobularia* « Italie et Mostaganem »

Chapitre IV : Méthode de travail et résultats

Tab. 4 : Comparaison des résultats phytochimiques sur *Matricaria recutita*, *Zilla macroptera* et *Lobularia maritima* (Guimarães et al. 2013 ; Keffous et al. 2016 ; Marrelli et al. 2020).

	Année	Nom de plante	Région	Méthode	Résultats
Article 1	2013	<i>Matricaria recutita</i>	Le territoire du parc naturel de Montesinho, Trás-os-Montes, nord-est du Portugal	L'extrait méthanolique : _ ajouter 1 g d'échantillon a 25 ml de méthanol _ chauffer à 25 °C pendant 1 h et à 150 tr / min _ filtrer l'échantillon.	_ La teneur totale en composés phénoliques totaux est de (3,99 g / 100g poids sec) _ En flavonoïdes 2,59 g / 100 g poids sec _ L'activité antioxydante est de 344.02 ± 18.65 µg / ml.
Article 2	2016	<i>Zilla macroptera</i>	La région de Lahmer, Bechar, au sud-ouest de l'Algérie	Extrait aqueux : _ mélanger 20 g de tiges et feuilles séchées avec 400 ml d'eau distillée _ Chauffer pendant 3 heures, puis laisser filtrer à froid _ évaporer le filtrat à 70 ° C sous pression réduite.	L'extrait aqueux avait : _ une teneur modérée en composés phénoliques totaux (89 ± 2,46 µg / mg) _ un faible niveau de flavonoïdes totaux (12.99±0.67 µg / mg) _ une activité antioxydante de 0,26 ± 0,04 mg / ml.
Article 3	2020	<i>Lobularia maritima</i>	Calabre, dans le district Reggio de Calabre à l'Italie	_ Extraction par macération avec MeOH à température ambiante (10 ml de solvant pour chaque 1 g de matériel végétal, 48 h x 3 fois) _ filtrer et sécher sous pression réduite.	_ La teneur totale en phénols et en flavonoïdes totaux égales à (86,2 ± 0,8 mg / g) et (17,85 ± 0,04 mg / g), respectivement. _ L'activité antioxydante est de (937,70 ± 8,07 µg / ml).
Article 4	2019	<i>Lobularia maritima</i>	Mostaganem, dans la région nord-ouest d'Algérie	_ Extraction par MeOH _ filtrer et concentrées à sec sous pression réduite et à température modéré (60°C)	_ La teneur totale en phénols est de : _ 5,39 et 2,22 mg d'acide gallique/mg d'extrait méthanolique et aqueux respectivement.

Chapitre IV : Méthode de travail et résultats

IV.2.b. Screening phytochimique

Tab. 5 : Résultats du screening phytochimique de *L. maritima* (Ghennou et Boufodda 2019) et *Z. macroptera* (Berreghioua 2016).

	<i>Lobularia maritima</i>	<i>Zilla macroptera</i>
Année	2019	2016
Région	Mostaganem Algérie	Bechar Algérie
Solvants d'extraction	Eau Méthanol	Eau, Méthanol, Ethanol, Hexane, Cyclohexane, Ether diethyle, Dichloromethane, Chloroforme, Acetate d'ethyle, Chloramphenicol
Flavonoïdes	+	+
Saponosides	-	+
Tanins	+	+
Essences	-	+
Alcaloïdes	+	+
Glucosides	-	+
Terpènes	-	+
Phytosterols	-	+
saponines	-	+
amines	+	+
Sesquiterpènes	-	+
Diterpènes	-	+
Triterpènes	-	+
Butanol	-	+
Acétat d'éthyle	-	+
Chloroforme	-	+
Anthracenosides	-	+
Cardinolides	-	+
Sterols	-	+
Terpénoïdes	+	-
Stéroïdes	+	-

(+) : présence ; (-) : absence

Chapitre IV : Méthode de travail et résultats

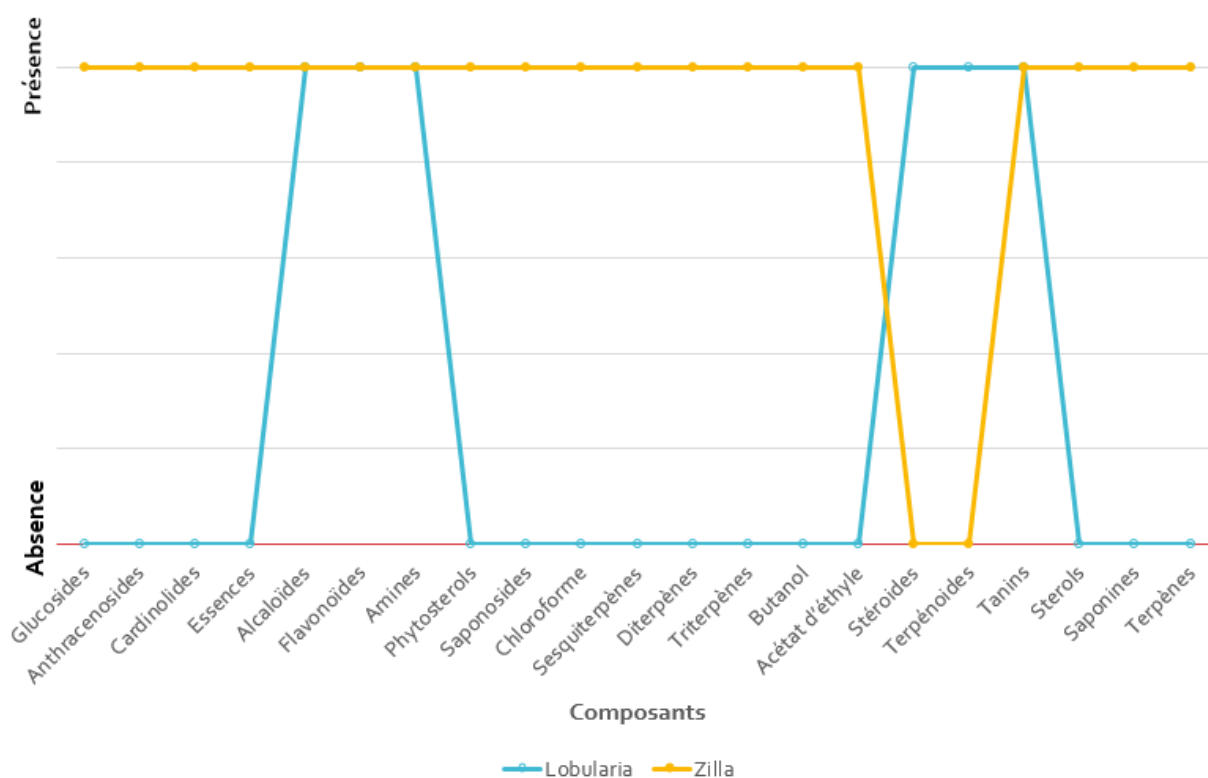


Fig. 23 : Les composants phytochimique de *Zilla macroptera* et *Lobularia maritima*.

IV.2.c. Activité antimicrobienne

Tab. 6 : Résultats de l'activité antimicrobienne de *L. maritima* (Ghennou et Boufodda 2019) et *Z. macroptera* (Berreghioua 2016).

