

République Algérienne Démocratique et Populaire

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



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

BELARBI Amina et Djeziri Khadidja

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES

Spécialité : Nutrition et Pathologie

THÈME

**Effet thérapeutiques et
biologiques de l'extrait du
pourpier (*Portulaca oleracea*)**

Soutenue publiquement le 11/07/2020

DEVANT LE JURY

Présidente	Dr ZERROUKI Kheira	MCB	U. Mostaganem
Encadrante	Dr YAHLA Imène	MCB	U. Mostaganem
Examinatrice	Dr BOUKEZZOULA Nawel	MCB	U. Mostaganem

Remerciements

En premier lieu et avant tout, Je tiens tout d'abord à remercier ALLAH le tout-puissant, le clément, le miséricordieux de m'avoir aidé tout au long de mes années d'étude et de m'avoir donné la patience, la force et le courage pour arriver à ce stade et d'accomplir ce modeste travail car sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.

L'aboutissement de ce mémoire a été contribué grâce au concours de plusieurs personnes, à travers leur amour, leur amitié et leur appui et à qui on voudrait témoigner toute notre reconnaissance.

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à tous nos professeurs qui ont contribué à notre formation. Nous exprimons d'abord les grands remerciements et notre profonde reconnaissance à **Dr. YAHLA Imène**, qui a encadré et dirigé ce travail depuis les premiers instants. Nous le remercions pour son sérieux et ses efforts Afin de nous aider, de nous conseiller et de nous orienter, son ouverture d'esprit et sa vision de la recherche scientifique, ont été importants pour nous que ses connaissances scientifiques et ont largement contribué à l'évolution de cette étude. Nous lui exprimons notre profond respect et nos chaleureux remerciements.*

*Nos remerciements s'adressent aux membres du jury **Dr ZERROUKI Kheira** et **Dr BOUKEZZOULA Nawel**, pour leur disponibilité à évaluer le présent mémoire et leur participation au jury de soutenance.*

Nous tenons à remercier gracieusement toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Enfin, un remerciement très chaleureux à nos amis en particulier, ceux de notre promotion.

DEDICACES

Je dédie ce travail

A Mon très cher Père, BELARBI Abd Allah

En vous, je vois un père dévoué à sa famille. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Mon adorable Mère, BELARBI ZOHRA

En vous, je vois la maman parfaite, toujours prête à se sacrifier pour le bonheur de ses enfants. Vos prières et votre bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

A ma 2^{ème} maman, ma très chère sœur Safia, et son mari keder

A ma jumelle, ma petite chère sœur Miyou et ça petite fille Jennah

A mon 2^{ème} papa. mon très chère frère kadirou et ça petite famille Linda et Abobker El Sadik

Merci d'avoir été là pour moi quand j'avais toujours besoin de vous, je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

Mes grands parents, mes oncles & tantes, cousins & cousines

Qui je le sais ma réussite est très importante pour vous. Que Dieu vous paye pour tous vos bienfaits.

A mon binôme khadidja

Mes très chères amies et mes collègues

Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous, votre joie gaité me comblent de bonheur, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

Amina

DEDICACES

C'est avec immense fierté et respect que je dédie ce modeste travail :

A ceux qui donnent un sens à mon existence, à la lumière de mes yeux en témoignage de votre affection et de votre amour, pour votre patience et votre soutien pendant les moments que j'ai traversé,

*A ma très chère **mère***

J'espère que dieu vous protège et vous garde.

*Et Mon très cher **père***

que Dieu lui fasse miséricorde et fasse de sa place le paradis.

A mes très chers frères

Et mes très chères sœurs

A ma binôme : Belarbi Amina.

A mes meilleures amies qui m'ont toujours ouvert les portes de l'espoir :

Imene, Amina, Hanane, Lamya, Nour, Ines, Ikram Et Ratiba.

A toute ma famille.

A mes ami(e)s de la promotion de master Nutrition et Pathologie .

A tous ceux qui ont pris place dans mon cœur et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Khadidja

Sommaire

Sommaire

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale 02

Etude bibliographique

Chapitre I : Généralités sur *Portulaca oleracea* L.

I.1 Définition 6

I.2 Systématique de *Portulaca oleracea* L 7

I.3 Caractères morphologiques 7

I.4 Composition biochimique 9

I.5 Origine, habitat et exigences 9

I.6 Culture et récolte 10

I.7 Utilisation 10

Chapitre II : Généralités sur les composés phénoliques

II.1 Généralités sur les métabolites secondaires 13

II.2. Généralités sur les composés phénoliques 13

II.2.1 Biosynthèse des composés phénoliques 14

II.2.1.1 Voie de Shikimique 14

II.2.1.2 Voie d'acétate 14

II.2.2 Principales classes des polyphénols 14

II.2.2.1 Les acides phénoliques simples 14

II.3 Généralités sur les flavonoïdes 16

II.3.1 Structure chimique et classification 16

II.3.2 Localisation et distribution 18

II.3.3 Biodisponibilité des flavonoïdes 18

II.4 Généralités sur les tannins 19

II.4.1 Types et structures 19

II.4.1.1 Les tannins hydrolysables 19

II.4.1.2 Les tannins condensés 20

II.5. Activités biologiques des composés phénoliques	20
II.5.1 Activité antioxydante	20
II.5.2 Activité Anti-inflammatoire.....	24
Partie II : études expérimentale	28
Chapitre III : Matériels et méthode	28
III.1.Cadre de l'étude.....	28
III.2.Appareillages et réactifs	28
III .3.Echantillonnage de la	28
III.5.Méthodes d'analyses	28
III.5.1.Méthodologie de séchage	28
III.5.1.1.Séchage à l'air libre	28
III .5.1.1.1Protocole.....	28
III.5.2.Détermination des propriétés physico-chimiques de la plante fraîche et sèche...	29
III.5.2.1.Protocole expérimental	29
III.5.2.1.1.Préparation de l'extrait	29
III.5.2.1.2.Rendement d'extraction	29
III.5.2.1.3.Dosage des polyphénols totaux	29
III.5.2.1.3.1.Principe	29
III – 2.1.2. Protocole.....	30
III.5.2.1.3.2.Mode opératoire.....	30
III.5.2.1.4.Dosage des flavonoïdes.....	30
III.5.2.1.6.Détermination de IC 50.....	30
III.5.2.1.7. Test de la réduction du fer FRAP (Ferricreducing-antioxidant power)	31
III.5.2.1.7.1.Principe	31
III.5.2.1.7.2.Mode opératoire	31
III.5.2.1.8.Détermination de l'Activité Anti-inflammatoire (in vitro)	32
III.5.2.1.9Méthode de stabilisation de la membrane HRBC	32
III.5.2.1.9.1.Préparation de globules rouges	32
III.5.2.1.9.2Hémolyse induite par la chaleur	32

Chapitre IV : Résultats et discussion .

IV.1. Le rendement d'extraction	35
IV. 2. Teneur en polyphénols totaux	35
IV.3. Teneur en flavonoïdes	36
IV.4. Etude de l'activité anti-oxydante.....	37
IV.4.1.Résultats de la réduction du fer.....	37
IV.4.2. Test de piégeage du radical libre DPPH	38
IV.5. Etude de l'activité anti-inflammatoire (in vitro)	39
IV.5..1. Test de dénaturation des protéines.....	39
IV.5.2. Recherche de l' effet anti hémolytique	40
Conclusion	44
Références bibliographiques	47

RESUME

Notre travail a porté sur l'étude des activités biologiques de l'extrait des feuilles de *Portulaca oleracea* L. L'analyse de cet extrait a révélé la présence de quelques groupes chimiques (polyphénols totaux et flavonoïdes) susceptibles d'exprimer les activités recherchées et leurs teneurs ont été déterminées par des méthodes spectrophotométriques. L'activité antioxydante in vitro a été étudiée avec deux méthodes différentes : technique de réduction du radical libre DPPH et le test de réduction du fer (FRAP). Les résultats obtenus ont montré que l'extrait peut agir en tant que piègeur de radicaux. L'exploration de l'activité anti inflammatoire in vitro a montré que l'extrait possède une forte capacité d'inhiber la dénaturation protéique à raison de 236,75 % . L'analyse biologique effectuée sur les érythrocytes isolés à partir du sang humain sain par les extraits éthanoliques montre que la plante *Portulaca oleracea* L. est très faiblement toxique avec un taux hémolyse qui ne dépasse pas 0,857 % respectivement.

Mots clés : feuilles de *Portulaca oleracea* L., polyphénols totaux, flavonoïdes totaux, effet hémolytique, activité antioxydante., activité anti-inflammatoire.

ABSTRACT

Our work focused on the study of the biological activities of the extract of the leaves of *Portulaca oleracea* L. The analysis of this extract revealed the presence of some chemical groups (total polyphenols and flavonoids) likely to express the desired activities and their contents were determined by spectrophotometric methods. The in vitro antioxidant activity was studied with two different methods: DPPH free radical reduction technique and the iron reduction assay (FRAP). The results obtained showed that the extract can act as a radical scavenger. The exploration of the anti-inflammatory activity in vitro showed that the extract has a strong capacity to inhibit protein denaturation at a rate of 236.75%. The biological analysis carried out on erythrocytes isolated from healthy human blood by ethanolic extracts shows that the plant *Portulaca oleracea* L. is very weakly toxic with a rate of hemolysis that does not exceed 0.857% respectively.

Key words: *Portulaca oleracea* L., total polyphenols, total flavonoids, hemolytic effect, antioxidant activity, anti-inflammatory activity

الملخص

تركز عملنا على دراسة الانشطة البيولوجية لمستخلص أوراق *Portulaca oleracea L*

وكشف تحليل هذا المستخلص عن وجود بعض المجموعات الكيميائية (البوليفينول الكلي و الفلا فونويد) القادرة على التعبير عن الانشطة المرغوبة وتم تحديد محتوياتها بواسطة طرق القياس الطيفي. تمت دراسة النشاط المضاد للأكسدة *in vitro* بطريقتين مختلفتين: تقنية تقليل الجذور الحرة DPPH واختبار الحد من الحديد (FRAP) وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن المستخلص يمكن أن يعمل كمزيل للراديكاليين.

وقد أظهر التحقيق في النشاط المضاد للالتهابات *in vitro* أن المستخلص له قدرة قوية على منع تمسخ البروتين بنسبة % 236,75.

أظهرت نتائج تأثيري المستخلص الكحولي للجزء العلوي للنبتة بواسطة منقوع الساخن على كريات الدم الحمراء المعزولة من دم إنسان معافى ان هذه النباتة تحتوي على سمية منخفضة جدا لا تتجاوز % 0,857 بالنسبة للمنقوع الساخن.

الكلمات المفتاحية : أوراق *Portulaca oleracea L* ، نشاط مضاد للأكسدة ، نشاط مضاد للالتهابات ، البوليفينولات، الفلا فونويدات، تأثير انحلال الدم.

Liste des abréviations

Abs : Absorbance

ADN : Acide désoxyribonucléique.

AG : Acide gras

ALA : Acide α -linoléinique

AlCl₃ : Trichlorure d'aluminium

Al(OH)₃ : Hydroxyde d'aluminium

ARNm : acide ribonucléique messenger, ARN messenger

CAT : Catalase

Cm : centimètre

COX-2 : Cyclooxygénase 2

CPOP : Polysaccharide de *Portulaca oleracea* L. brute

Ca : calcium

Cl : chlore

D-gal : D-galactose

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

EELS : l'extrait éthanolique de *lepidum sativum*

EAG/g: Equivalent d'acide gallique par gramme

E GA/g ES : équivalent acide gallique par gramme d'extrait sec

EA :Extrait aqueux

EQ/g : Equivalent de quercetine par gramme de matière sèche

ERO : Espèces réactives d'oxygène

FRAP : ferric reducing-antioxidant power

F: fer

Fe cl₃ :Le chlorure de fer(III)

FSH : Follicle-stimulating Hormone

GAE : équivalents d'acide gallique

GPx : Glutathion peroxydase

GR : Glutathion réductase

GSH : Glutathion

GST : Glutathion-S-transférase

g : gramme

h : heure

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène

HUVEC : Cellules endothéliales de la veine ombilicale humaine

HCN : Le cyanure d'hydrogène

IC₅₀ : Concentration inhibitrice à 50 %

IL-6 : Interleukine 6

iNOS : Nitrique oxyde synthase inducible

IL-1 β : Interleukine 1 bêta

IL-8 : Interleukine 8

ICAM-1 : Inter Cellular Adhesion Molecule

K : potassium

Kg : kilogram

KDA: kilodalton

LH : Luteinizing Hormon

LPS : Lipopolysaccharides

M :masse molaire

MCP-1 : La protéine 1 chimioattractante des monocytes

MDA : Malondialdéhyde

m : mètre

mm : millimètre

Mg : Magnésium

mg : Milligramme

min : Minutes

ml : Millilitr

nm : nanomètre

NF-κB : Nuclear factor-kappa B

N : Normalité

Na : sodium

NO•: Monoxyde d'azote.

NO₂ : Nitrite

NO₃:Nitrate

OE : Oleracein E

OMS : Organisation mondiale de la santé

OH : Fonctions hydroxyles

OVA : Ovalbumine

P : phosphore

PBS :Le tampon phosphate salin

Ph : Potentiel hydrogène

PPT :polyphénols totaux

PSO : seed oil of purslane

QE : Equivalents de Quercétine

R : Rendement

RPM · Revolutions per minute

SBA : sérum bovine albumin

SOD : Superoxyde dismutase

TBARS : Thiobarbituric acid

TNF-α : Facteur de nécrose tumorale α

UV :Le rayonnement ultraviolet

μg : microgramme

μg EAA/gES : microgramme équivalent acide ascorbique par gramme d'extrait sec

μg EAG/mg MS : microgramme équivalent acide gallique par milligramme de matière sèche

μg E GA/g ES : microgramme équivalent acide gallique par gramme d'extrait sec

μg ER/mg : microgramme équivalent à la rutine par milligramme

μl : Microlitre

VCAM-1 : Adhésion des cellules vasculaires molécule-1

Zn : zinc

% : Pourcentage

°C : symbole degré Celsius

LISTE DES FIGURES

Figures	Pages
Figure 01 : <i>Portulaca oleracea</i> L. (originale)	6
Figure 02 : Feuille. (Original)	8
Figure03 : Fleur. (Original)	8
Figure 04 : Racine	8
Figure 05 : Principaux acides hydroxycinnamiques (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).	14
Figure 06: Principaux acides hydroxybenzoïques (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).	15
Figure 07: Principaux types de coumarines (Macheix et al, 2005).	15
Figure 08 : Structure chimique de base des flavonoïdes (Krishna et al, 2001)	16
Figure 09 : structures des tannins (Bahaz et Rachdi, 2010)	20
Figure 10: feuilles de <i>Portulaca oleracea</i> séchées.	28
Figure 11 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique.	35
Figure 12 : Courbe d'étalonnage de catéchine	36
Figure 13: Pourcentages d'inhibition du fer en fonction des différentes concentrations d'extrait	38
Figure 14: Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations d'extrait	38
Figure 15: L'évolution des absorbances dans les tubes contenant une suspension	41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	page
Tableau I: Distribution alimentaire des principales classes de flavonoïdes	17
Tableau II : Effets antioxydants du <i>Portulaca oleracea</i> L.	22
Tableau III. Effets anti-inflammatoires du <i>Portulaca oleracea</i> L	26
Tableau IV: Teneur en phénols totaux dans l'extrait éthanolique	36
Tableau V : Teneur en flavonoïdes dans l'extrait éthanolique	37
Tableau VI : Effets anti inflammatoire de l'EELS in vitro	40

INTRODUCTION

Les plantes ont été utilisées dans la médecine traditionnelle pendant plusieurs millénaires.

La curiosité et le principe innés de la doctrine de signature préconisée par Para celsus (1493–1541) qui, indiquant la possibilité d'identification des particularités et vertus de chaque plante par sa " signature " (forme, couleur), ont guidé les premiers hommes dans le choix des nouvelles préparations devant être testées (**Rodriguez, 2007**). Dans les dernières décennies il y a eu un intérêt croissant pour l'étude des plantes médicinales et leur utilisation traditionnelle dans différentes régions du monde (**Muthu et al., 2006**).

Il y a environ près de 240 000 à 300 000 espèces de plantes à fleur sur terre. Moins de 10% de ces espèces auraient été étudiés scientifiquement pour leurs propriétés pharmacologiques (**Diallo, 2000; Anthony et al., 2005**).

Dans le cadre de la valorisation de la médecine traditionnelle, il y a eu un intérêt croissant ces dernières décennies dans l'étude des plantes médicinales et leurs utilisations traditionnelles dans différentes régions du monde. Aujourd'hui, selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), près de 80% des populations dépendent de la médecine traditionnelle pour des soins de santé primaire. Des avantages économiques considérables dans le développement de la médecine traditionnelle et dans l'utilisation des plantes médicinales pour le traitement des diverses maladies ont été constatés (**Muthu et al., 2006**) d'où la nécessité d'une valorisation de la médecine traditionnelle.

L'Algérie dispose d'une grande diversité floristique à laquelle s'ajoute une tradition séculaire d'utilisation traditionnelle des plantes. Ce potentiel de plantes médicinales comporte des milliers d'espèces présentant divers intérêts et constituent un axe de recherche scientifique, plus particulièrement dans le domaine des substances naturelles. Dans ce contexte , notre choix s'est porté sur « *Portulaca oleracea L.* » connue sous le nom « redjila » en Algérie que l'on retrouve dans le pourtour méditerranéen, dans le centre européen et en Afrique (**Lim et Quah, 2007**).

Cette plante est utilisée dans certaines préparations alimentaires traditionnelles en Algérie, Egypte et en Chine, en vue de sa richesse en plusieurs composés antioxydants, tels que les Omega-3, les flavonoïdes, les minéraux, les vitamines A, C, E et β carotène (**Simopolouset al., 2005**).

L'objectif de notre travail consiste à caractériser l'extrait de *Portulaca oleracea L* et évaluer l'activité anti-oxydante et l'activité anti- inflammatoire de cette plante.

Pour cela notre travail est divisé en deux parties :

La première est une synthèse des données bibliographiques qui se divise en chapitres :

- Le premier correspond à des généralités sur *portulaca oleracea L.*

INTRODUCTION

- Le deuxième chapitre correspond à des généralités sur les composés Phénoliques .

La deuxième partie porte sur les manipulations et les expérimentations faites sur la plante et elle comprend aux différentes analyses (biochimiques) réalisées sur la poudre obtenues .

Une troisième et dernière partie qui révèle tous les résultats obtenus ainsi que leur discussion, et à la fin, on termine par une conclusion et quelques perspectives

*Etude
bibliographique*

Chapitre I

GENERALITES SUR Portulaca oleracea L.

I.1 .Définition

Portulacaceae est une famille de plantes dicotylédones qui comprend 20 genres et 500 espèces (**Jones et Luchsinger, 1987**). La dite famille constitue des herbes vivaces ou annuelles, souvent succulentes (**Ware, 1967**).

Le genre *Portulaca* (**figure 01**) comprend plus de 100 espèces de plantes herbacées annuelles, charnues ou sarmenteuses (**Bailey et Bailey, 1976**). Il tient son nom du latin, *Portula* qui signifie «petite porte», à cause de la forme de l'ouverture de sa capsule.

Plusieurs espèces de ce genre sont cultivées comme légume appelé Olera (**Gallino, 2001**). Citant quelques espèces *P. pilosa* L. et *P. tuberosa* R en Afrique australe, *P. quandrifida* L. en Afrique tropicale, *P. retusa* Engelm en Amérique du Nord, *P. pilosa* L. en Amérique du Sud, *P. napiformis* Muell. en Australie et *P. oleracea* L. en Afrique du nord (**Bermejo et Leon, 1994**).

Cependant, il existe d'autres noms communs qui proviennent de différentes racines : *lonica* ou *louina* (sanskrit), *koursa* (hindoustani), *kholza* et *perphen* (perse), *adrajneagria* (grec).



Figure 01 : *Portulaca oleracea* L. (originale)

Les Arabes du moyen-âge l'appelaient *Baqalahamqa*, ce qui signifie «légume fou» du fait que ses branches se répandent sur le sol sans contrôle. Tandis que, les agronomes hispanoarabes d'Andalousie (10-15^{ème} siècle) utilisaient le nom de *rigla* qui signifie «pied» certainement à cause de ses feuilles dactyliformes (**Bermejo et Leon., 1994**).

Ce groupe des espèces est aussi appelé «pourpier potager» du fait qu'il est utilisé comme légume. En effet, le pourpier est originaire des régions tropicales et subtropicales du globe, et spontané dans toute l'Europe (**Couplan, 2009**). Il est présent dans toute l'Afrique tropicale (**Grubben et al, 2004**).

I.2 .Systématique de *Portulaca oleracea* L.

Il existe plusieurs classifications de cette espèce, la plus récente est celle d' **APG III (2009)** est donnée comme suit :

Clade : Angiospermes

Clade : Dicotylédones vraies

Clade : Noyau des Dicotylédones vraies

Ordre : Caryophyllales

Famille : Portulacaceae

Une autre classification proposée par Cronquist, (1981) est la suivante :

Règne : Plantae.

Sous règne : Viridiaeplantae.

Division : Magnoliophyta.

Classe : Magnolipsida.

Sous classe : Caryophyllidae.

Ordre : Caryophyllales.

Famille : Portulacaceae.

Genre : *Portulaca*.

Espèce : *oleracea*.

I.3.Caractères morphologiques

Portulaca oleracea L. est une plante herbacée annuelle (**Bermejo et Leon, 1994**). Elle se développe en touffe et peut atteindre 30 cm de hauteur (**Bourgeois, 1993**).

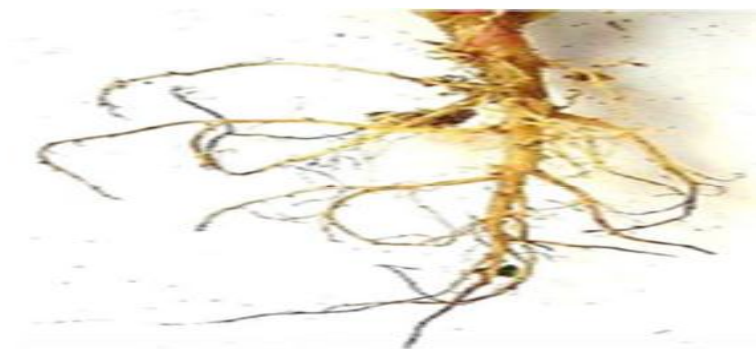
La tige est cylindrique, épaisse, plane, succulente et totalement glabre succulente et totalement glabre (**Akobundu, 1989**), souvent rougeâtre mesurant de 0,2 à 0,5m de longueur (**Holm et al, 1977**).

Les feuilles (**figure 02**) sont opposées et parfois alternes (**Beloued, 2009**), à pétiole mesurant entre 1 et 3mm de long. Le limbe obovale à spatulé, épais et succulent de 0,5 à 2cm (**Grubben et Denton, 2004**). La nervure principale est marquée par une dépression longitudinale sur la face supérieure du limbe (**Bourgeois et Merlier, 1995**).

**Figure 02** : Feuille. (Original)**Figure03** : Fleur. (Original)

La racine (**figure04**) est pivotante, épaisse, mesurant entre 2 à 11cm (**Reaume, 2009**). De nouvelles racines peuvent se développer à partir des rameaux (**Bourgeois et Merlier, 1995**). Les fleurs (**figure03**) sont axillaires et solitaires.

Elles sont sessiles, de couleur jaune (**Grubben et Denton, 2004**) mesurant entre 5 à 10mm de large et 4 à 6mm de long. Le calice est composé de 2 sépales larges avec une base soudée à l'ovaire et une partie supérieure libre mesurant de 3 à 4mm. La corolle comprend 5 pétales libres, bilobés ou trilobés au sommet d'une largeur de 3 à 6mm. L'androcée porte de 6 à 15 étamines, insérées a fond du tube, à filet jaunâtre (**Reaume, 2009**).

**Figure 04** : Racine

Le gynécée est à Original ovaire semi-infère surmonté d'un style jaune de 4 à 6 stigmates linéaires ciliés (**Bourgeois et Merlier, 1995**).

Le fruit est une capsule déhiscente, de forme globuleuse mesurant de 4 à 8mm et contient de nombreuses graines. Ces dernières sont noires, orbiculaires et réniformes d'un diamètre de 0,5 à 1mm (**Grubben et Denton, 2004**).

I.4 .Composition biochimique

L'analyse phytochimique de *Portulaca oleracea* révèle la présence d'une quantité importante de polyphénols à savoir : les flavonoïdes, les coumarines, les glycosides monoterpènes et les alcaloïdes (**Dianyu et al, 2011; An Sook et al, 2012**). Ces composés phénoliques sont responsables de l'activité anti-radicalaire (**Lim et Quah, 2007**).

La dite espèce contient des éléments minéraux (Ca, Mg, K, Fe, Zn, Na et Cl) à des concentrations variables selon le stade de maturation (**Uddin et al, 2012**).

La plante contient aussi de l'acide gras Omega-3 (**Abdel-Moneimet al, 2011**).

Notamment, ses feuilles contiennent l'acide alpha-linoléique, alphanatocophérol et l'acide ascorbique avec une quantité très importante que les feuilles des épinards (**Simopoulos et al, 1992**).

I.5. Origine, habitat et exigences

Portulaca oleracea L. est l'une des plantes horticoles les plus répandues dans l'ancien monde. Elle a été transportée vers l'Amérique et l'Europe et implantée dans les jardins, au bord des chemins et devant les roches (**Holm et al, 1977, Hernandez et Leon, 1994**).

L'origine de cette plante reste peu connue. En effet, plusieurs zones tempérées de l'hémisphère Nord ont été proposées (**Haudricout et Hedin, 1993**). Elle se développe dans l'Eurasie, l'Europe du sud (**Tutin, 1993**), l'Asie occidentale, la Chine (**Schoch et al, 1998**), l'Inde et dans le Sahara de l'Afrique du Nord, cela pourrait expliquer l'aspect succulent de la plante (**Holm et al, 1977**).

Le pourpier est une plante facultative de jours courts (**Gutteman, 1974**). Une photopériode de jours longs (16h) stimule la croissance végétative tandis qu'une photopériode de jours courts (12h) stimule la croissance reproductive (**Vengris et al, 1972**). Elle tolère différentes intensités lumineuses ; mais la plus élevée provoque les plus grands rendements en poids frais et la croissance de l'espèce (**Zimrnerman, 1976**).

Le pourpier est sensible au froid, de même aux températures de réfrigération. Toutefois, les graines peuvent bien survivre dans les zones où les températures hivernales sont inférieures à 30°C. Par contre, il résiste bien à la sécheresse (**Vengris et al, 1972**) et pourrait continuer à accumuler la matière sèche et produire des graines, avec une légère irrigation tous les 6 jours (**Noguchi et al, 1975**).

Portulaca oleracea L. croît sur différents types de sol, mais préfère les sols fertiles, riches, humides, les sols limoneux (**Haflinger et Brun-Holl, 1981**), les sols calciques et acidophiles (**Miyaniishi et Cavers, 1980**). C'est une espèce halophyte, capable de croître dans des sols salés dont la concentration de NaCl est égale ou supérieure à 0,5% (**Aronson, 1989**).

Cette espèce exige des sols riches en phosphore, qui est un facteur important dans la mise en place (**Hopen, 1972**). Un niveau élevé d'azote est important pour la croissance de l'espèce (**Zimmerman, 1976**). Elle exige également des sols riches en nutriments (Ca, Mg, P et K) (**Miyanishi et Cavers, 1980**).

I.6 .Culture et récolte

Le pourpier se développe rapidement en atmosphère chaude, sur des terrains légers et riches. La culture à l'air libre doit être réalisée au printemps mais il peut être cultivé en serre, en semant à la volée et en enterrant les graines à l'aide d'une légère pression. Le premier et le deuxième arrosage sont essentiels pour la germination et la croissance de la plante.

Les graines germent rapidement et ensuite il faut les transplanter pour accélérer le développement. Il est important d'assurer l'humidité après le semis afin d'accélérer la germination.

Lorsque les plantules sont arrivées à une croissance moyenne, elles tolèrent peu d'eau et la plante continue à se développer. Dans le cas de la culture en serre, les plantes sont récoltées au stade de 4 à 5 feuilles, après une vingtaine de jours de semis (**Bermejo et Leon, 1994**).

Tandis que, la culture à l'air libre, les feuilles et les tiges charnues sont récoltées lorsqu'elles sont suffisamment développées, environ 2 à 3 mois après le semis (**Couplan et Marmy, 2009**).

I.7. Utilisation

Portulaca oleracea L. est connue depuis longtemps pour ses multiples usages. Les romains et d'autres peuples méditerranéens, l'ont employé comme herbe potagère depuis l'antiquité (**Foster 1980**). Le pourpier est utilisé comme salades, auxquelles il donne un goût piquant rappelant le citron (**Gorman, 1988**).