Espèce étudiée	<i>Lobularia maritima</i>	<i>Zilla macroptera</i>
Activité antibactérienne	Aucune activité ne contre : Escherichia coli, Staphylococcus aureus Pseudomonas aeruginosa	Effet significatif contre : Escherichia coli Staphylocoque aureus Klebsiella pneumoniae

IV.3. Discussion

IV.3.a. Le taux des composés phénoliques totaux

La teneur totale en composés phénoliques totaux chez *Matricaria recutita* est de 3,99 g /100 g poids sec à partir d'un extrait méthanolique (**Tab.4**). Le résultat, des même composés, obtenu par Mokhtar (**2015**), semble moins important avec une valeur de 1.199 ± 0.0082 mg GAE/g. cette dernière avait travaillé sur un extrait aqueux d'une plante appartient à la famille des Solanacées.

Il s'avère que le méthanol reste le meilleur solvant d'extraction des polyphénols totaux (**Mahmoudi, Khali, et Mahmoudi 2013**).

Il est remarquable que la teneur en en composés phénoliques totaux de l'extrait aqueux « Le décocté » de *Zilla* est de $89 \pm 2,46$ µg/mg est proche à celle de l'extrait méthanolique « macérat » de *Lobularia maritima* avec une valeur que celle $86,2 \pm 0,8$ mg/g avec des rendements respectivement peu différent 16 ± 0.23 % et 15.2 %.

Sachant que *Lobularia* et *Zilla* sont de la même famille des Brassicaceae, la macération semble être meilleure pour l'extraction des polyphénols totaux (**Mahmoudi, Khali, et Mahmoudi 2013**).

D'après Boufadda et Ghennou (**2019**), la quantité des composés phénoliques de *Lobularia maritima* dans l'extrait méthanolique est de 5,39 mg d'acide gallique/mg d'extrait. Alors que, chez *L. libyca* l'extrait alcoolique de la plante contient 25.261 ± 0.031 mg GAE/g de plante fraîche en polyphénols et l'extrait avec l'éthyle acétate contient que 0.98 ± 0.012 mg GAE/g plante fraîche.

D'autre part, *Matricaria* affiche un rendement en composés phénoliques assez important avec extraction méthanolique (**Guimarães et al. 2013**).

Par ailleurs, plusieurs facteurs peuvent influencer sur la teneur en composés phénoliques car des études (**Ebrahimi et al. 2008 ; Falleh et al. 2008**) montrent que les facteurs extrinsèques tels que les facteurs géographiques, climatiques et environnementaux, les facteurs génétiques, le degré de maturation de la plante et la période de récolte ont une forte influence sur le contenu en polyphénols (**Miliauskas, Venskutonis, et Van Beek 2004 ; Podsędek 2007 ; Falleh et al. 2008**).

IV.3.b. Le taux des Flavonoïdes totaux

La quantité la plus importante des Flavonoïdes totaux est celle de l'extrait méthanolique de *Matricaria recutita* avec 2,59 g pour 100 g de poids sec. Par contre, *Capsicum annuum*, une plante de la famille des Solanaceae, contient 0.046 ± 0.002 mg Quercetin équivalence /g de poids sec (Mokhtar 2015).

Les Brassicaceae ont montrés des différences dans l'étude quantitative des flavonoïdes (Martínez-Sánchez et al. 2008). Nous avons remarqué que *Zilla macroptera* a montré un taux de 12.99 ± 0.67 µg/mg en Flavonoïdes corroborent parfaitement ceux de Meddour et al. (2013) qui travaillait sur un extrait aqueux de *Capparis spinosa* plante de même ordre $11,82 \pm 0,38$ µg / mg. Ces résultats restent faibles lorsque l'on compare avec celle de *Lobularia maritima* $17,85 \pm 0,04$ mg/g. Il est connu que les quantités des flavonoïdes varient selon la variété et le stade de maturation (Materska et Perucka 2005).

En ce qui concerne le solvant d'extraction, quel que soit le mode d'extraction, l'éthanol et l'acétone restent les meilleurs extracteurs des flavonoïdes. L'éthanol et l'eau sont préférables car ils ont l'avantage d'être non polluants, moins chers et non toxiques par rapport à d'autres solvants comme le méthanol (Mahmoudi, Khali, et Mahmoudi 2013).

IV.3.c. L'activité antioxydante

L'extrait aqueux de *Zilla macroptera* a un faible niveau d'activité antioxydante $0,26 \pm 0,04$ mg/ml par apport aux deux autres extraits méthanoliques. *Lobularia maritima* montre le pouvoir antioxydant le plus élevé avec une valeur de $937,70 \pm 8,07$ µg/ml suivi par *Matricaria recutita* avec 800.36 ± 49.09 µg/ml. Dans un autre résultat, Chouia et al. (2018) ont remarqués que l'activité est de 36.407 ± 0.003 µg/ml pour l'extrait des feuilles et 44.515 ± 0.08 µg/ml de son extrait de fleurs, chez une espèce de même genre.

La variation de l'activité antioxydante est due en fonction des solvants d'extraction à cause de la polarité de ces derniers ce qui influe sur la composition phytochimique et par conséquent sur le potentiel antioxydant (Teh, Bekhit, et Birch 2014 ; Yang et al. 2014).

D'après Shizuka Saito et Kawabata (2005) et Sharma et Bhat (2009), l'activité antioxydante est due essentiellement à la variabilité dans leurs profils d'absorbance de DPPH.

IV.3.d. Screening phytochimique

Les travaux antérieurs de Ghennou et Boufodda (2019) sur la composition phytochimique de *Lobularia maritima* famille des *Brassicaceae* (Tab.5), montrent la présence des terpénoïdes, tanins, stéroïdes, amines, flavonoïdes, alcaloïdes. Comme aux résultats de Berreghioua (2016), *Zilla macroptera* contient plus des composés phénoliques tels que les phytosterols, les monoterpènes et les saponines.

Selon Plotkowski et al. et Pibiri (1987 ; 2005) l'éthanol et le méthanol firent les meilleurs solvants que d'autres en extrayant les composés phénoliques, en raison de leur polarité et de leur bonne solubilité pour ces composés. Leurs résultats ont prouvé que l'éthanol était le meilleur solvant pour extraire les composés phénoliques, suivi du méthanol et finalement par de l'eau, ce qui pourrait expliquer la différence mentionnée précédemment.

IV.3.e. Activité antimicrobienne

D'après Boufodda et Ghennou (2019), et comme indiqué dans le (Tab.6) l'extrait aqueux et l'extrait méthanolique de *Lobularia maritima* ne montrent aucune activité antibactérienne contre les souches *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*, par contre les résultats obtenus par Berreghioua (2016) prouvent que *Zilla macroptera* possède un effet antimicrobien contre plusieurs souches bactériennes. L'extrait aqueux a été efficace contre les trois souches et l'extrait méthanolique contre *S. aureus* et *E. coli*. Par ailleurs, l'extrait éthanolique de *Zilla* montre une inhibition significative contre toutes les souches bactériennes testées par Berreghioua (2016).

L'activité antimicrobienne semble être due à la présence des composés polyphénoliques et des agents antimicrobiens dans les extraits de *Z. macroptera* (Berreghioua 2016).

Il a été rapporté que les composés responsables de l'action antibactérienne semblent être les diterpénoïdes phénoliques, qui sont les composés principaux de la fraction apolaire des extraits des plantes (Saito et al. 1996). Ceci pourrait expliquer la modeste activité des extraits polaires obtenus par Ghennou et Boufodda (2019).

Il convient de noter que les extraits aqueux et méthanolique de *Zilla* sont les plus actifs contre *K. pneumoniae*.

Conclusion Générale

L'objectif de ce travail menée sur les différents articles, a permis de comparer la quantification des composés phénoliques, les flavonoïdes et l'activité antioxydante entre « *Matricaria recutita*, *Zilla macroptera* et *Lobularia maritima* »

Les différents extraits étudiés renferment des teneurs très variables en flavonoïdes et en composés phénoliques et par conséquent ont des activités antioxydantes différentes. Ces teneurs en composés varient en fonction de la provenance et de nature des solvants d'extraction.

L'extraction des flavonoïdes et des polyphénols est une étape cruciale pour la valorisation de ces principes actifs naturels. Elle dépend de la méthode et du solvant approprié qui préservent leurs propriétés biologiques.

D'après notre synthèse, la meilleure méthode d'extraction des polyphénols totaux est la macération en utilisant le méthanol comme solvant d'extraction. Les différences constatés indiquent que l'extrait méthanolique de *Lobularia maritima* obtenu par macération donne le taux le plus important des composés phénoliques ($86,2 \pm 0,8$ mg/g).

La teneur en flavonoïdes totaux obtenu par macération de l'espèce *Lobularia maritima* est moins importante par rapport à ceux de *Matricaria recutita* obtenu par décoction.

Le pouvoir antioxydant de *Lobularia maritima* est le plus élevé ($937,70 \pm 8,07$ µg/ml) par rapport aux extraits de *Zilla* et *Matricaria*. Ces dernières, montrent des valeurs du pouvoir antioxydant très rapprochés.

Les résultats des propriétés biologiques des principes actifs de *Lobularia maritima* suggèrent leurs utilisations dans le domaine agroalimentaire pour protéger les aliments contre l'oxydation ou dans le domaine pharmaceutiques en fabriquant des médicaments contenant ces principes actifs naturels pour lutter contre le stress oxydatif et les maladies qui peuvent en résulter.

A partir de cette synthèse, nous constatons que la partie souterraine de cette plante reste non exploitée, alors qu'elle peut contenir plusieurs autres métabolites secondaires et de nouveau principes actifs.

Sur le plan des perspectives, nous considérons que les observations faites in vitro ne constituent que des étapes préliminaires de la recherche pour l'évaluation des propriétés biologiques des substances bioactives du *Lobularia maritima*. Ces effets doivent être explorés in vivo.

Références Bibliographiques

-A-

1. Achaintre, D. (2017). Development of a new analytical method to quantify polyphenols in biological fluids and application to cancer epidemiology within the EPIC cohort [Theses, Université de Lyon]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01978493>
2. Afzal, F., & Alvina, G. K. (2014). Oxidative Damage to Plants. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-06923-X>
3. Agouni, N., & Bedjou, F. E. (2014). Dosages des composés phénoliques et activité antioxydants des extraits de *Hyoscyamus albus*.
4. Ahmed, Z. F., Hammouda, F. M., Rizk, A. M., & Ismail, S. I. (1970). PHYTOCHEMICAL STUDIES OF CERTAIN CENTAUREA SPECIES. *Planta Medica*, 18(3), 227-231. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1099770>
5. Almeida, A. S. de, & Santos, A. F. dos. (2018). Flavonoides do Gênero *Annona*. *Diversitas Journal*, 3(2), 475. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v3i2.583>
6. Al-Shehbaz, I. A., Beilstein, M. A., & Kellogg, E. A. (2006). Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae): An overview. *Plant Systematics and Evolution*, 259(2), 89-120. <https://doi.org/10.1007/s00606-006-0415-z>
7. Al-Shehbaz, Ihsan A. (1973). The biosystematics of the genus *Thelypodium* (Cruciferae). *Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University*, 204, 3–148.
8. Al-Shehbaz, Ihsan A. (1985). The genera of Brassicaceae (Cruciferae; Brassicaceae) in the southeastern United States. *Journal of the Arnold Arboretum*, 66(3), 279–351.
9. Asakawa, B., & Asakawa, S. (2001). *California Gardener's Guide*. Cool Springs Press.
10. Avril, J.-L., Dabernat, H., Denis, F., & Monteil, F. (2000). *Bactériologie clinique—3e édition entièrement refondue et mise à jour—Broché—H. Dabernat, J.-L. Avril, Faustine Denis—Achat Livre | fnac (Ellipses)*. <https://livre.fnac.com/a884199/H-Dabernat-Bacteriologie-clinique-3e-edition-entierement-refondue-et-mise-a-jour>

-B-

11. Babayi, H., Kolo, I., Okogun, J. I., & Ijah, U. J. J. (2004). The antimicrobial activities of methanolic extracts of *Eucalyptus camaldulensis* and *Terminalia catappa* against some pathogenic microorganisms.
12. Benguerba, A. (2008). ETUDE PHYTOCHIMIQUE ET DE LA PHASE BUTANOLIQUE DE L'ESPECE *Inula crithmoides* L. [UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE]. <https://bu.umc.edu.dz/theses/chimie/BEN5084.pdf>
13. Benichou, H. (2017). Etude dendroécologique du pin pignon (*Pinus pinea* L.) dans la forêt d'Akboub Mostaganem. [Pdf, Université Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem -]. <http://e->

biblio.univ-mosta.dz/bitstream/handle/123456789/2304/M%C3%A9moire-de-Master.pdf?sequence=1&isAllowed=y

14. Berregioua, A. (2016). INVESTIGATION PHYTOCHIMIQUE SUR DES EXTRAITS BIOACTIFS DE DEUX BRASSICACEAE MEDICINALES DU SUD ALGERIEN : *Moricandia arvensis* et *Zilla macroptera* [Thesis, 12/01/2016]. <http://dSPACE.univ-tlemcen.dz/handle/112/9360>
15. Bogdan, A. I., & Baumann, L. (2008). Antioxidants used in skin care formulations. https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Antioxidants+used+in+skin+care+formulations&author=Bogdan+Allemand,+I.&author=Baumann,+L.&publication_year=2008&journal=Skin+Ther.+Lett.&volume=13&pages=5%E2%80%93939
16. Bohm, B. A. (1998). Introduction to flavonoids. *Introduction to Flavonoids*. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19990310974>
17. Bohui, P. S. G., Adima, A. A., Niamké, F. B., & N'Guessan, J. D. (2018). Etude comparative de trois méthodes d'extraction des flavonoïdes totaux à partir des feuilles de plantes médicinales : *Azadirachta indica* et *Psidium guajava*. *J. Soc. Ouest-Afr. Chim*, 46, 50–58.
18. Bosch, J., Retana, J., & Cerdá, X. (1997). Flowering phenology, floral traits and pollinator composition in a herbaceous Mediterranean plant community. *Oecologia*, 109(4), 583–591.
19. Bouchareb M, O., & Defous, N. (2019). Essai de lutte intégrée à l'égard des populations de *Tuta absoluta* sur tomate sous serre dans la région de Mostaganem. <http://e-biblio.univ-mosta.dz/handle/123456789/13057>
20. BOUHADJERA, K. (2005). Contribution a l'étude chimique et biologique de deux plantes médicinales sahariennes *Oudneya Africana* R.Br. Et *Aristida Pungens* L. Université Abou Bekr Belkaid Faculté Des Sciences Département De Chimie.
21. Brasseur, T. (1989). Anti-inflammatory properties of flavonoids. *Journal de pharmacie de Belgique*, 44(3), 235.
22. Brasseur, Thierry, Angenot, L., & Pincemail, J. (1986). Propriétés antiradicalaires, antilipoperoxydantes et antioxydantes de flavonoïdes.
23. Bruneton, J. (2009). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales* (4e éd.). Tec & Doc/Lavoisier, Paris, 279–281.
24. Brusselmans, K., Vrolix, R., Verhoeven, G., & Swinnen, J. V. (2005). Induction of cancer cell apoptosis by flavonoids is associated with their ability to inhibit fatty acid synthase activity. *Journal of Biological Chemistry*, 280(7), 5636–5645.