La dite plante est actuellement considérée comme un aliment très intéressant et incluse dans la liste des « World Economic Plants » (**Wyk, 2005**). Au même temps, elle est employée en médecine populaire depuis très longtemps, afin de traiter les maux de tête, les maux d'estomac, les mictions douloureuses, l'entérite et la mammite (**Leung et Foster, 1996**).

Sa richesse en acides gras «oméga-3» lui confère un potentiel thérapeutique aux maladies du système nerveux central (**Bosi et al, 2008**). Les teneurs importantes en acides gras, permettent de soulager les symptômes du psoriasis en inhibant la production de leucotriènes (substance responsable de la démangeaison et la desquamation). Des recherches récentes ont montré que ces acides gras, sont importants dans la prévention des crises cardiaques et le renforcement du système immunitaire (**Boutenko et Boutenko, 2008**).

Sa teneur élevée en vitamine C, joue un rôle important dans le traitement du scorbut et les maladies de la gencive.

En outre, sa richesse en magnésium qui est un autre constituant majeur du pourpier, peut renforcer le coeur et fortifier le système immunitaire. Il peut soulager les céphalées de tension, les migraines et la tension musculaire.

Le pourpier, contient aussi de grandes quantités en L-norépinéphrine, une neurohormone qui a des activités vasopresseurs, anti hypotensive et capable de réduire l'hémorragie au niveau des tissus **(Saad et Said, 2011)**.

La plante fraîche est utilisée comme un cataplasme afin de traiter les brûlures, les maux d'oreilles, les piqûres d'insectes, les inflammations, les lésions cutanées, les ulcères, les démangeaisons, l'eczéma et les abcès **(Leung et Foster, 1996)**. Le pourpier rentre aussi dans la thérapeutique médicale dentaire **(Cocher, 1998)**. Les feuilles du pourpier mâchées crues fait disparaître les aphtes et l'enflure des gencives irritées. Tandis qu'en gargarismes soulagent les maux de dents **(Lamendin, 2007)**.

Cette plante a été utilisée en médecine vétérinaire. Au 18ème siècle, le jus extrait du pourpier mélangé avec des roses rouges, a été préconisé aux chevaux pour traiter la fièvre **(Atzei, 2003)**. De même, il stimule le système immunitaire de l'animal et aide à prévenir les diarrhées **(Bosi et al, 2008)**.

Chapitre II

GENERALITES SUR LES COMPOSES PHENOLIQUES

II.1. Généralités sur les métabolites secondaires

Le métabolisme de la plante verte produit des glucides (sucres) et des protéides. La fraction des glucides est ensuite transformée en composés divers dont les lipides sont les plus importants, mais le métabolisme fournit aussi plusieurs corps secondaires que l'homme utilise dans son arsenal thérapeutique, il s'agit des alcaloïdes, des hétérosides, des huiles essentielles et des tanins. Notamment, les végétaux fournissent également des vitamines, des oligoéléments, et des antibiotiques (**Boiteau et Potier, 1980**).

Les métabolites secondaires des plantes constituent un groupe diversifié de composés chimiques d'origine naturelle qui n'ont généralement aucune fonction primaire évidente en ce qui a trait à la croissance des cellules de la plante.

Ils sont synthétisés par la plante en réaction à des stimuli extérieurs et ont souvent une fonction régulatrice dans le cadre d'une série de réactions physiologiques et métaboliques en cascade à la suite d'un stress environnemental ou d'une attaque par des ravageurs. Lorsque l'on découvre une nouvelle fonction biologique à un métabolite secondaire, ce dernier est généralement classé comme étant une vitamine (**Brandt et al, 2001 In Benbrook, 2005**).

II.2. Généralités sur les composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires des végétaux. Ils peuvent être définis comme des molécules indirectement essentielles à la vie des plantes (d'où la dénomination de métabolites secondaires). Par opposition, aux métabolites primaires qui alimentent les grandes voies du métabolisme basal, mais ils sont essentiels dans l'interaction de la plante avec son environnement.

Ces composés ont tous en commun la présence d'un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles. La structure des composés phénoliques naturels varie depuis les molécules simples (acides phénoliques simples) vers les molécules les plus hautement polymérisées (tanins condensés). Avec plus de 8000 structures phénoliques identifiées (**Urquiaga et Leighton, 2000**).

Les composés phénoliques peuvent constituer des signaux de reconnaissance entre les plantes, ou bien lui permettant de résister aux diverses agressions vis-à-vis des organismes pathogènes. Ils participent de manière très efficace à la tolérance des végétaux à des stress variés, donc ces composés jouent un rôle essentiel dans l'équilibre et l'adaptation de la plante au sein de son milieu naturel. D'un point de vue thérapeutique, ces molécules constituent la base des principes actifs que l'on trouve dans les plantes médicinales (**Macheix et al, 2005**).

II.2.1. Biosynthèse des composés phénoliques

Les cycles aromatiques des polyphénols sont issus de deux grandes voies métaboliques de synthèse : la voie shikimique et celle de l'acétate (**Bruneton, 1999**).

II.2.1.1. Voie de Shikimique

Cette voie conduit après transamination et désamination aux acides cinnamiques et à leurs nombreux dérivés tels que les acides benzoïques ou les phénols simples (**Knaggs, 2003**).

Elle joue aussi un rôle critique pour contrôler le métabolisme de la voie de phénylpropanoïde (**Yao et al, 1995**).

II.2.1.2. Voie d'acétate

C'est à travers cette voie que, s'effectue la cyclisation des chaînes polycétoniques, obtenues par condensation répétée d'unités « Acétate » qui se fait par carboxylation de l'acétyl-CoA. Cette réaction est catalysée par l'enzyme acétyl-CoA carboxylase (**Fleeger et Flipse, 1964 ; Richter, 1993**).

La diversité structurale des composés polyphénoliques n'est pas due seulement à cette double origine biosynthétique, mais aussi accrue par la possibilité d'une participation simultanée des deux voies dans l'élaboration de composés d'origine mixte (**Martin et Andriantsitohaina, 2002**).

II.2.2. Principales classes des polyphénols

II.2.2.1. Les acides phénoliques simples

Acides hydroxycinnamiques

Dérivent de l'acide cinnamique et ont une structure générale de base de type (C6-C3). Existents souvent sous forme combinée avec des molécules organiques. Les degrés d'hydroxylation et de méthylation du cycle benzénique, conduisent une réactivité chimique importante de ces molécules (**figure05**).

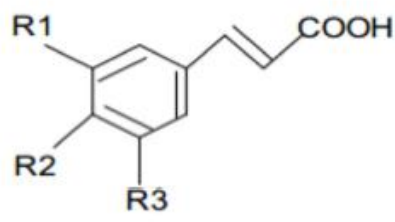
	R1	R2	R3	Acides phénoliques
	H	H	H	Acide cinnamique
	H	OH	H	Acide p coumarique
	OH	OH	H	Acide caféique
	OCH3	OH	H	Acide férulique
OCH3	OH	OCH3	Acide sinapique	

Figure 05 : Principaux acides hydroxycinnamiques (**Sarni-Manchado et Cheynier, 2006**).

Acides hydroxybenzoïques

Sont des dérivés de l'acide benzoïque et ont une structure générale de base de type (C6-C1). Ces molécules existent souvent sous forme d'esters ou de glycosides. Les acides hydroxybenzoïques les plus abondants sont répertoriés dans la **figure 06**.

	R1	R2	R3	R4	Acides phénoliques
	H	H	H	H	Acide benzoïque
	H	H	OH	H	Acide p hydroxy benzoïque
	H	OH	OH	H	Acide protocatechique
	H	OCH3	OH	H	Acide vanillique
	H	OH	OH	OH	Acide gallique
	H	OCH3	OH	OCH3	Acide syringique
	OH	H	H	H	Acide salicylique
	OH	H	H	OH	Acide gentisique

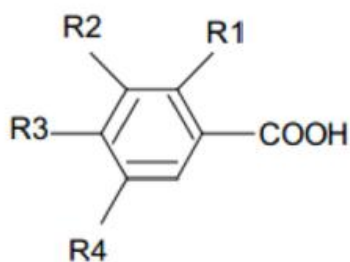


Figure 06: Principaux acides hydroxybenzoïques (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

Coumarines

Les coumarines dérivent des acides hydroxycinnamiques par cyclisation interne de la chaîne latérale. Les coumarines ont fréquemment un rôle écologique ou biologique (**figure 07**).

	R6	R7	R8	Acides phénoliques
	H	OH	H	Umbelliférol
	OH	OH	H	Aescultol
	OCH3	OH	H	Scopolétole
	OCH3	OH	OH	Fraxétole
	H	OH	OH	Daphnétole

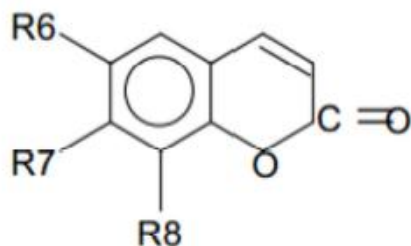


Figure 07: Principaux types de coumarines (Macheix et al, 2005).

II.3. Généralités sur les flavonoïdes

Le nom flavonoïde proviendrait du terme *flavedo*, désignant la couche externe des écorces d'orange (**Piquemal, 2008**), cependant d'autres auteurs supposaient que le terme flavonoïde a été plutôt prêté du *flavus* ; (*flavus* = jaune) (**Male Éev et Kunti, 2007**).

Les flavonoïdes ont été désignés sous le nom de vitamine P, en raison de leur efficacité à normaliser la perméabilité des vaisseaux sanguins, cette dénomination fut abandonnée lorsqu'on se rendit compte que ces substances ne correspondaient pas à la définition officielle des vitamines, il devient clair que ces substances appartiennent aux flavonoïdes (**Nijveldt et al, 2001**).

Les travaux relatifs aux flavonoïdes sont multiples depuis la découverte du célèbre "french paradox" correspondant à un bas taux de mortalité cardiovasculaire observé chez les habitants des régions méditerranéennes, associant une consommation de vin rouge à une prise importante de graisses saturées, Près de 4000 flavonoïdes ont été décrits (**Ghedira, 2005**).

II.3.1. Structure chimique et classification

La structure de base des flavonoïdes est le noyau du flavone (2-phenyl-benzo- γ -pyrane) (**figure08**) mais de point de vue classification, le groupe des flavonoïdes peut être divisé en plusieurs catégories. Cette division dépend de l'hydroxylation du noyau du flavonoïde aussi bien que du sucre lié.

Tous les flavonoïdes ont une origine biosynthétique commune, et de ce fait, possèdent le même élément structural de base, à savoir l'enchaînement phenyl-2 chromane. Ils peuvent être regroupés en différentes classes selon le degré d'oxydation de noyau pyranique central (**Krishna et al, 2001**).

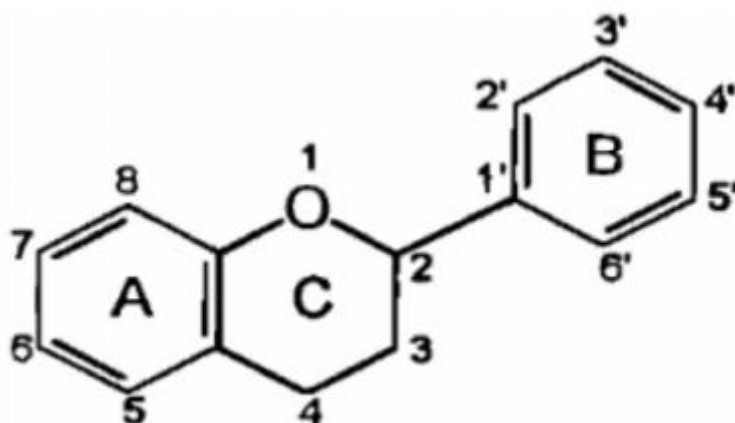


Figure 08 : Structure chimique de base des flavonoïdes (**Krishna et al, 2001**).

Les flavonoïdes se répartissent en fonction de la structure de molécules. En effet, plus de 6400 structures ont été identifiées (**Harborne et Williams, 2000**), les plus importantes sont les flavones, isoflavandiol, flavanols, flavonols, aurones, chalcones, anthocyanins (**Effendi et al, 2008**) (Tab. I).

Tableau I : Distribution alimentaire des principales classes de flavonoïdes
(W-Erdman et al, 2005 ; Marfak, 2003).

Flavonoïdes	Exemple	Aliments	Caractéristique
Flavanols	Quercétine, Kaempférol, Myricétine	Oignon, poireau, brocolis, pomme, chou fraisé, olive, tomate	Constituent le groupe le plus abondant des composés phénoliques
Flavones	Utéoline, Apigénine, Chrysin	Persil, céleri, thym, romarin, peau des fruits	Les flavones se diffèrent des flavanols seulement par le manque d'un OH libre en C3, ce qui affecte leur absorption aux UV, mobilité chromatographique et les réactions de coloration
Flavanones	Genistéine, Daidzéine, Naringénine	Graines de soja et produits qui en dériveront. Fruit de genre citrus	Caractérisés par leur variabilité structurale dont l'attachement du cycle B se fait en C3. Ils sont présents dans les plantes sous forme libre ou glycosylées.
Flavan3-ols	Catéchine, Epicatéchine, Epigallocatechine	Vin rouge, thé noire, thé vert, cacao, chocolat	Flavan3ols ainsi que flavan3, 4diols sont tous les deux impliqués dans la biosynthèse

			de proanthocyanidines (tanins condensés) par des condensations enzymatiques et chimiques
Anthocyanidines	Cyanidine, Delphénidine, Cyanidol	Raisins, vin rouge, certaines variétés de céréales, cassis	Représentent le groupe le plus important des substances colorées

II.3.2. Localisation et distribution

Les flavonoïdes sont largement rencontrés dans le règne végétal. On signale environ 2% de la proportion du carbone photosynthétique global incorporé dans la biosynthèse flavonique. Ils sont cependant rares chez les végétaux inférieurs.

De plus, leur localisation au sein de la plante est caractéristique. En effet, les flavonoïdes sont omniprésents dans les organes aériens jeunes où ils sont localisés dans les tissus superficiels (**Remy et al, 1996**).

Au niveau cellulaire, on a observé que les flavonoïdes, sous forme d'hétérosides, sont dissous dans le sac vacuolaire ou localisés dans les chloroplastes et les membranes des végétaux. Lorsque les flavonoïdes sont présents dans la cuticule foliaire, il s'agit presque, toujours de génines libres dont la lipophilie est accrue par la méthylation partielle ou totale des groupes hydroxyles (**Bruneton, 1993**).

En définitive, les flavonoïdes possèdent une large répartition dans le monde végétal. Ils sont largement abondants dans les légumes feuillés (salade, choux, épinards, etc.), ainsi que dans les téguments externes des fruits.

On les trouve principalement dans les agrumes :

Citrons, orange, pamplemousses et dans une moindre mesure : abricots, cerises, mûres, raisins, papayes, tomates et sarrasin. On en trouve également en quantité importante dans nombreuses plantes médicinales et très spécifiquement dans les herbes aromatiques comme le thym, le persil, le romarin et le céleri (**Bronner et Beecher, 1995**).

II.3.3 .Biodisponibilité des flavonoïdes

Les effets des flavonoïdes sur la santé ne dépendent pas seulement de leurs niveaux de consommation mais aussi de leur biodisponibilité. Peu d'études systématiques ont été menées sur la

pharmacocinétique des flavonoïdes chez l'homme. Toutefois, d'après des expériences menées sur des flavonoïdes provenant de l'alimentation, il apparaît que seuls les flavonoïdes sous forme de génines (ou aglycones) sont susceptibles d'être absorbés. L'hydrolyse des liaisons hétérosidiques (reliant la génine à la chaîne sucrée) n'intervient que dans le côlon où les micro-organismes dégradent simultanément les flavonoïdes d'origine alimentaire. Le foie est largement impliqué dans le métabolisme des flavonoïdes absorbés, Une meilleure connaissance de la biodisponibilité des flavonoïdes est indispensable pour expliquer leurs effets protecteurs sur la santé (**Walle, 2004**).

II.4 .Généralités sur les tannins

Les tannins sont des composés phénoliques très abondants chez les angiospermes, les gymnospermes (tannins condensés) et les dicotylédones (tannins hydrolysables). Ces composés ont la capacité de se combiner et de précipiter les protéines. Ces combinaisons varient d'une protéine à une autre selon les degrés d'affinités (**Harborne, 1997**).

Le terme tannin vient de la source de tannins utilisée pour le tannage des peaux d'animaux en cuir. Dans ce processus, les molécules de tannins se lient aux protéines par des liaisons résistantes aux attaques fongiques et bactériennes. Le poids moléculaire des tannins varie entre 500 et 2000 K Da (3000 pour les structures les plus complexes) (**Hagerman et Butler, 1981**).

Dans notre alimentation, l'astringence est la qualité organoleptique qui indique la présence des tannins. Elle a un rôle important dans le choix des aliments (corrélation inverse entre les espèces végétales choisies et leur teneur en tannins) (**Larwence et al, 1984**).

II.4.1 .Types et structures

Selon la structure, on a deux types de tannins : les tannins hydrolysables et les tannins condensés, dits aussi : proanthocyanidines.

II.4.1.1. Les tannins hydrolysables

Sont formés par liaison de plusieurs acides galliques à un carbohydrate (généralement le glucose). On parle de gallotannins. Aussi des unités galloyles peuvent être ajoutées par liaisons esters, généralement en position C3 de l'acide gallique. Et les unités d'acide gallique voisines s'accouplent formant les esters d'acide hexahydroxydiphénique, dits : ellagitannins. L'acide gallique provient de la β -oxydation des composés C6-C3, comme l'acide coumarique ou les acides oxygénés correspondants. Mais, l'acide shikimique est considéré comme le meilleur précurseur (**Seigler, 1998**).

II.4.1.2 .Les tannins condensés

Ce sont des proanthocyanidines (**figure 09**), composés phénoliques hétérogènes : dimères, oligomères ou polymères du flavanes, flavan-3-ols, 5-flavanols, 5-deoxy-3-flavanols et flavan-3,4-diols (**Sarni-Manchado et Cheynier, 2006**).

Les deux groupes majeurs des proanthocyanidines sont les procyanidines et les prodelfphinidines. Les monomères constitutifs des procyanidines sont la catéchine et l'épicatéchine qui peuvent être substituées par l'acide gallique ou des sucres en position 3 ou plus rarement en position 7. Ces monomères de prodelfphinidines sont la gallocatéchine et l'épigallocatéchine, mais on distingue également des monomères de quercétine et de myricétine (**Andersen et Markham, 2006**).

En s'hydrolysant, les tannins condensés ne donnent pas de composés simples comme le glucose ou les acides phénols comme c'est le cas pour les tannins hydrolysables, mais plutôt des anthocyanidines (**Andersen et Markham, 2006**).

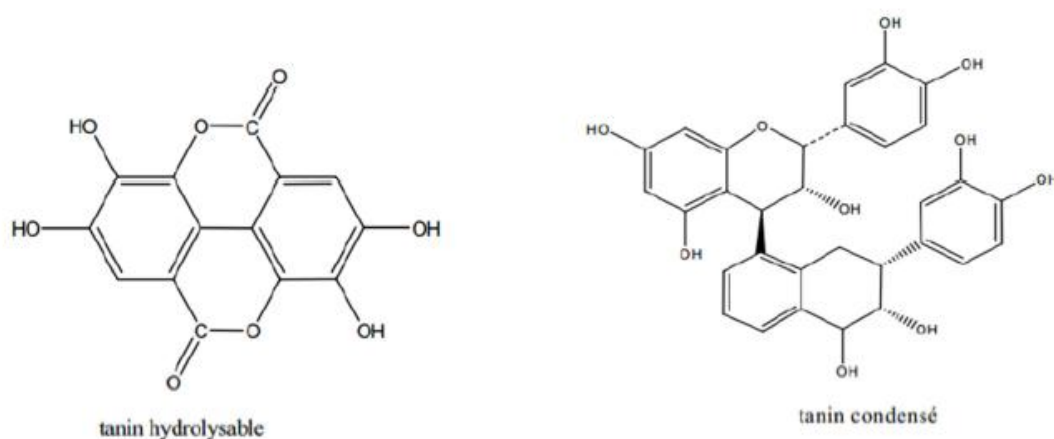


Figure 09 : structures des tannins (**Bahaz et Rachdi, 2010**)

II.5. Activités biologiques des composés phénoliques

II.5.1. Activité anti-oxydante

La propriété antioxydante de *Portulaca oleracea* L. est attribuée à ses constituants, tels que les AG oméga-3 (**Kaveh et al., 2017**), les α -tocophérols (**Chan et al., 2000; Zhu et al., 2010**), les alcaloïdes phénoliques (**Yang et al., 2009**), des vitamines A, C (acide ascorbique) (**Liu et al., 2000**), le β -carotène (**Uddin et al., 2014**), les bétacyanines (**Wang et Yang, 2010**). De nombreuses études indiquent que les effets protecteurs du *Portulaca oleracea* L. pourraient être dus à son activité antioxydante (**tableau V**). Les antioxydants neutralisent ou éliminent les radicaux libres avant qu'ils n'attaquent les cellules et autres composants biologiques. Ils sont donc essentiels au bien-être et à la protection d'une santé optimale (**Percival, 1998**). Les pigments de proline et de bétalaïne qui sont produits dans le pourpier ont montré des propriétés antioxydantes et protègent la

plante contre le stress salin (Mulry et al., 2015). Dkhil et ses collaborateurs (2011) ont évalué les effets antioxydants du jus aqueux de *Portulaca oleracea* L. chez des rats albinos mâles adultes. Les résultats ont révélé que l'administration orale de jus de pourpier a augmenté les niveaux de superoxyde dismutase (SOD), de catalase (CAT), de glutathion peroxydase (GPx), de glutathion-S-transférase (GST), de glutathion réductase (GR) et de glutathion (GSH), et d'un autre côté a diminué le taux de malondialdéhyde (MDA) et d'oxyde nitrique (NO) dans le foie, les reins et les testicules des rats. Une évaluation de l'effet du *Portulaca oleracea* L. sur le système reproducteur des souris femelles devenues âgées suite au D-galactose (D-gal) a été conduite par Ahangarpour et ses collaborateurs (2016). Ils ont rapporté que le D-gal augmente considérablement le niveau de LH (Luteinizing Hormon), de FSH (Follicle-stimulating Hormone) et de (MDA), et diminue le niveau d'œstrogène et de progestérone ainsi que les activités de SOD et de CAT. Le pourpier a nettement inversé ces changements et a amélioré le vieillissement induit par le 12 D-gal. Des preuves suggèrent que les espèces réactives d'oxygène (ERO) jouent un rôle dans la pathogenèse du diabète et de ses complications. Il existe une corrélation directe entre le stress oxydatif et le diabète. La SOD, en tant qu'antioxydant intrinsèque, réduit les effets toxiques des radicaux libres. Le MDA est un important peroxyde lipidique et un indicateur sensible du taux métabolique des radicaux libres.

L'expérience a montré que le polysaccharide de *Portulaca oleracea* L. brute (CPOP) a réduit la teneur en MDA et a augmenté l'activité de SOD dans le tissu hépatique des rats diabétiques induits par la streptozotocine. Par conséquent, l'effet antidiabétique du CPOP est associé à son effet antioxydant (Bai et al., 2016). Par ailleurs, Gai et ses collaborateurs (2016) ont montré que l'huile de graines de pourpier (PSO) présente une activité antioxydante in vitro dépendante de la dose, et inhibe l'oxydation des lipides de l'huile de cheval pendant le stockage.

D'un autre côté, Kaveh et ses collaborateurs (2017) ont étudié les effets d'extrait hydro-éthanolique (70%) de la plante (1, 2 et 4 mg / mL) et de l'ALA (ALA, 0.2 et 0.4 mg / mL), comme l'un des principaux de ses constituants, sur les taux d'oxydants sériques et des cellules inflammatoires après avoir induit l'asthme par injection de l'ovalbumine (OVA) avec l'hydroxyde d'aluminium (Al(OH)₃) chez le rat. Les résultats de cette étude ont révélé que l'extrait hydro-éthanolique de *Portulaca oleracea* L. et de l'ALA réduit les niveaux de nitrite (NO₂), de nitrate (NO₃) et de MDA. De plus, il augmente les niveaux de SOD, de CAT et de thiol. Behravan et ses collaborateurs (2011), à la suite d'une expérience conduite cette fois-ci sur l'être humain, ont testés l'effet de l'extrait aqueux et éthanolique de *Portulaca oleracea* L. sur les dommages de l'ADN induits par le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) dans les lymphocytes humains. Les résultats de cette étude ont démontré que l'extrait aqueux inhibe significativement les dommages oxydatifs de l'ADN, alors que l'extrait éthanolique n'était pas efficace. Une autre étude a pu dévoiler qu'une classe

particulière de composés phytochimiques présents dans le pourpier, les tocophérols, sont capables de neutraliser les radicaux libres, de piéger les radicaux superoxydes et d'inhiber la peroxydation lipidique de manière très efficace, et contribue donc à la prévention des troubles associés (**Lim et Quah (2006); Yazici et al., 2007; Rinaldi et al., 2010**). 13 De plus, **Arruda et ses collaborateurs (2004)** ont évalué la capacité de *Portulaca oleracea L.* à réduire le stress oxydatif induit par une carence en vitamine A chez les rats, les résultats ont montré que l'ingestion des feuilles et des graines de pourpier réduit la concentration de l'acide thiobarbiturique (TBARS) hépatiques et cardiaques. (**Wang et Yang 2010**) ont évalué l'effet protecteur des bétacyanines de *Portulaca oleracea L.* contre la neurotoxicité induite par le D-gal chez la souris. Les résultats ont montré que les bétacyanines ont sensiblement inversé les troubles d'apprentissage et de mémoire induits par le D-gal. Ces résultats suggèrent que l'effet neuroprotecteur des bétacyanines contre la neurotoxicité induite par le D-gal pourrait être causé par une augmentation des activités des enzymes anti-oxydantes avec une réduction de la peroxydation lipidique. En comparaison avec la vitamine C, les bétacyanines ont un effet plus prononcé sur l'amélioration des déficits cognitifs chez la souris. Une autre étude a montré que les alcaloïdes phénoliques (oléracéine A, oléracéine B et oléracéine E, isolées de *Portulaca oleracea L.*) qui constituent une nouvelle classe d'agents antioxydants dans cette plante ont des activités antioxydantes. Ces alcaloïdes ont été déterminées sur la base de l'effet inhibiteur sur la peroxydation lipidique induite par le H₂O₂ et l'activité de piégeage contre le radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) dans un homogénat de cerveau de rat. Il a été trouvé que l'OE était le composé le plus puissant pour prévenir la formation de MDA (**Yang et al., 2009**).

Une récapitulation résumant les différents résultats de recherche concernant l'activité antioxydante de de *Portulaca oleracea L.* est présenté sur le **tableau 1** .

Tableau II .Effets antioxydants du *Portulaca oleracea L.*

Type d'extrait ou de constituants	Modèle d'étude	Effet	Référence
Pigments proline et bétalaine dans une plante	Stress induit par une solution saline	Propriété antioxydantes et protège la plante.	Mulry et al., 2015

Jus aqueux	Rats mâles albinos Waster	Augmentation des niveaux de SOD, CAT, GPx, GST, GR, GSH ainsi que MDA et NO diminués dans le foie, les reins et les testicules des rats.	Dkhil et al., 2001
Extrait éthanolique	D-galactose induit le vieillissement chez les souris femelles	Diminué le niveau de LH et FSH et la teneur en MDA. Augmentation des niveaux d'œstrogène et de progestérone ainsi que des activités SOD et CAT.	Ahangarpour et al., 2016
Huile de graine	Lipides d'huile de cheval.	Activité antioxydante in vitro. Inhibe l'oxydation des lipides de l'huile de cheval pendant le stockage.	Gai et al., 2016
CPOP	Diabète induit par la streptozotocine chez le rat..	Réduction de teneur en MDA et augmentation des activités de SOD dans le tissu hépatique	Bai et al., 2016
Extrait hydroéthanolique à 70% et ALA	Asthme induit par OVA + A1 (OH) 3 chez le rat.	Atténué le NO ₂ , le NO ₃ et le MDA Niveaux SOD, CAT et thiol augmentés	Kaveh et al., 2017
Extrait aqueux et éthanolique	Dommmages à l'ADN induits par H ₂ O ₂ dans les lymphocytes humains.	L'extrait aqueux de PO a inhibé les dommages à l'ADN par dosage de comète, alors que cet effet n'était pas présent dans son	Behravan et al., 2011

		extrait éthanolique.	
Alcaloïdes (oléracéine A, B et E)	Homogénats de cerveau de rat	Prévenir la formation des MDA.	Yang et al., 2009
Bétacyanines	Neurotoxicité induite par Dgal chez la souris.	Augmentation des activités des enzymes antioxydantes avec une réduction de la peroxydation lipidique	Wang et Yang, 2010

II.5.2. Activité Anti-inflammatoire

L'inflammation est connue comme l'un des mécanismes protecteurs contre les stimuli nocifs.