-C-

25. Canada, A. T., Watkins, W. D., & Nguyen, T. D. (1989). The toxicity of flavonoids to guinea pig enterocytes. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 99(2), 357–361. [https://doi.org/10.1016/0041-008X\(89\)90018-5](https://doi.org/10.1016/0041-008X(89)90018-5)
26. Candolle, A. P. de. (1821). *Mémoire sur la famille des Crucifères*. *Mémoires du Muséum*.

27. Chang-Diaz, F. R. (1989). Method of infusion extraction (United States Patent N° US4832951A). <https://patents.google.com/patent/US4832951A/en>
28. Chevreul, M. (1814). XXXII. Chemical inquiries into the nature of several fatty substances, and particularly on their combinations with the alkalis. *The Philosophical Magazine*, 44(197), 193–206.
29. Chopra, R. N., Nayar, S. L., & Chopra, I. C. (1956). *Glossary of Indian medicinal plants* (Vol. 1). Council of Scientific & Industrial Research New Delhi.
30. Chouia, A., Chouikh, A., Alia, F., Adjal, E. H., Chefrou, A., & Ait Kaki, Y. (2018). Antibacterial activity and DPPH• radical scavenging of different metabolites extracted from two plants : Essential oil from (*Matricaria recutita* L.) and flavonoids from flowers and leaves of (*Hibiscus rosa-sinensis* L.). *Analele Universității din Oradea, Fascicula Biologie*, 25(1), 26–32.
31. Cody, V., Middleton, E., & Harborne, J. B. (1986). *Plant flavonoids in biology and medicine : Biochemical, pharmacological, and structure-activity relationships : proceedings of a symposium held in Buffalo, New York, July 22-26, 1985. Progress in Clinical and Biological Research (USA)*. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US8819022>
32. COMBY, S., CARRET, G., FLANDROIS, J., PAVE, A., & PEROUSE DE MONTCLOS, M. (1988). Utilisation d'un système expert d'aide à la réalisation des examens cytobactériologiques urinaires. *Ann. Biol. clin*, 46, 669–672.

-D-

33. Davis, A. R., Pylatuik, J. D., Paradis, J. C., & Low, N. H. (1998). Nectar-carbohydrate production and composition vary in relation to nectary anatomy and location within individual flowers of several species of Brassicaceae. *Planta*, 205(2), 305–318.
34. de Queiroz Ferreira, R., Greco, S. J., Delarmelina, M., & Weber, K. C. (2015). Electrochemical quantification of the structure/antioxidant activity relationship of flavonoids. *Electrochimica Acta*, 163, 161–166.
35. Depeint, F., Gee, J. M., Williamson, G., & Johnson, I. T. (2002). Evidence for consistent patterns between flavonoid structures and cellular activities. *Proceedings of the Nutrition Society*, 61(1), 97–103.
36. Dietz, K.-J., Baier, M., & Krämer, U. (1999). Free radicals and reactive oxygen species as mediators of heavy metal toxicity in plants. In *Heavy metal stress in plants* (p. 73–97). Springer.
37. Dörr, A. (2017). Untersuchungen zur funktionellen Charakterisierung von spezifizierenden Proteinen des Glucosinolatstoffwechsels der Brassicaceae. <https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201706201418>
38. Dupont, F., & Guignard, J.-L. (2012). *Les familles de plantes* (15^e éd.). Elsevier masson S.A.S.

39. Dvořák, F. (1973). The importance of the indumentum for the investigation of evolutionary relationship in the family Brassicaceae. *Österreichische botanische Zeitschrift*, 121(3-4), 155–164.

-E-

40. Ebrahimi, S. N., Hadian, J., Mirjalili, M. H., Sonboli, A., & Yousefzadi, M. (2008). Essential oil composition and antibacterial activity of *Thymus caramanicus* at different phenological stages. *Food chemistry*, 110(4), 927–931.
41. Emberger, L. (1930). *La végétation de la région méditerranéenne: Essai d'une classification des groupements végétaux*. Librairie générale de l'enseignement.

-F-

42. Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., & Abdelly, C. (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*, 331(5), 372-379. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2008.02.008>

-G-

43. Gall, J. E., & Rajakaruna, N. (2013). The physiology, functional genomics, and applied ecology of heavy metal-tolerant Brassicaceae. *Brassicaceae : characterization, functional genomics and health benefits*, 121–148.
44. Ganzler, K., Salgó, A., & Valkó, K. (1986). Microwave extraction : A novel sample preparation method for chromatography. *Journal of Chromatography A*, 371, 299-306. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)94714-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)94714-4)
45. Gao, M., & Liu, C.-Z. (2005). Comparison of techniques for the extraction of flavonoids from cultured cells of *Saussurea medusa* Maxim. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 21(8-9), 1461–1463.
46. Ghedira, K. (2005). Les flavonoïdes : Structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 3(4), 162–169.
47. Ghedira, Kamel. (2005). Les flavonoïdes : Structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 3(4), 162–169.
48. Ghennou, S., & Boufodda, chahira. (2019). Dosage des polyphénols et activité antibactérienne de l'extrait aqueux de *Lobularia maritima* Desf. Dans la région de Mostaganem [Mémoire de mster]. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.
49. Godbold, D. L., & Hüttermann, A. (1985). Effect of zinc, cadmium and mercury on root elongation of *Picea abies* (Karst.) seedlings, and the significance of these metals to forest dieback. <https://hwbdocuments.env.nm.gov/Los%20Alamos%20National%20Labs/References/9396.PDF>

50. Gómez, J. M. (2000). Phenotypic selection and response to selection in *Lobularia maritima*: Importance of direct and correlational components of natural selection. *Journal of Evolutionary Biology*, 13(4), 689–699.
51. Grace, S. C., & Logan, B. A. (2000). Energy dissipation and radical scavenging by the plant phenylpropanoid pathway. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 355(1402), 1499–1510.
52. Guimarães, R., Barros, L., Dueñas, M., Calhella, R. C., Carvalho, A. M., Santos-Buelga, C., Queiroz, M. J. R. P., & Ferreira, I. C. F. R. (2013). Infusion and decoction of wild German chamomile: Bioactivity and characterization of organic acids and phenolic compounds. *Food Chemistry*, 136(2), 947–954. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.007>

-H-

53. Habib, O. (2012). Contribution à l'étude des agents de dégradation des ressources en sols et en eaux dans le plateau de Mostaganem [PhD Thesis].
54. Hachemaoui, K., & Oumbiche, N. (2013). Activités antioxydant et antibactérienne des polyphénols des feuilles de *Citrus reticulata* blanco (mandarine) [Université ABDERRAHMANE MIRA - Bejaia]. <http://www.univ-bejaia.dz/dspace/bitstream/handle/123456789/10360/Activit%C3%A9s%20antioxydant%20et%20antibact%C3%A9rienne%20des%20polyphénols%20des%20feuilles%20de%20Citrus%20reticulata%20blanco%20%28mandarine%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
55. Hahn, G. (2001). Kohlgewächse (Brassicaceae) : Bekannte Gemüsepflanzen, Öllieferanten und Würzkräuter, deren Arzneiwirkung oft vergessen wird. *Erfahrungsheilkunde*, 50(6), 322–339. <https://doi.org/10.1055/s-2001-15775>
56. Hamilton-Miller, J. M. T., & Shah, S. (2000). Activity of the tea component epicatechin gallate and analogues against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Journal of antimicrobial chemotherapy*, 46(5), 852–853.
57. Harikrishna, D., Rao, A. V. A., & Prabhakar, M. C. (2004). Pharmacological investigation of prunin-6"-Op-coumarate : A flavonoid glycoside. *Indian journal of pharmacology*, 36(4), 244.
58. Hauser, L. A., & Crovello, T. J. (1982). Numerical analysis of generic relationships in Thelypodieae (Brassicaceae). *Systematic Botany*, 249–268.
59. Hertog, Michaël GL. (1996). Epidemiological evidence on potential health properties of flavonoids. *Proceedings of the Nutrition society*, 55(1B), 385–397.
60. Hertog, Michael GL, Hollman, P. C., & Katan, M. B. (1992). Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands. *Journal of agricultural and food chemistry*, 40(12), 2379–2383.

61. Hodek, P., Trefil, P., & Stiborová, M. (2002). Flavonoids-potent and versatile biologically active compounds interacting with cytochromes P450. *Chemico-biological interactions*, 139(1), 1–21.
62. Hollman, P. C. H. (2004). Absorption, Bioavailability, and Metabolism of Flavonoids. *Pharmaceutical Biology*, 42(sup1), 74-83. <https://doi.org/10.3109/13880200490893492>
63. Hostetler, G. L., Ralston, R. A., & Schwartz, S. J. (2017). Flavones : Food Sources, Bioavailability, Metabolism, and Bioactivity. *Advances in Nutrition*, 8(3), 423-435. <https://doi.org/10.3945/an.116.012948>
64. Hsouna, A. B., Dhibi, S., Dhifi, W., Saad, R. B., Brini, F., Hfaïdh, N., & Mnif, W. (2019). Essential oil from halophyte *Lobularia maritima*: Protective effects against CCl₄ induced hepatic oxidative damage in rats and inhibition of the production of proinflammatory gene expression by lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages. *RSC Advances*, 9(63), 36758-36770. <https://doi.org/10.1039/C9RA05885K>
65. Huang, R., Liu, D., Zhao, M., Li, Z., Li, M., & Sui, S. (2015). Artificially Induced Polyploidization in *Lobularia maritima* (L.) Desv. And Its Effect on Morphological Traits. *HortScience*, 50(5), 636-639. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.5.636>

-J-

66. Jaccoud, S. (1872). *Nouveau dictionnaire de médecine et de chirurgie pratiques* (Vol. 16). Baillière.
67. Janchen, E. (1942). Das system der Cruciferen. *Oesterreichische botanische Zeitschrift*, 91(1), 1–28.
68. Jauzein, P. (1995). *Flore des champs cultivés*. Editions Quae.
69. Joung, J., Mangai Kasthuri, G., Park, J., Kang, W., Kim, H., Yoon, B., Joung, H., & Jeon, J. (2003). An overexpression of chalcone reductase of *Pueraria montana* var. *Lobata* alters biosynthesis of anthocyanin and 5'-deoxyflavonoids in transgenic tobacco. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 303(1), 326-331. [https://doi.org/10.1016/S0006-291X\(03\)00344-9](https://doi.org/10.1016/S0006-291X(03)00344-9)

-K-

70. Keffous, F., Belboukhari, N., Djaradi, H., Cheriti, A., Sekkoum, K., & Y Aboul-Enein, H. (2016). Total antioxidant capacity, reducing power and cyclic voltammetry of *Zilla Macroptera* (Brassicaceae) Aqueous extract. *Current Bioactive Compounds*, 12(1), 39–43.
71. Keffous, F., Belboukhari, N., Djaradi, H., Cheriti, A., Sekkoum, K., & Y. Aboul-Enein, H. (2016). Total Antioxidant Capacity, Reducing Power and Cyclic Voltammetry of *Zilla Macroptera* (Brassicaceae) Aqueous Extract. *Current Bioactive Compounds*, 12(1), 39-43. <https://doi.org/10.2174/1573407212666160210230707>

72. Kenza, L., & Merbouha, C. (2019). Amélioration des propriétés fonctionnelles d'un shampooing par l'addition de flavonoïdes [Thesis]. <http://dspace.univ-bba.dz:80/xmlui/handle/123456789/108>
73. Khobzi, M. (2017). Étude de la dynamique des populations du psylle d'olivier *Euphyllura olivina* dans la région de Hassi Mamèche « wilaya de Mostaganem » [Université Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem -]. <http://e-biblio.univ-mosta.dz/bitstream/handle/123456789/13432/%c3%89tude%20de%20la%20dynamique%20des%20populations%20du%20psylle%20d%27olivier%20Euphyllura%20olivina%20dans%20la%20r%c3%a9gion%20de%20Hassi%20Mam%c3%a8che%20wilaya%20de%20mo~1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
74. Koch, M. A., Dobeš, C., Kiefer, C., Schmickl, R., Klimeš, L., & Lysak, M. A. (2007). Supernetwork Identifies Multiple Events of Plastid *trnF(GAA)* Pseudogene Evolution in the Brassicaceae. *Molecular Biology and Evolution*, 24(1), 63-73. <https://doi.org/10.1093/molbev/msl130>
75. Kurt, O., & Evans, G. M. (1998). Genetic Basis of Variation in Linseed (*Linum usitatissimum*L.) Cultivars. *TURKISH JOURNAL OF AGRICULTURE AND FORESTRY*, 22(4), 373-380. <http://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/abstract.htm?id=2322>

-L-

76. Lang, M., Hao, M., Fan, Q., Wang, W., Mo, S., Zhao, W., & Zhou, J. (2011). Functional characterization of BjCET3 and BjCET4, two new cation-efflux transporters from *Brassica juncea* L. *Journal of Experimental Botany*, 62(13), 4467-4480. <https://doi.org/10.1093/jxb/err137>
77. Li, D., Li, B., Ma, Y., Sun, X., Lin, Y., & Meng, X. (2017). Polyphenols, anthocyanins, and flavonoids contents and the antioxidant capacity of various cultivars of highbush and half-high blueberries. *Journal of Food Composition and Analysis*, 62, 84-93. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.03.006>
78. Luo, Y., Shang, P., & Li, D. (2017). Luteolin: A Flavonoid that Has Multiple Cardio-Protective Effects and Its Molecular Mechanisms. *Frontiers in Pharmacology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00692>

-M-

79. Macheix, J.-J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux : Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR presses polytechniques.
80. Mahmoudi, S., Khali, M., & Mahmoudi, N. (2013). Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L.). *Nature & Technology*, 9, 35.