Si cette condition devient chronique, l'inflammation par elle-même provoque des blessures aux cellules et aux tissus (**Medzhitov R, 2010; Zhou et al., 2016**). Deux alcaloïdes isolés de *Portulaca oleracea L.* l'oléracone et l'oléracimine, ont révélé des effets anti-inflammatoires importants sur les macrophages stimulés par les lipopolysaccharides (LPS). Ces composés empêchent la production de NO. De plus, ils diminuent significativement la sécrétion de l'interleukine 6 (IL-6), du facteur de nécrose tumorale α (TNF- α), de la prostaglandine E2 ainsi que l'expression de la cyclooxygénase 2 (COX-2) et de la nitrique oxyde synthase inductible (iNOS) (**Xu et al., 2017**). **Kim et ses collaborateurs (2009)** ont suggéré que l'expression de l'ARNm des facteurs inflammatoires, y compris le TNF- α et l'interleukine-1 bêta (IL-1 β), est supprimée par *Portulaca oleracea L.* de manière dose-dépendante, tandis que l'expression de COX-2 reste inchangée dans les cellules cancéreuses gastriques AGS stimulées par le LPS. Dans une autre étude faite par **Miao et ses collaborateurs (2019)**, les effets anti-inflammatoires de l'extrait de pourpier sur les cellules macrophages murines RAW 264.7 (**Ralph And William's cell line 264.7**) stimulées par le LPS ont été évalués. Les auteurs ont rapporté que les extraits réduisent de manière considérable la synthèse de NO induite par le LPS de manière dose-dépendante, ainsi que les niveaux d'expression de iNOS et de COX-2. Dans cette même étude il a été prouvé que les productions de TNF- α et d'IL-6 étaient considérablement réduites à la dose la plus élevée et que la translocation nucléaire de P65 a été partiellement empêchée par l'extrait, ce qui explique l'inhibition

de la voie NF- κ B. Par ailleurs, les auteurs ont également identifié dans l'extrait trois flavonoïdes: la lutéoline, le kaempférol et la quercétrine, et ont suggéré que ceux-ci pourraient être responsables de ses effets anti-inflammatoires. **Lee et ses collaborateurs (2012)** ont indiqué dans leurs résultats de recherche que le prétraitement des cellules endothéliales de la veine ombilicale humaine (HUVEC) avec l'extrait aqueux de pourpier à un rôle important dans la suppression de la surproduction intracellulaire d'ERO induites par le TNF- α , dans la surexpression de la molécule d'adhésion intercellulaire-1 (ICAM-1), dans l'adhésion des cellules vasculaires molécule-1 (VCAM-1) et E-sélectine d'une manière dose dépendante. De plus, les auteurs ont trouvé que cet extrait empêche l'expression de l'ARNm induite par le TNF- α de l'interleukine-8 (IL-8) et de la protéine 1 chimioattractante des monocytes (MCP-1). Finalement, ils ont aussi prouvé que l'extrait inhibe la translocation de NF- κ B vers le noyau et sa liaison dans les cellules HUVEC. Ce qui suggère que l'extrait aqueux de *Portulaca oleracea L.* possède des effets thérapeutiques potentiels en inhibant le processus d'inflammation vasculaire ce qui pourrait être efficace dans la prévention et le traitement des maladies inflammatoires vasculaires. Le manque d'apport en oxygène au niveau des tissus de l'organisme, désigné par le terme médical « hypoxie », est liée à de nombreux cas physiologiques et pathologiques tels que les maladies pulmonaires. **Yue et ses collaborateurs (2015)** ont démontré que l'administration prophylactique de l'extrait éthanolique de *Portulaca oleracea L.* diminue la perméabilité vasculaire et empêche la régulation positive du NF κ B suite à un œdème pulmonaire induit par l'hypoxie chez la souris. De plus, l'étude menée par les mêmes auteurs a montré que l'extrait atténue les niveaux de cytokines pro-inflammatoires (IL-1 β et TNF- α) et de molécules d'adhésion cellulaire (ICAM-1, VCAM-1 et P-sélectine) dans les poumons des souris traitées par rapport au groupe d'hypoxie. Ils ont aussi noté que l'extrait éthanolique de pourpier avait des activités efficaces et protectrices contre l'œdème et l'hypoxie pulmonaire des souris. Ces dernières années, plusieurs études telles que celles de **Malek et ses collaborateurs (2004)** et **Bai et ses collaborateurs (2016)** ont rapporté que l'inflammation induite par les cytokines est responsable de la pathogenèse du diabète sucré de type II. Certaines cytokines inflammatoires, dont le TNF- α et l'IL-6, sont impliquées dans la causalité de la résistance à l'insuline et augmentent le risque de dysfonctionnement micro-vasculaire dans le diabète de type II. Le CPOP a diminué le taux de TNF- α et d'IL-6 chez les rats diabétiques. Ces résultats indiquent que l'effet anti-diabétique du CPOP peut être lié pas seulement à des effets antioxydants mais aussi à des effets anti-inflammatoires. De plus, il a été révélé que les AG oméga-3 contenus dans les feuilles de *Portulaca oleracea L.* possèdent de fortes propriétés anti-inflammatoires. Dans le **tableau VI** est présenté un résumé récapitulatif de l'ensemble des effets anti-inflammatoires du pourpier.

Tableau III .Effets anti-inflammatoires du *Portulaca oleracea* L

Type d'extrait ou de constituants	Modèle d'étude	Effet	Référence
Oléacone et oléacimine	Macrophages stimulés par le LPS	Diminution de la sécrétion d'IL-6, TNF- α , NO, prostaglandine E2, ARNm cyclooxygénase 2 et inductible oxyde nitrique synthase	Xu et al., 2017
Extrait éthanolique	(90%) Cellules cancéreuses gastriques AGS stimulées par le LPS	Diminution de l'expression de l'ARNm de TNF- α et IL-1 β	Kim et al., 2009
Extrait aqueux	Cellules HUVEC.	Suppression de la surexpression de ICAM1, VCAM-1, E-sélectine, IL-8, MCP-1. Translocation de NF- κ B vers le noyau et la liaison NF- κ B	Lee et al., 2012
Extrait éthanolique à 80%	Œdème pulmonaire induit par l'hypoxie chez la souris	Réduction de la perméabilité vasculaire, de la régulation positive de NF- κ B, des niveaux d'IL-1 β , TNF- α , ICAM-1, VCAM-1 et P-sélectine	Yue et al., 2015

MATERIEL
ET
METHODES

III.1. Cadre de l'étude

Notre étude expérimentale a été réalisée au sein du laboratoire commun (II) de biochimie de l'Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem .

L'objectif principal de ce travail est d'explorer les activités biologiques et thérapeutiques de *Portulaca oleracea* L.

III.2. Appareillages et réactifs

L'ensemble des appareillages, solvants, réactifs chimiques et milieux de culture est cité dans l'annexe 01.

III.3. Echantillonnage de la plante

La partie aérienne de *Portulaca oleracea* L. a été récoltées au nord –ouest de l'Algérie (Wilaya de Mostaganem), durant la période allant du mois de avril jusqu'au mois de mai 2021.

La partie aérienne est lavée à l'eau du robinet, ensuite épongées à l'aide d'un papier absorbant afin d'éliminer l'eau restante à la surface.

III.5 .Méthodes d'analyses

III .5.1.Méthodologie de séchage

III .5.1.1.Séchage à l'air libre

Pour ce type de séchage, la partie aérienne de *portulaca oleracea* L a été séchées sur une surface ouverte à l'obscurité. La température de séchage est comprise entre 20 et 22°C.

III .5.1.1.1Protocole

Une quantité de 30g de feuilles, prélavées et essuyées à l'aide d'un papier absorbant est étalée sur un tapis en plastique en couche mince. Retournée fréquemment. On veillant à obtenir un séchage uniforme et à éviter ainsi le développement de moisissures.



Figure 10: feuilles de *Portulaca oleracea* séchées.

III.5.2. Détermination des propriétés physico-chimiques de la plante sèche

III.5.2.1. Protocole expérimental

III.5.2.1.1. Préparation de l'extrait

Une prise de 30 g de poudre de graines de cresson alénois a été mise à macérer dans 300 mL d'éthanol dans un récipient en verre fermé et a été recouverte d'une feuille d'aluminium et maintenue dans un agitateur à mouvement alternatif pendant 24 heures pour une agitation continue à 150 tr / min pour un mélange complet et également une élucidation complète des matières actives à dissoudre dans le solvant respectif. Ensuite, l'extrait a été filtré en utilisant un tissu de mousseline suivi de papier filtre Wattman n ° 1 et finalement filtré 3 fois et en utilisant une pompe à vide et à pression (AP-9925 Auto Science). Le solvant de l'extrait a été éliminé en utilisant l'évaporateur sous vide rotatif (HAHN SHIN SH-3001) avec la température du bain-marie de 50 ° C. Finalement, l'extrait obtenu a été conservé à 4°C jusqu'à utilisation (**Nagappan, 2012**).

IV.5.2.1.2. Rendement d'extraction

Nous pouvons déterminer le rendement de l'extrait éthanolique des graines broyées en calculant le rapport suivant :

$$1. \text{ Rdt (\%)} = (P1-P2) / P3 \times 100$$

P1 : Poids du ballon après évaporation ;

P2 : Poids du ballon avant évaporation (ballon vide) ;

P3 : Poids de la matière végétale de départ.

III.5.2.1.3. Dosage des polyphénols totaux

III.5.2.1.3.1. Principe

Le réactif Folin-Ciocalteu est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMO₁₂ O 40). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène (**Ribereaugayon, 1968**). La coloration bleue produite, est proportionnelle à la quantité des polyphénols présents dans les extraits végétaux, présente un maximum d'absorption à 760nm (**Boizot et Charpentier, 2006 ; Ghaziet Sahraoui, 2005**).

III.5.2.1.3.2. Mode opératoire

Un volume de 0,2 mL d'extrait pur a été mélangé avec 1,5 mL de Folin-Ciocalteu (10 %). Après 5 minutes, on rajoute 1,5 mL d'une solution de carbonate de sodium (6 %). Le mélange est incubé à température ambiante à l'obscurité pendant 2h et l'absorbance est lue à 765 nm sur un spectrophotomètre. L'acide gallique est utilisé comme standard de référence. Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalents d'acide gallique par gramme d'extrait sec ($\mu\text{g EAA/g ES}$) (Singleton et Rossi, 1965)

III.5.2.1.4. Dosage des flavonoïdes

La méthode de trichlorure d'aluminium (AlCl_3) citée par (Chang et al., 2002 et Djeridane et al., 2006) est utilisée pour quantifier les flavonoïdes dans nos extraits. Le protocole du dosage consiste à mélanger, dans des tubes à essai, 1000 μL d'extrait dilué avec 1000 μL de solution d' AlCl_3 (2%). Après 10 mn d'incubation à température ambiante et à l'abri de la lumière, la lecture des absorbances est faite à 430 nm. Le témoin est préparé de la même manière en remplaçant l'extrait par 1000 μL d'éthanol.

III.5.2.1.5. Détermination de l'activité anti-oxydante

Le test antioxydant a été réalisé avec la méthode au DPPH (Sanchez et al., 1998). 50 μL de l'EELS à différentes concentrations (de 0,0125 à 5mg/ml) ont été ajoutés à 1,95 mL de la solution méthanolique du DPPH (0,025g/l). Parallèlement, un contrôle négatif a été préparé en mélangeant 50 μL de méthanol avec 1,95 mL de la solution méthanolique de DPPH. La lecture de l'absorbance a été faite contre un blanc préparé pour chaque concentration à 515 nm après 30 min d'incubation à l'obscurité et à température ambiante. Le contrôle positif a été représenté par une solution d'un antioxydant standard ; l'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons et pour chaque concentration le test a été répété 3 fois. Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition (I%).

$$I\% = \frac{(\text{Abs contrôle} - \text{Abs test})}{\text{Abs contrôle}} \times 100$$

III.5.2.1.6. Détermination de IC 50

Deux autres paramètres ont été introduits pour mieux caractériser le pouvoir anti-radicalaire; la concentration effective à 50% (EC50) et le pouvoir anti-radicalaire (APR = 1/EC50) (Prakash et al., 2007). La valeur EC50 (aussi appelée IC 50) qui a été déterminée pour l'extrait, est définie comme étant la concentration du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité de DPPH (couleur).

Ou encore, c'est la concentration de l'échantillon exigé pour donner une diminution de 50% de l'absorbance de la solution contrôle constituée de méthanol et DPPH. Les valeurs EC50 moyennes ont été calculées par les régressions linéaires des trois essais séparés où l'abscisse est représentée par la concentration des composés testés et l'ordonnée par l'activité antioxydant en pourcentage (Mensor et al., 2001).

III.5.2.1.7. Test de la réduction du fer FRAP (Ferricreducing-antioxidant power)

III.5.2.1.7.1.Principe

Le pouvoir réducteur d'un extrait végétal est associé à son pouvoir antioxydant, l'activité réductrice du fer a été déterminée selon la méthode décrite par Oyaizu (1986), basée sur la réaction chimique de réduction du fer ferrique Fe (IV) en fer Ferreux (II) (Hubert, 2006).

Cette réduction est observée par le passage de la couleur jaune du fer ferrique (Fe+3) au bleu vert du fer ferreux (Fe+2), dont l'intensité mesurée à 700 nm, est proportionnelle au pouvoir réducteur des extraits testés (Jayaprakash et al, 2001).

III.5.2.1.7.2. Mode opératoire

1millilitre (1 mL) de l'extrait à différentes concentrations (de 100 à 3,12 mg/ml) a été mélangé avec 2,5 mL d'une solution tampon phosphate 0,2 M (pH 6,6) et 2,5mL d'une solution de ferricyanure de potassium K₃Fe(CN)₆ à 1%. L'ensemble a été incubé au bain-marie à 50°C pendant 20 min ensuite, 2.5mL d'acide tri-chloro-acétique à 10% ont été ajoutés pour stopper la réaction et les tubes ont été centrifugés à 3000 rpm pendant 10min. Un aliquote (2,5mL) de surnageant est combinée avec 2,5mL d'eau distillée et 0,5 mL d'une solution aqueuse de FeCl₃ à 0,1%. La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel a été faite à 700nm contre un blanc semblablement préparé, en remplaçant l'extrait par de l'eau distillée qui permet de calibrer l'appareil (UV-VIS spectrophotomètre). Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard ; l'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesuré dans les mêmes conditions que les échantillons. Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (Singleton et Rossi, 1965) rapporté par (bougandoura et bendimerad, 2012).

Le pourcentage de pouvoir réducteur de fer est calculé par la formule suivante :

$$\text{Pouvoir réducteur de fer (\%)} = \left[\frac{A_0 - A_1}{A_0} \right] \times 100$$

A₀ : est l'absorbance de FeCl₃.

A₁ : est l'absorbance de FeCl₃ solution en présence de l'extrait (Ghaisas et al., 2008).

III.5.2.1.8. Détermination de l'Activité Anti-inflammatoire (in vitro)

L'activité anti-inflammatoire in vitro de l'EELS a été effectuée selon la méthode d'inhibition de la dénaturation des protéines. La méthode consiste à préparer trois solutions.

- La solution d'échantillon : (0,5 mL) composé de 0,45 mL de la solution aqueuse de sérum bovine albumine (SBA) 5 % et 0,05 mL d'extrait éthanolique.
- La solution témoin : (0,5 mL) composé de 0,45 mL de la solution aqueuse de BSA 5 % et 0,05 mL d'eau distillé.
- La solution standard (0,5 mL) compose de 0,45 mL de la solution aqueuse de BSA 5 % et 0,05 mL de la solution de standard diclofénac sodium avec une concentration de 100mg.

Toutes les solutions ont été ajustées à un pH de 6,3 par une solution d'HCl (1N). Les échantillons ont été incubés à 37 ° C pendant 20 min, ensuite la température était augmentée pour garder les échantillons à 57° pendant 3 min, après refroidissement des tubes, 2,5mL de la solution tampon phosphate saline (PBS) à (pH=6,3) ont été ajoutés aux solutions préparées. L'absorbance a été lue par le spectrophotomètre à 660 nm. Le pourcentage d'inhibition de la dénaturation des protéines a été calculé comme suit :

$$\% \text{ d'inhibition} = 100 - [(D.O \text{ de l'échantillon} - D.O \text{ du témoin} / D.O \text{ du témoin})] \times 100$$

III.5.2.1.9 Méthode de stabilisation de la membrane HRBC

III.5.2.1.9.1 Préparation de globules rouges

10 mL de sang ont été prélevées d'un humain en bonne santé qui n'a pris aucun médicament anti-inflammatoire, et ont été mélangées avec un volume égal de solution d'Alsever stérilisée (2 % dextrose , 0.8 % citrate de sodium , 0.05% acide citrique , 0.42% chlore de sodium dans l'eau) . Le mélange a été centrifugé à 3000 rpm pendant 10 min et les globules ont été utilisés directement.

III.5.2.1.9.2 Hémolyse induite par la chaleur

Le principe impliqué ici est la stabilisation de la membrane HRBC Iysis induite par l'hypo tonicité .

Le mélange d'essai contenait l'extrait (50,100,150,200 ug/ml) /diclofenac-sodium médicaments standard (50,100,150,200ug/ml), 1ml de tampon phosphate (0,15 M,pH 7,4) , 2ml d'hyposaline (0,36 %) , 0.5 ml de HRBC , ont été incubés à 37 °C pendant 30 minutes et centrifugés pendant 20 minutes à 3000 rpm . La teneur en hémoglobine dans la suspension a été estimée à l'aide d'un spectrophotomètre à 560 nm.

L'expérience a été réalisée en trois exemplaires pour tous les échantillons testés. Le pourcentage d'hémolyse produit en présence d'eau distillée a été considéré comme 100 %.

Résultats

Et

Discussion

IV.1. Le rendement d'extraction

L'extrait obtenu présente un aspect pâteux de couleur verte foncée .le rendement d'extraction des feuilles de la plante *Portulaca oleracea* L. a été déterminé par rapport au poids du matériel végétal sec rendu poudre, les résultats ont été exprimés en pourcentage. Notre extrait éthanolique présente le rendement de 14,17%.

Le rendement d'extraction dépend de plusieurs facteurs à savoir le temps, la température et la nature chimique de l'échantillon ainsi que la localisation géographique, la durée de stockage, la génétique, le climat et aussi la période de récolte semble avoir un impact direct sur le rendement (**Faten et al.,2012**) . La variation du rendement au sein de la même espèce par rapport au solvant est due à la solubilité des composants chimiques dans les différents solvant (**Teugwa et al.,2014**) .

IV. 2. Teneur en polyphénols totaux

Le dosage des phénols totaux a été effectué par la méthode spectrophotométrique adaptée de **Singleton et Ross (1965)** avec le réactif de Folin-Ciocalteu. Afin de caractériser l'extrait préparé à partir des feuilles de la plante *Portulaca oleracea* L., la quantification des composés phénoliques a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y= ax+b$) réalisé par une solution étalon (l'acide gallique) à différentes concentrations (**figure 11**).

Les résultats obtenus pour le dosage des polyphénols totaux sont exprimés en μg équivalent acide gallique par mg de matière sèche ($\mu\text{g EAG/mg MS}$) en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de l'acide gallique (**Figures 11**).

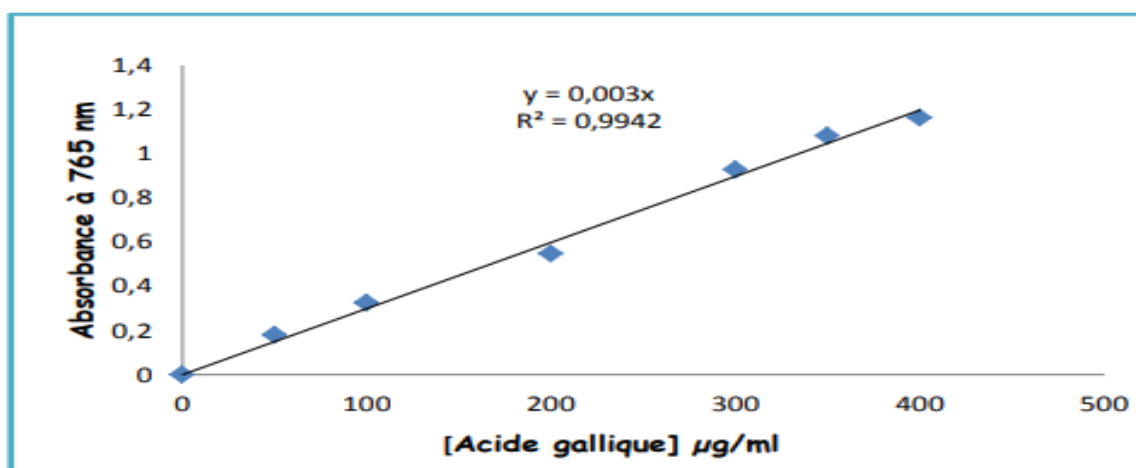


Figure 11 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique.

TableauVII: Teneur en phénols totaux dans l'extrait éthanolique

Echantillon dosé	Teneurs en phénols totaux (Mg d'Equivalent d'Acide Gallique par Gramme d'Extrait)
L'extrait éthanolique de <i>Portulaca oleracea</i> L.	283 ±0.8

Les résultats ont montré une variabilité en fonction de solvant. On remarque d'après les résultats que la teneur en polyphénols varie entre 0,45 et 0.84 mg EAG/G ES. L'extrait éthanolique est riche en polyphénols avec 283 ±0.8 mg EAG/G ES.

Ces valeurs sont supérieures à ceux obtenus par **Uddin et ses collaborateurs**, qui ont obtenus des concentrations de 1,428 µg EAG/mg DW pour l'extrait aqueux, 2,768 µg EAG/mg DW pour l'extrait hydroéthanolique (**Uddin et al., 2012a**).

IV.3. Teneur en flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode de trichlorure d'aluminium (AlCl₃) (**Chang et al., 2002**). La quercétine a été utilisée comme étalon. L'absorbance a été lue à une longueur d'onde de 430 nm. Les résultats obtenus sont représentés dans une courbe d'étalonnage, d'où on a calculé la teneur en flavonoïdes de l'extrait éthanolique qui est exprimée en mg équivalent de la quercétine (EQ) par gramme d'extrait (**Figure15**).

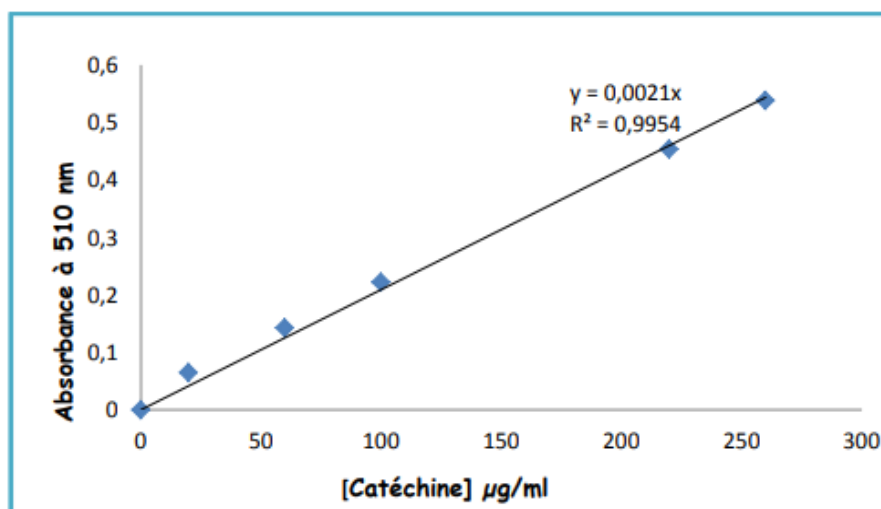
**Figure 12 :** Courbe d'étalonnage de quercétine.

Tableau VIII : Teneur en flavonoïdes dans l'extrait éthanolique.

Echantillon dosé	Teneurs en Flavonoïdes(Mg d'Equivalent de la Quercétine par Gramme d'Extrait)
L'extrait éthanolique de <i>Portulaca oleracea</i> L.	285,71 ±0.6

Les résultats ont montré une variabilité en fonction de solvant. On remarque d'après les résultats que la teneur en flavonoïdes varie entre 0,17 et 0.6 mg EQ/g ES. L'extrait éthanolique est riche en flavonoïdes avec 285,71 ±0.6mg EQ/g ES.

D'après **Guenzat, (2012)** les résultats du dosage des flavonoïdes dans l'extrait aqueux lyophilisé de *Portulaca oleracea* été estimés de 0,14µg EC/mg d'extrait sec, qui est un taux faible par rapport à nos résultats.

Nos résultats sont inférieurs à ceux déterminés par **Uddin et al., (2012a)** qui ont obtenus des concentrations de 28µg ER/mg DW pour l'extrait aqueux, 41µg ER/mg DW pour l'extrait hydroéthanolique et 49µg ER/mg DW pour l'extrait méthanolique (**Uddin et al., 2012a**).

Gunasckarn et al., (2014) ont enregistré que l'extrait brut hydroéthanolique obtenu par macération présente une teneur de 64,99 µg ER /mg d'extrait.

Les différences constatées avec les résultats obtenus par le dosage des polyphénols et flavonoïdes totaux peuvent être expliquées par la nature des solvants utilisés, ainsi que par les variétés de plantes étudiées sachant qu'en général, le climat et la région influencent sur la quantité des métabolites secondaires.

IV.4. Etude de l'activité antioxydante

IV.4.1. Résultats de la réduction du fer

Les résultats obtenus illustrés dans la **figure (13)** indiquent que le pouvoir réducteur présente une augmentation proportionnelle à la concentration d'extrait appliquée. En comparant les résultats obtenus pour les extraits, à ceux de l'acide ascorbique, nous remarquons une différence significative ($P < 0.05$).

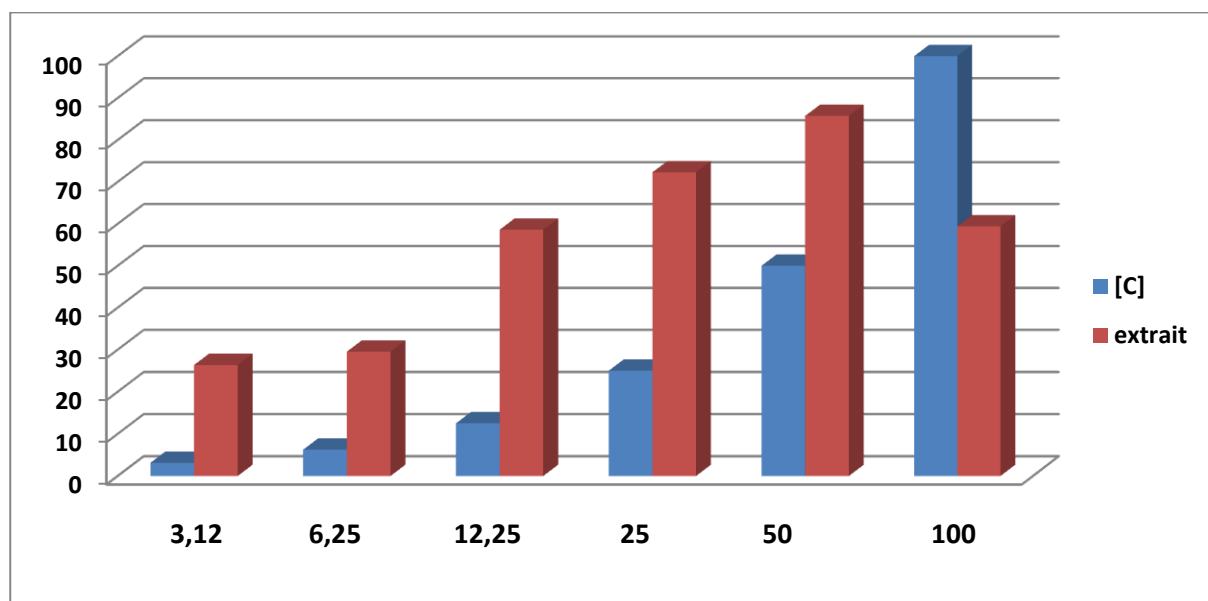


Figure 13: Pourcentages d'inhibition du fer en fonction des différentes concentrations d'extrait

IV.4.2. Test de piégeage du radical libre DPPH

L'activité antioxydante de l'extrait éthanolique de *Portulaca oleracea* L. et de l'antioxydant standard (acide ascorbique) vis-à-vis du radical DPPH a été évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette (DPPH*) à la couleur jaune (DPPH-H) mesurable à 700nm. Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance induite par des substances anti-radicalaires. Les résultats obtenus sont exprimés dans **la figure 14**.