81. Marfak, A. (2003). Radiolyse gamma des flavonoïdes : Étude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools : formation de depsides [PhD Thesis]. thèse de doctorat, Limoges.
82. Marhold, K., & Lihová, J. (2006). Polyploidy, hybridization and reticulate evolution : Lessons from the Brassicaceae. *Plant Systematics and Evolution*, 259(2), 143-174. <https://doi.org/10.1007/s00606-006-0417-x>
83. Marrelli, M., Argentieri, M. P., Avato, P., & Conforti, F. (2020a). *Lobularia maritima* (L.) Desv. Aerial Parts Methanolic Extract : In Vitro Screening of Biological Activity. *Plants*, 9(1), 89.
84. Marrelli, M., Argentieri, M. P., Avato, P., & Conforti, F. (2020b). *Lobularia maritima* (L.) Desv. Aerial Parts Methanolic Extract : In Vitro Screening of Biological Activity. *Plants*, 9(1), 89. <https://doi.org/10.3390/plants9010089>
85. Marston, A., & Hostettmann, K. (2006). Separation and quantification of flavonoids. In *Flavonoids : Chemistry, biochemistry, and applications*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
86. Martin, P. (2013). Les familles des Plantes à fleurs d'Europe. <http://www.pun.be>
87. Martinez-Florez, S., González-Gallego, J., Culebras, J. M., & Tuñón, M. J. (2002). Flavonoids : Properties and anti-oxidizing action. *Nutricion hospitalaria*, 17(6), 271–278.
88. Martínez-Sánchez, A., Gil-Izquierdo, A., Gil, M. I., & Ferreres, F. (2008). A comparative study of flavonoid compounds, vitamin C, and antioxidant properties of baby leaf Brassicaceae species. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(7), 2330–2340.
89. Materska, M., & Perucka, I. (2005). Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 53(5), 1750–1756.
90. Meddour, A., Yahia, M., Benkiki, N., & Ayachi, A. (2013). ÉTUDE DE L'ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE ET ANTIBACTÉRIENNE DES EXTRAITS D'UN ENSEMBLE DES PARTIES DE LA FLEUR DU CAPPARIS SPINOSA L. *Lebanese Science Journal*, 14(1), 12.
91. Megherbi, W. (2015). L'ensablement, un risque négligé en zone tellienne littorale Cas de la région Mostaganem [Thesis, Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed]. <https://ds.univ-oran2.dz:8443/jspui/handle/123456789/460>
92. M'Hirit, O. (1999). Mediterranean forests: Ecological space and economic and community wealth. *UNASYLVA-FAO-*, 3–15.
93. Michalik, B. (2010). Amélioration des plantes avec des éléments de génétique et de biotechnologie « Hodowla roślin z elementami genetyki i | Księgarnia BookMaster ». Maison nationale d'édition agricole et forestière. <https://bookmaster.com.pl/ksiazka-423515-hodowla-roslin-z-elementami-genetyki-i-biotechnologii>
94. Mierziak, J., Wojtasik, W., Kostyn, K., Czuj, T., Szopa, J., & Kulma, A. (2014). Crossbreeding of transgenic flax plants overproducing flavonoids and glucosyltransferase results in progeny with improved antifungal and antioxidative properties. *Molecular Breeding*, 34(4), 1917-1932. <https://doi.org/10.1007/s11032-014-0149-5>

95. Miliauskas, G., Venskutonis, P. R., & Van Beek, T. A. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food chemistry*, 85(2), 231–237.
96. Mokhtar, M. (2015). Identification et propriétés biologiques des principes actifs du piment (*Capsicum annum L*) [PhD Thesis]. Thèse de Doctorat en Sciences, Univ. Mostaganem.
97. Morioka, M., Batori, Y., & Ogino, H. (2008). Developing apparatus, process cartridge, electrophotographic image forming apparatus and end portion regulating member (United States Patent N° US7418225B2). <https://patents.google.com/patent/US7418225B2/en>
98. Mucsi, I., & Pragai, B. M. (1985). Inhibition of virus multiplication and alteration of cyclic AMP level in cell cultures by flavonoids. *Experientia*, 41(7), 930–931.
99. Murat, F., Louis, A., Maumus, F., Armero, A., Cooke, R., Quesneville, H., Crollius, H. R., & Salse, J. (2015). Understanding Brassicaceae evolution through ancestral genome reconstruction. *Genome Biology*, 16. <https://doi.org/10.1186/s13059-015-0814-y>

-N-

100. Nematallah, K. A., Al-Gendy, A. A., & Zaghoul, S. S. (2013). NOVEL QUERCETIN GLYCOSIDE WITH PROMISING HEPATOPROTECTIVE ACTIVITY ISOLATED FROM LOBULARIA LIBYCA (VIV). CFW (BRASSICACEAE).
101. Ngene, J.-P., Ngoule, C. C., Kidik, C.-M. P., Ottou, P. M., Dibong, S. D., & Mpondo, E. M. (2015). Importance dans la pharmacopée traditionnelle des plantes à flavonoïdes vendues dans les marchés de Douala est (Cameroun). *Journal of Applied Biosciences*, 88, 8194– 8210-8194– 8210. <https://doi.org/10.4314/jab.v88i1.6>
102. Nies, D. H. (1999). Microbial heavy-metal resistance. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 51(6), 730-750. <https://doi.org/10.1007/s002530051457>
103. Nuttall, T. (1834). A Description of Some of the Rarer Or Little Known Plants Indigenous to the United States : From the Dried Specimens in the Herbarium of the Academy of Natural Sciences in Philadelphia.

-O-

104. Ohemeng, K. A., Schwender, C. F., Fu, K. P., & Barrett, J. F. (1993). DNA gyrase inhibitory and antibacterial activity of some flavones (1). *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 3(2), 225–230.
105. Ong, K. C., & Khoo, H.-E. (1996). Insulinomimetic effects of myricetin on lipogenesis and glucose transport in rat adipocytes but not glucose transporter translocation. *Biochemical pharmacology*, 51(4), 423–429.
106. Ong, K. C., & Khoo, H.-E. (1997). Biological effects of myricetin. *General Pharmacology: The Vascular System*, 29(2), 121–126.
107. Ong, K. C., & Khoo, H.-E. (2000). Effects of myricetin on glycemia and glycogen metabolism in diabetic rats. *Life sciences*, 67(14), 1695–1705.

108. Ozay, C., & Mammadov, R. (2017). Screening of some biological activities of *Alyssum fulvescens* var. *Fulvescens* known as ege madwort. *Acta Biologica Hungarica*, 68(3), 310-320. <https://doi.org/10.1556/018.68.2017.3.8>

-P-

109. Persans, M. W., Nieman, K., & Salt, D. E. (2001). Functional activity and role of cation-efflux family members in Ni hyperaccumulation in *Thlaspi goesingense*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(17), 9995-10000. <https://doi.org/10.1073/pnas.171039798>

110. Pessel, F. (2013). Synthèse éco-compatible de flavonoïdes fonctionnalisés par le glucose comme antioxydants potentiels [Université Paris Sud - Paris XI]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00986261>

111. Pibiri, M.-C. (2005). Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. EPFL.

112. Picó, F. X., de Kroon, H., & Retana, J. (2002). An extended flowering and fruiting season has few demographic effects in a Mediterranean perennial herb. *Ecology*, 83(7), 1991–2004.