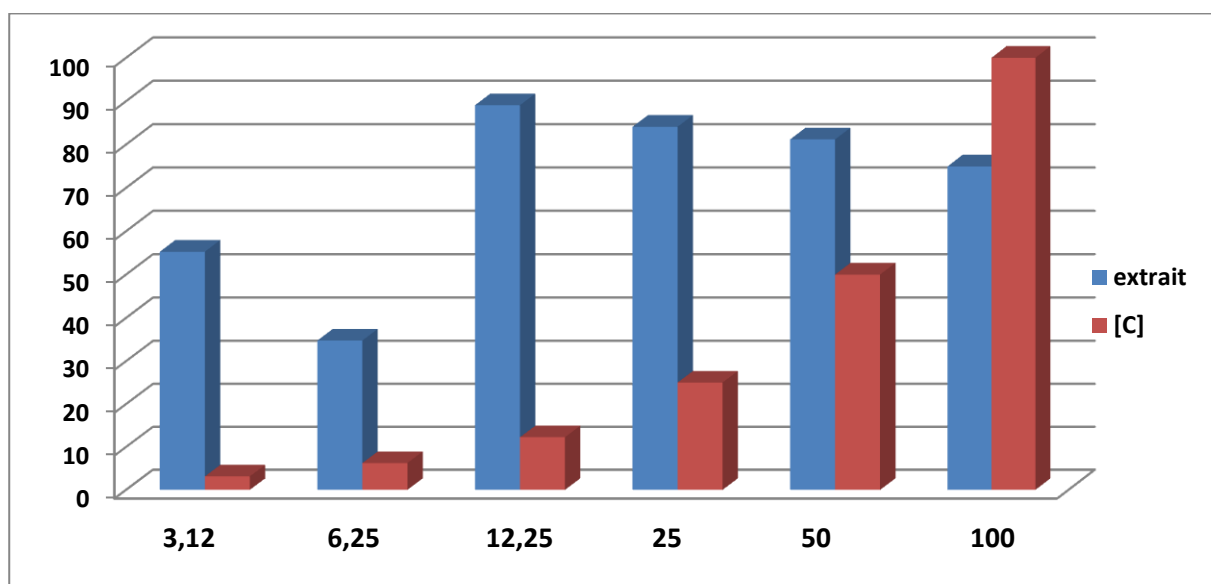


Figure 14: Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations d'extrait

L'extrait étudié de *Portulaca oleracea* L. a présenté à très faibles concentrations des pourcentages d'inhibitions élevés. A une concentration de 100µg/ml les pourcentages d'inhibitions sont de l'ordre de 89,06 (DPPH) %, 85,74%(FRAP) pour les extraits éthanoliques, Pour mieux caractériser le pouvoir antioxydant, nous avons introduit le paramètre IC50.

La concentration de l'échantillon nécessaire pour inhiber 50% du DPPH radicalaire, a été calculée par régression linéaire des pourcentages d'inhibition calculés en fonction de différentes concentrations d'extrait préparées ,on a trouvé IC50=11,70

D'après les valeurs obtenues, on a remarqué que les extraits présentent un IC50 inférieur à celui d'extrait standard , donc une activité meilleure. En comparaison avec l'antioxydant utilisé comme contrôle positif, l'acide ascorbique qui présente un IC50 égale à 0.91µg/ml, tous les extraits testés s'avèrent moins actifs. Plusieurs travaux ont montrés des résultats différents pour le piégeage du radical libre DPPH par *Portulaca oleracea*, **Sanja et ces collaborateurs** ont trouvés une valeur nettement inférieure à nos résultats avec un IC50 égal à 12,67 µg/ml dans un extrait méthanolique (**Sanja et al, 2009**).

Une autre étude faite par **Uddin et al, (2012)** montre des IC50 varient entre 1300 à 1710 µg/ml pour le FRAP à différent stades de maturation dans l'extrait méthanoïque, ces résultats sont largement supérieurs à ceux trouvés dans notre travail.

Les différences constatées avec les résultats obtenus auparavant par les auteurs déjà cités peuvent être expliquées par la nature différente des solvants et le type d'extraction utilisés.

Les résultats de l'activité anti oxydante sur les extraits de *Portulaca oleracea* sont en accord avec ceux obtenus par l'examen quantitatif dont on a enregistré que l'extrait éthanolique présente la quantité la plus élevée en polyphénols totaux et en flavonoïdes, ceci nous permet de penser que les polyphénols seraient responsables de l'activité antioxydante .

IV.5. Etude de l'activité anti-inflammatoire (in vitro)

IV.5.1. Test de dénaturation des protéines

Le tableau IX montre les résultats de l'activité anti-inflammatoire in vitro de l'extrait éthanolique de *Portulaca oleracea* L. qui consistent à évaluer les pourcentages d'inhibition de la dénaturation de sérum albumine bovin (BSA).

Tableau IX : Effets anti inflammatoire de l'EELS in vitro

	EELS	Diclofenac
Concentration (µg/ml)	1000	1000
% d'inhibition	236,75	40,66

Le pourcentage d'inhibition de la dénaturation l'EELS était efficace avec une inhibition égale à 236,75%. Les résultats obtenus pour cet extrait sont comparables à ceux obtenus pour le diclofenac, un médicament anti-inflammatoire utilisé comme standard qui exercé un pourcentage d'inhibition à la même concentration.

La dénaturation des protéines est parmi les causes de l'inflammation (**Barros et al., 2008**) (**Bagad et al., 2011**). La production d'auto-antigènes dans les maladies inflammatoires peut être due à la dénaturation des protéines in vivo. Le mécanisme possible de la dénaturation consiste à l'altération des liaisons électrostatique, hydrogène, hydrophobe et disulfure qui maintien la structure tridimensionnelle des protéines (**Barros et al., 2008 ; Mizushima et Kobayashi., 1968**).

Il est prouvé que les anti-inflammatoires non stéroïdiens comme lephénylbutazone et L'indomethazine inhibent pas seulement la synthèse des prostaglandines pro-inflammatoires, mais inhibent aussi la dénaturation des protéines (**Mizushima et Kobayashi., 1968**).

D'après les résultats, on constate que l'extrait éthanolique de *Portulaca oleracea* L. est capable de contrôler la production d'auto-antigène par l'inhibition de la dénaturation des protéines.

L'activité inhibitrice de la dénaturation de BSA est peut être attribuée à la présence de différents composés bioactifs tels que les flavonoïdes dans l'EELF trouvés lors des criblages phytochimiques. De nombreuses études ont évalué l'effet inhibiteur de différents extraits de plantes sur l'activité anti-inflammatoire in vitro par la méthode de la dénaturation des protéines (**Sangeetha et al., 2011 ; Barros et al., 2008 ; Mizushima et Kobayashi., 1968**).

IV.5.2. Recherche de l' effet anti hémolytique

Le test de l'effet anti hémolytique a été réalisé sur les extraits éthanoliques préparés à partir les feuilles de *Portulaca oleracea*. La figure 15 présente l'évolution de l'effet hémolytique durant

20min d'incubation à 37°C, dans un milieu tampon PBS (pH 7.4), et en présence des différentes concentrations des extraits éthanoliques préparés de la partie aérienne de *Portulaca olerace* (50,100,150,200 ug/ml) , comparée à des extraits préparés à partir d' un diclofenac-sodium médicaments standard (50,100,150,200ug/ml).

D'après les résultats obtenus, nous avons noté des augmentations des absorbances (taux d'hémolyse) en fonction du temps et en fonction des concentrations des extraits obtenus.

Pour l'extrait à une concentration de 200 ug /ml, nous avons enregistré une absorbance de 45.75 % à 20min, elle est inférieure à l'absorbance d'une concentration de 50 ug /ml qui a touché une valeur de 75.97% après 20min, cette dernière est largement inférieure à l'absorbance enregistrée dans dans le tube d'hémolyse totale

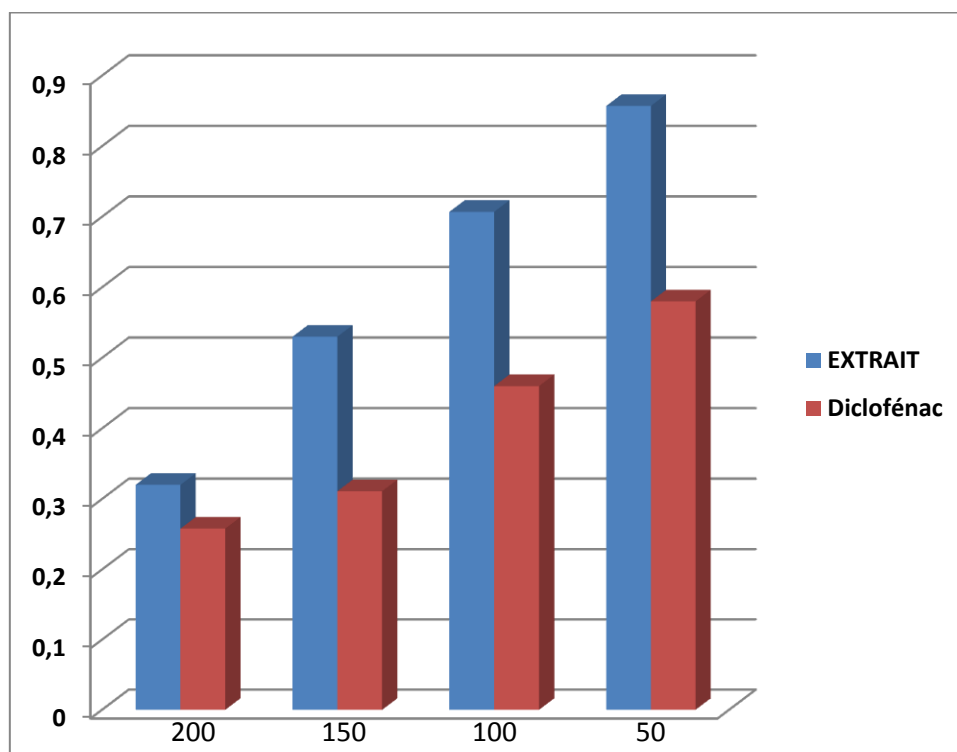


Figure 15: L'évolution des absorbances dans les tubes contenant une suspension érythrocytaire en présence des différentes concentrations d'extrait brut éthanolique par de les feuilles de *Portulaca oleracea* incubé à 37 °C durant 20 min, à 560 nm

L'extraits éthanolique obtenu présente un effet toxique très faible vis-à-vis des érythrocytes isolées, avec un taux d'hémolyse qui ne dépasse pas 45,25 % respectivement à une concentration de 200mg/ml après 20 min d'incubation à 37°C par rapport à l'hémolyse totale, cette faible toxicité peut être due aux saponines détectés dans l'analyse qualitative, qui sont connus par leur effet

hémolytique. Leur interaction avec le stérol membranaire augmente la perméabilité de la membrane érythrocytaire ce qui induit son éclatement et la libération d'hémoglobine (**Gorshkova et al., 1999**).

Plusieurs travaux ont été réalisés sur la toxicité de *Portulaca oleracea*, des auteurs ont observé une très faible toxicité puisqu'aucune mort n'a été enregistrée chez les rats qui ont reçus des doses maximales de 2 g/kg (**Kishore et al., 2013**) et de 10 g/kg (**EL-Newary, 2016**). Une étude réalisée par **Shafi et Tabassum, (2015)** à montré un DL50 égale à 0,5 g/kg, **Ahad Mir et ces collaborateurs** ont trouvés un DL50 égale à **2,99 g/kg** (**Ahad Mir et al., 2016**).

Conclusion

L'utilisation des plantes médicinales en phytothérapie a suscité un grand intérêt dans la recherche biomédicale, une telle thérapie prévient l'apparition des effets secondaires observés lors de l'utilisation des médicaments de synthèse chimique.

Le présent travail vise à l'évaluation des effets antioxydant et anti-inflammatoire de l'extrait éthanolique de *Portulaca oleracea* L (EELS).

Tout d'abord, nous avons commencé par l'estimation quantitative des polyphénols totaux et des flavonoïdes totaux dans l'extrait, les résultats obtenus montrent qu'il est riche par ces métabolites.

La teneur en polyphénols est égale à 283 mg d'acide gallique/mg d'extrait, et celle des flavonoïdes est égale à 285,71 mg d'Equivalent de quercetine /g d'extrait.

L'activité antioxydante a été explorée par la méthode de réduction du radical libre 1,1 diphenyl- 2-picryl-hydrazyl (DPPH) et la méthode de réduction du fer (FRAP), chacune cible un mécanisme d'action des antioxydants. L'extrait éthanolique testé jouie d'un potentiel anti-radicalaire appréciable avec un IC50 de 11,70 µg/ml.

L'activité anti-inflammatoire (in vitro) d'EELS a été effectuée par la méthode d'inhibition de la dénaturation des protéines. Les résultats obtenus montrent que le pourcentage d'inhibition de la dénaturation l'EELS était efficace avec une inhibition égale à 236,75 %. Les résultats obtenus pour cet extrait sont comparables à ceux obtenus pour le diclofenac.

L'analyse biologique effectuée sur les érythrocytes isolée à partir du sang humain par les extraits hydrométhanoliques préparés par infusion et décoction montre que la plante *Portulaca oleracea* est très faiblement toxique avec un taux d'hémolyse qui ne dépasse pas 0,857 % respectivement.

D'après les résultats on peut dire que cette espèce locale *Portulaca oleracea* L. peut constituer une source naturelle de composés naturels à usage biologique et thérapeutique intéressant.

En perspective, Notre travail reste une étape préliminaire pour des études plus larges, plus approfondies et plus accomplies incluant:

- Déterminer la DL50, de faire des tests de toxicité aigue et chronique.

Conclusion

- Un fractionnement des extraits et identification des molécules responsables du pouvoir antioxydant en utilisant des techniques d'identification plus performantes.
- Evaluation des autres activités biologiques éventuelles.
- De fractionner, de purifier et caractériser les différentes fractions de nos extraits à usage thérapeutique.
- De faire des tests in vivo afin de vérifier les propriétés biologiques des différents composants de la plante étudiée.

Références bibliographiques

A

Abdel-Moneim AE, Dkhil MA, et Al-Quraishy S; 2011. “The redox status in rats treated with flax seed oil and lead-induced hepatotoxicity”. *Biological Trace Element Research*; 143(1): 457–467

Ahad Mir P, Sharma N et Bader GN; 2016. Effect of alcoholic extract of *Portulaca oleracea* linn from pulwa district of Kashmir valley on alloxan- induced diabetic rats. *World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*; 5(01): 1264-1271.

Ahangarpour A, Lamoochi Z, Moghaddam HF, Mansouri SMT (2016) Effects of *Portulaca oleracea* ethanolic extract on reproductive system of aging female mice. *International Journal of Reproductive BioMedicine*, 14(3), pp.205-212. DOI: 10.29252/ijrm.14.3.205

AKOBUNDU O, 1989. Guide des adventices d'Afrique de l'Ouest. Agyakwa, ITAP 522p. Abdel-Moneim AE, Dkhil MA, et Al-Quraishy S; 2011. “The redox status in rats treated with flax seed oil and lead-induced hepatotoxicity”. *Biological Trace Element Research*; 143(1): 457–467

ANDERSEN YM and Markham KR. *Flavonoids : chemistry, biochemistry, and applications*. Ed. CRC, Taylor & Francis, Boca Raton, FL, 2006, p. 553-616.