113. Picó, F. X., & Retana, J. (2003). Seed ecology of a Mediterranean perennial herb with an exceptionally extended flowering and fruiting season. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 142(3), 273-280. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8339.2003.00172.x>

114. Pierre, M., & Lys, M. (2007). *Secrets des plantes*. Editions Artemis.

115. Pincemail, J., Meurisse, M., Limet, R., & Defraigne, J. O. (1999). Espèces oxygénées activées, antioxydants et cancer. *Medi-Sphere*, 97, 29–33.

116. Plotkowski, M. C., Beck, G., Bernardo Filho, M., Oliveira, E. F. R., Hinrasky, J., & Puchelle, E. (1987). Evaluation of the 99mtechnetium labelling effect on *Pseudomonas aeruginosa* surface properties. *Annales de l'Institut Pasteur/Microbiologie*, 138(4), 415–426.

117. Podsędek, A. (2007). Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables : A review. *LWT-Food Science and Technology*, 40(1), 1–11.

-Q-

118. Quezel, P. (1976). Les forêts du pourtour méditerranéen. Forêts et maquis méditerranéens : écologie, conservation et aménagement. Note technique MAB, 2, 9–33.

119. Quézel, P., & Santa, S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.

-R-

120. Ren, W., Qiao, Z., Wang, H., Zhu, L., & Zhang, L. (2003). Flavonoids : Promising anticancer agents. *Medicinal research reviews*, 23(4), 519–534.

121. Ribéreau-Gayon, P. (1973). Interpretation chimique de la couleur des vins rouges. *Vitis*, 12, 119–142.
122. Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology & Medicine*, 20(7), 933-956. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(95\)02227-9](https://doi.org/10.1016/0891-5849(95)02227-9)
123. Rigola, D., Fiers, M., Vurro, E., & Aarts, M. G. (2006). The heavy metal hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* expresses many species-specific genes, as identified by comparative expressed sequence tag analysis. *New Phytologist*, 170(4), 753–766.
124. Rohrig, E., Sivinski, J., & Wharton, R. (2008). Comparison of Parasitic Hymenoptera Captured in Malaise Traps Baited with Two Flowering Plants, *Lobularia maritima* (Brassicales : Brassicaceae) and *Spermacoce verticillata* (Gentianales: Rubiaceae). *Florida Entomologist*, 91(4), 621-627. <https://doi.org/10.1653/0015-4040-91.4.621>
125. Rollins, R. C. (1993). *The Cruciferae of Continental North America: Systematics of the Mustard Family from the Arctic to Panama*. Stanford University Press.
126. Roumeissa, L., & Maya, L. (2015). Comparaison de trois méthodes d'extraction des composés phénoliques et des flavonoïdes à partir de la plante médicinale : *Artemisia herba alba* Asso. 76.
127. Rubinstein, J. P. (2008, septembre 29). La famille des Crucifères (Brassicaceae). <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/brassica/fleurs.htm>

-S-

128. Saito, N., Tatsuzawa, F., Hongo, A., Win, K. W., Yokoi, M., Shigihara, A., & Honda, T. (1996). Acylated pelargonidin 3-sambubioside-5-glucosides in *Matthiola incana*. *Phytochemistry*, 41(6), 1613–1620.
129. Sato, M., Tsuchiya, H., Takase, I., Kureshiro, H., Tanigaki, S., & Iinuma, M. (1995). Antibacterial activity of flavanone isolated from *Sophora exigua* against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and its combination with antibiotics. *Phytotherapy Research*, 9(7), 509–512.
130. Schmidt, R., & Bancroft, I. (Éds.). (2011). *Génétique et génomique des brassicacées*, Texte d'origine. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7118-0>
131. Schulz, O. E. (1936a). Cruciferae. Pages 227–658 in A. ENGLER AND H. HARMS, EDS. *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, 17.
132. Schulz, O. E. (1936b). *Cruciferae*, vol 17B. Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, Germany.
133. Sharma, O. P., & Bhat, T. K. (2009). DPPH antioxidant assay revisited. *Food chemistry*, 113(4), 1202–1205.

- 134.** Shizuka Saito, & Kawabata, J. (2005). Effects of electron-withdrawing substituents on DPPH radical scavenging reactions of protocatechuic acid and its analogues in alcoholic solvents. *Tetrahedron*, 61(34), 8101–8108.
- 135.** Shoaib, M., Shah, S. W. A., Ali, N., Shah, I., Ayaz, M., Tahir, M. N., Akhtar, S., & Ayub, M. T. (2017). Synthesis, antinociceptive activity and structure activity relationship of flavone derivatives. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*, 30(5).
- 136.** Sirisha, V. L., Jain, A., & Jain, A. (2016). Enzyme immobilization : An overview on methods, support material, and applications of immobilized enzymes. In *Advances in food and nutrition, research* (Vol. 79, p. 179–211). Elsevier.
- 137.** Sivinski, J., Aluja, M., & Holler, T. (2006). Food sources for adult *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead)(Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of tephritid fruit flies (Diptera): effects on longevity and fecundity. *Entomol. Exp. Appl*, 118, 193–202.
- 138.** Sofowora, A. (2010). *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d’Afrique*. KARTHALA Editions.
- 139.** Stalikas, C. D. (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of Separation Science*, 30(18), 3268-3295. <https://doi.org/10.1002/jssc.200700261>
- 140.** Szent-Györgyi, A. (1936). Vitamin P: Flavonols as vitamins. *Nature*, 138(3479), 27–27.
- 141.** Szent-Gyorgyi, A. V. (1937). *Studies on biological oxidation and some of its catalysts*. Eggenbergersche Buchhandlung.

-T-

- 142.** Takahashi, S., & Satoh, H. (2013). Mini-review of the molecular properties and physiological functions of non-photoconvertible water-soluble chlorophyll-binding proteins (WSCPs) in Brassicaceae plants. *Brassicaceae: characterization, functional genomics and health benefits*. New York (NY): Nova Science Publishers, 111–120.
- 143.** Takhtadzhian, A. L., Takhtajan, L. A., & Takhtajan, A. (1997). *Diversity and classification of flowering plants*. Columbia University Press.
- 144.** Tatsuzawa, F., Usuki, R., Toki, K., Saito, N., Shinoda, K., Shigihara, A., & Honda, T. (2010). Acylated Pelargonidin 3-sambubioside-5-glucosides from the Red-purple Flowers of *Lobularia maritima*. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 79(1), 84–90. <https://doi.org/10.2503/jjshs1.79.84>
- 145.** Teh, S.-S., Bekhit, A. E.-D., & Birch, J. (2014). Antioxidative polyphenols from defatted oilseed cakes : Effect of solvents. *Antioxidants*, 3(1), 67–80.
- 146.** Tounekti, T., Hernández, I., & Munné-Bosch, S. (2013). Salicylic Acid Biosynthesis and Role in Modulating Terpenoid and Flavonoid Metabolism in Plant Responses to Abiotic Stress. In S. Hayat, A. Ahmad, & M. N. Alyemeni (Éds.), *SALICYLIC ACID: Plant*

Growth and Development (p. 141-162). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6428-6_8.

-U-

147. Ulanowska, K., Tkaczyk, A., Konopa, G., & Węgrzyn, G. (2006). Differential antibacterial activity of genistein arising from global inhibition of DNA, RNA and protein synthesis in some bacterial strains. *Archives of Microbiology*, 184(5), 271–278.

-V-

148. Van Hoof, G. J. (1984). The legal nature of economic, social and cultural rights : A rebuttal of some traditional views. *The right to food*, 97, 106–107.
149. Von Hayek, A. (1911). Entwurf eines Cruciferen-systems auf phylogenetischer Grundlage. *Beihefte Bot Centralblatt*, 27, 127–335.

-W-

150. Warwick, S. I., Francis, A., & Gugel, R. K. (2009). Guide to wild germplasm of Brassica and allied crops (tribe Brassiceae, Brassicaceae). Canada : Agriculture and Agri-Food Canada, 1–6.
151. Weng, C.-J., & Yen, G.-C. (2012). Flavonoids, a ubiquitous dietary phenolic subclass, exert extensive in vitro anti-invasive and in vivo anti-metastatic activities. *Cancer and Metastasis Reviews*, 31(1-2), 323–351.

-X-

152. Xavier Picó, F., & Retana, J. (2001). The flowering pattern of the perennial herb *Lobularia maritima*: An unusual case in the Mediterranean basin. *Acta Oecologica*, 22(4), 209-217. [https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(01\)01114-6](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(01)01114-6).

-Y-

153. Yadava, R. N., & Tiwari, L. (2005). Note: A potential antiviral flavone glycoside from the seeds of *Butea monosperma* O. Kuntze. *Journal of Asian natural products research*, 7(2), 185–188.
154. Yang, J., Chen, C., Zhao, S., Ge, F., & Liu, D. (2014). Effect of solvents on the antioxidant activity of walnut (*Juglans regia* L.) shell extracts. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2(9), 621–26.
155. Yashasvi, B. (2016, août 30). Brassicaceae: Characters, Distribution and Types (With Diagram). *Biology Discussion*. <http://www.biologydiscussion.com/angiosperm/dicotyledons/brassicaceae-characters-distribution-and-types-with-diagram/47923>

Site internet : (<https://www.tela-botanica.org/eflore>).

Photo : (Sakkal ; 2013)
(Chalabi ; 2020)

لوبيلاريا ماريتيما وفيرة جدا في الجزائر، وهي نبات عشبي معمر من عائلة الكرنبية. ينمو البرية في حوض البحر الأبيض المتوسط. الهدف من هذا العمل، هو مقارنة كمية الفلافونويد المستخلصة بين لوبيلاريا ماريتيما وبعض النباتات الطبية الأخرى.

هذا العمل عبارة عن دراسة استنتاجية عن فحص كيميائي نباتي لإجمالي الفينولات، وعلى مركبات الفلافونويد باعتبارهم أهم فئة من عائلة البوليفينول وأيضا على النشاط المضاد للأكسدة.

تتناول هذه الدراسة ثلاثة مستخلصات نباتية. يتم الاستخلاص بطريقتين "الإغلاء والنقع"، الأولى هي مستخلص ميثانولي تم الحصول عليه عن طريق الإغلاء من ماتريكاريا ريكوتيتا وهي أستراسيا، والمستخلص المائي الثاني عن طريق الإغلاء من زيبلا ماكروبتيرا والمستخلص المائي الثالث الذي تم الحصول عليه عن طريق تسكين لوبيلاريا ماريتيما وكلاهما من عائلة الكرنبية.

شير نتائج البحث إلى أن النوع م. ريكوتيتا يحتوي على إجمالي محتويات الفينول من 3.99 جم / 100 جم من الوزن الجاف، والفلافونويد 2.59 جم / 100 جم من الوزن الجاف ولها نشاط مضاد للأكسدة 18.65 ± 344.02 ميكروجرام / مل، وقد أظهر المستخلص المائي ل. ز. ماكروبتيرا أن مستوى إجمالي المركبات الفينولية هو 89 ± 2.46 ميكروجرام / ملغم. وهو أقل حتى بالنسبة للفلافونويد الكلي 12.99 ± 0.67 ميكروجرام / ملغم. النشاط المضاد للأكسدة من نفس المستخلص المائي هو 0.26 ± 0.04 ملغم / مل.

وأخيراً، أظهر محتوى ل. ماريتيما 86.2 ± 0.8 مجم / جم من الفينولات ومستوى يساوي 17.85 ± 0.04 مجم / جم من مركبات الفلافونويد. نشاطها المضاد للأكسدة هو 937.70 ± 8.07 ميكروجرام / مل. الطرق المختلفة تعطي مستويات مختلفة جدا من مركبات الفلافونويد والمركبات الفينولية وبالتالي الأنشطة المختلفة المضادة للأكسدة.

الكلمات الدالة: لوبيلاريا ماريتيما، زيبلا ماكروبتيرا، ماتريكاريا روكوتيتا، مستخلص مائي، مستخلص عضوي، محصول، فلافونيدات، الكرنبية، البحر الأبيض المتوسط

Lobularia maritima (L.) Desv. Très abondante en Algérie, est une plante herbacée vivace de la famille des Brassicaceae. Elle pousse à l'état sauvage dans le bassin méditerranéen. Le but de ce travail était de comparer la quantité des flavonoïdes extraites entre *Lobularia maritima* et quelques autres plantes médicinales.

Le présent travail est une étude de synthèse sur un screening phytochimique des phénols totaux, sur des flavonoïdes comme étant la classe la plus importante de la famille des polyphénols et sur l'activité antioxydante.

Cette étude concerne trois extraits de plante. L'extraction se fait par deux méthodes

« décoction et macération », le premier est un extrait méthanolique obtenu par décoction de *Matricaria recutita* qui est une Asteraceae, le deuxième extrait aqueux par décoction de *Zilla macroptera* et le troisième extrait méthanolique obtenu par macération de *Lobularia maritima* qui toute les deux sont des Brassicaceae.

Les résultats de recherche montre que l'espèce *M. recutita* a des teneurs en composés phénoliques totaux de 3,99 g/ 100g poids sec, en flavonoïdes 2,59 g/ 100 g poids sec et qu'elle a une activité antioxydante de 344.02 ± 18.65 µg/ml. L'extrait aqueux de *Z. macroptera* a montré que le taux des composés phénoliques totaux est de $89 \pm 2,46$ µg/mg. Il est encore plus faible pour les flavonoïdes totaux 12.99 ± 0.67 µg/mg. L'activité antioxydante du même extrait aqueux est de $0,26 \pm 0,04$ mg/ml.

Enfin *L. maritima* a montré une teneur de $86,2 \pm 0,8$ mg/g en phénols et un taux égales à $17,85 \pm 0,04$ mg/g en flavonoïdes. Son activité antioxydante est de $937,70 \pm 8,07$ µg/ml. Les différentes méthodes comparées donnent des teneurs très variables en flavonoïdes et en composés phénoliques et par conséquent des activités antioxydantes différentes.

Mots Clés : *Lobularia maritima*, *Zilla macroptera*, *Matricaria recutita*, Extrait aqueux, Extrait organique, Rendement, Flavonoïdes, Brassicaceae, Méditerranée.