ARONSON JA, 1989. Haloph: A database of salt tolerance plants of the world. Office of Arid Land Studies, University of Arizona, Tucson, 77p.

Arruda SF, Siqueira EMA, Souza EMT (2004) Malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) and purslane (*Portulaca oleracea*) leaves reduce oxidative stress in vitamin A-deficient rats. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 48(4), pp.288–295. DOI: 10.1159/000081075

ATZEI AD, 2003. Le piante nella tradizione popolare della Sardegna. Sassari, C. Delfino, 595p.

B

Bai Y, Zang X, Ma J, Xu G (2016) Anti-diabetic effect of *Portulaca oleracea* L. Polysaccharide and its mechanism in diabetic rats. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(8), pp.1201. DOI: 10.3390/ijms17081201

BAILEY LH, Bailey EZ, 1976. *Hortus third: a concise dictionary of plants cultivated in the United States and Canada*. MacMillan, New York, 1290 p

Barros, L., Falcão, S., Baptista, P., Freire, C., Vilas-Boas, M., Ferreira, I.C.F.R.(2008).

Antioxidant activity of *Agaricus* sp. mushrooms by chemical, biochemical and electrochemical assays. *Food Chem.* 111, 61–66.

Bagad YM, Umarmkar AR, Tatia AU, SuranaSJ. Investigation of anti-inflammatory and analgesic activity of *brideliaairyshawii* (Euphorbiaceae). *J pharm Res* 2011;4(5):1326- 1332

BENBROOK M., 2005. Accroître la teneur antioxydants des aliments grâce à l'agriculture et à la transformation alimentaire biologiques. Ed.The organic center : 6-8

BELOUED A, 2009. Plante médicinales d'Algérie. Masson, Elsevier Masson, Alger. 174p.

BeERMEJO JEH, Leon J, 1994. Cultures marginalisées 1492 : une autre perspective. *Food & Agriculture Org*, 354p.

BOSI G, Guarrera MP, Rinaldi R, Bandini M, 2008. Ethnobotany of purslane (*Portulaca oleracea* L.) in Italy and morphobiometric analyses of seeds from archaeological sites in the Emilia Romagna Region (Northern Italy). University of Modena and Reggio Emilia, Plant and culture: seed of cultural heritage of Europe, 136p.

Boizot N, Charpentier J-P (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le Cahier des Techniques de l'Inra* 79 – 82

Boiteau P, Potier P (1980). alcaloïdes de *Pandaca retusa*. , *Phytochemistry* 12, 2517- 2519

BOUGANDOURA Nabila, BENDIMERAD Nassima (2012) Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp.*Nepeta* (L.) Briq. *Revue « Nature & Technologie »*. B- Sciences Agronomiques et Biologiques, n° 09. Pages 14 à 19.

BOURGEOIS Th, 1993. Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au NordCameroun (Afrique) - Amplitude d'habitat et degré d'infestation - Cycle de développement. Thèse USTL Montpellier II, Montpellier, France, 241p

Bourgeois T, Merlier H (1995) *Adventrop: Les adventices d'Afrique soudano- sahélienne*. 1 éd., Montpellier, France, 640p.

Boutebko S, Boutenko V, Soria C (2008) Fresh: The Ultimate Live-Food Cookbook. Kindle Edition, North Atlantic Books, 256p

W. N BRANDT, A. E. HORNSCHEMEIER, D. M. ALEXANDER, G. P. GARMIRE, D. P. SCHNEIDER, P. S. BROOS, L. K. TOWNSLEY, M. W. BAUTZ, E. D. FEIGELSON, R. E. GRIFFITHS . (2001), THE CHANDRA DEEP SURVEY OF THE HUBBLE DEEP FIELD NORTH AREA. IV. AN ULTRADEEP IMAGE OF THE HDF-N.

BRUNETON , J. (1993). Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes médicinales. 2ème édition, Lavoisier Techniques & Documentation, Paris.

BRUNETON J. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Ed. médicales internationales Editions Technique & Documentation, Cachan, [S.l.], **1999**, p. 647-673.

BONNER W. E. and Beecher G. R. Extraction and measurement of prominent flavonoids in orange and grapefruit juice concentrates. *J. Chromatog. A* **1995**; 705: 247-256

C

Chan K, Islam MW, Kamil M, Radhakrishnan R, Zakaria MNM, Habibullah M, et al (2000) The analgesic and anti-inflammatory effects of *Portulaca oleracea* L. subsp. *Sativa* (Haw.) Celak. *Journal of Ethnopharmacology*, 73(3), pp.445-451. DOI: 10.1016/S0378-8741(00)00318-4

Chang C., Yang M., Wen H., Chern J. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *J. Food Drug Anal.* **2002**;10:178–182

COUPLAN F, 2009. Le régal végétal: plantes sauvages comestibles. Paris: Sang de la terre, 527p.

Cocher E (1998) Celse, Scribonius, Aurelianus et la douleur dentaire. Trois conceptions différentes, *Chirurgiendentiste de France* 908, pp.68-73.

D

DIANYU L, Tao S et Lan X; 2011. Two Antioxidant Alkaloids from *Portulaca oleracea* L. *Helvetica Chimica Acta*; 94 (3): 497-501

Djeridane, A., Yous, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., Vidal, N. 2006. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chem.*, 97: 654-660

E

EFFENDI L., YAJUN Y., M ATTHEOS A. and KOFFAS G., 2008 - Functional expression of a P450 flavonoid hydroxylase for the biosynthesis of plant-specific hydroxylated flavonols in *Escherichia coli*. *Metab. Eng.*, 8: 172-181.

El-Newary SA (2016) The hypolipidemic effect of *Portulaca oleracea* L. stem on hyperlipidemic Wistar Albino rats. *Annals of Agricultural Sciences*, 61(1), pp.111-124. DOI: 10.1016/J.AOAS.2016.01.002

F

FLEEGER J.L et FLIPSE I.J.(1964). Metabolism of bovine semen XIII. Malonic acid metabolism by bovine spermatozoa. *J. Dairy Sci.* 47 (5): 535-538.

22-Faten R ,Abdel G ,Ibrahim A,El-elaimy.2011. Antioxydant and scavenging active enging activenging of *HiBSUCUS EOSA SIEN* siscrudeextract .*Jouranl of Applied Pharmaceutical Science* 02(01) :51-58

FOSTER CO, 1980. Purslane *Portulaca oleracea*. Herb-Q. Wilmington, Vt., Uphill Press. Autumn 2: 7-22.

G

Gai Guo LY, Fan S, Jing S, Yan LJ (2016) Antioxidant and Antiproliferative Activities of Purslane Seed Oil. *Journal of Hypertension*, 5(2), pp.218-224. DOI: 10.4172/2167-1095.1000218

GALLINO B, 2001. Aggiornamento Phytoalimurgia Pedemontana, in O. Mattiolo *Phytoalimurgia Pedemontana*. Peveragno, Blu, 232p.

GHAISAS M., NAVGHARE V., TAKAWALE A., ZOPE V., DESHPANDE A., 2008.

In-vitro antioxidant activity of *tectona grandis* linn. *Pharmacologyonline*. (3): 300p.

Ghazi, F.; Sahraoui, S. Evolution of phenolic compounds and total carotenoids during maturation of two varieties of dates Tantboucht and Hamraia, thesis of agronomy, El Harrach, **2005**

GHEDIRA K. Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytother.* **2005**; 3: 162-169

GRUBBEN GJH, Denton OA, 2004. Légumes. Wageningen, Fondation PROTA, 737p.
GUENZAT A; 2012. Effet des extraits aqueux lyophilisés de *Portulaca oleracea* et *Zygophyllum gaetulum* sur le profil lipidique et le statut redox, chez des rats rendus diabétique par injection de Streptozotocine. Mémoire de Magister, Oran

Gorman M (1988) Purslane goes American. *Org.Gard*, 35(6), pp.68-69.

Gorshkova IA, Kalinin VI, Gorshkov BA et Stonik VA; 1999. Two different modes of inhibition of the rat brain Na⁺, K⁺ + ATPase by triterpene glycosides, psolusosides A and B from the holothurian (*Psolus fabricii*). *Comp Bioch And Physiol*;(122):101-108. Harborne JB et Herbert B; 1995. *Phytochemical Dictionary: A Handbook of Bioactive Compounds from Plants*, Bristol: Taylor et Francis.

Grubben GJH, Denton OA (2004) Légumes. Wageningen, Fondation PROTA, 737p.

GUTTERMAN Y, 1974. The influence of the photoperiodic regime and red-far red light treatments of *Portulaca oleracea* L. plants on the germinability of their seeds. *Oecologia*, 17: 27-38. Ici

GUNASEKARAN N, Arumugam A, Prasad N et Perumal S; 2014. Effect of hydrothermal processing on total polyphenolics and antioxidant potential of underutilized leafy vegetables, *Boerhaavia diffusa* and *Portulaca oleracea*. *Asian Pac J Trop Biomed* ; 4(1): 468-477.

Guenzat A; 2012. Effet des extraits aqueux lyophilisés de *Portulaca oleracea* et *Zygophyllum gaetulum* sur le profil lipidique et le statut redox, chez des rats rendus diabétique par injection de Streptozotocine. Mémoire de Magister, Oran.

H

HAFLINGER E, Brun-Holl J, 1981. *Tavole delle malerbe*. Basil, CIBA-GEIGY, 623p Hagerman A. E. and Butler L. G. The specificity of proanthocyanidin-protein interactions. *J. Biol. Chem.* 1981; 256: 4494-4497

Hagerman, A.E. and Butler, L.G. (1981) The specificity of proanthocyanidin-protein interactions. *The Journal of Biological Chemistry*, 256, 4494-4497.

HARBORNE J. B. et WILLIAMS C. A. (2000). *Advances In Flavonoid Research Since 1992*. *Phytochemistry*. 55 : 481-504.

Harbone JB; 1998. Phytochemical Methods: A guide to moderne techniques of plant analysis, 3ème Ed Chapman et Hall Thomson Science (U K): 203-234.

HAUDRICOURT AG, Hedin L, 1993. L'uomo e le piante coltivate. Palermo, Flaccovio, 228p.

HOLM LG, Plucknett DL, Pancho JV, Herberger JP, 1977. The world's worst weeds: Distribution and biology. East-West Center, University Press of Hawaii, Honolulu

HOPEN HJ, 1972. Growth of common purslane as influencing control and importance as a weed. Weed Sci., 20:20–23

HUBERT REID, Dictionnaire de droit québécois et canadien (avec table des abréviations et lexique anglais-français), 3 éd., Montréal, Wilson & Lafleur Ltée, **2004**, 828 p., ISBN: 2-89127-652-3

J

Jayaprakasha GK, Signh, RP and Sakariah KK: 2001. Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models in vitro. Food Chemistry 73, 285– 290.

JONES BS, Luchsinger EA, 1987. Plant Systematics. New York: McGraw-Hill Book Company, 512p

K

Kaveh M, Eidi A, Nemati A, Boskabady MH (2017) The extract of *portulaca oleracea* and its constituent, Alpha linolenic acid affects serum oxidant levels and inflammatory cells in sensitized rats. Iranian J All Asth Immunol, 16(3):256–270

Kim CH, Park PB, Choe SR, Kim TH, Lee JK et al. (2009) Anti-oxidative and Anti-inflammatory Effects of *Portulaca oleracea* on the LPS-stimulated AGS Cells. Korean Journal of Oriental Physiology and Pathology, 23(2), pp.488-493.

Kishore DV, Moosavi F, Varma DR RK (2013) Effect of ethanolic extract of *Portulaca oleracea* linn. on ethylene glycol and ammonium chloride induced urolithiasis. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 5(2), pp.134-140.

KRISHNAN S., Manavathu E. K. and Chandrasekar P. H. *Aspergillus flavus*: an emerging non-fumigatus *Aspergillus* species of significance. Mycoses **2009**; 52: 206-222

KNAGGS A.R. (2003).The biosynthesis of shikimate metabolites. *Natural Product Reports*, 20 : 119-136.

L

Lamendin H, 2007. Soignez votre bouche par les plantes: Remèdes d'hier et d'aujourd'hui. L'Harmattan, 213p

Lawrence, D ,Managing human asset, by Michael Beer, Bert Spector, Paul R. Quinn Mills, and Richard E. Walton. New York: The Free Press, 1984, Book Review ,

Lee AS, Kim JS, Lee YJ, Kang DG, Lee HS (2012) Anti-TNF-alpha activity of *Portulaca oleracea* in vascular endothelial cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(5), pp.5628–5644. DOI: 10.3390/ijms13055628

Leung AY, Foster S, 1996. *Encyclopedia of Common Natural Ingredients used in food, drugs and cosmetics.* Hoboken, John Wiley, 688p.

Lim YY, Quah E (2006) Antioxidant properties of different cultivars of *Portulaca oleracea*. *Food Chemistry*, 103(3), pp.734-740. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.09.025

Lim Y et Quach E (2007) Antioxydant properties of different cultivars of *Portulaca oleracea*. *Food Chemistry*, 103(3), pp.734-740. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.09.025

Liu L, Howe P, Zhou YF, Xu Z-Q, Hocart C, Zhang R (2000) Fatty acids and β -carotene in Australian purslane (*Portulaca oleracea*) varieties. *Journal of Chromatography A*. 893(1), pp.207-213. DOI: 10.1016/S0021-9673(00)00747-0

M

Malek F, Boskabady M, Borushaki M, Tohidi M (2004) Bronchodilatory effect of *Portulaca oleracea* in airways of asthmatic patients. *Journal of Ethnopharmacology*, 93(1), pp.57-62. DOI: 10.1016/j.jep.2004.03.015

MACHEIX JJ, Fleuriet A and Jay-Allemand C. Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2005, p. 4-5.

MARTIN S.et ANDRIANTSITOHAINA R.(2002).Mécanismes de la protection cardiaque etvasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. *Annales de cardiologie et d'angéiologie*, 51 : 304–31

Marfak A. (2003). Thèse de doctorat Radiolyse Gamma des flavonoïdes ; Etude de leur réactivité avec des radicaux issus des alcools. pp: 6-7-10-

Mansour EH, Khalil AH. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application to ground beef patties. *Food Chem* 2000; 69 : 135-41.

MALE _Éev D. É. and Kunti_ç V. Investigation of metal--flavonoid chelates and the determination of flavonoids via metal--flavonoid complexing reactions. *J. Serb. Chem. Soc.* **2007**; 72: 921-939.

Medzhitov R. Inflammation (2010) new adventures of an old flame. *Cell*, 140(6), pp.771-776. DOI: 10.1016/j.cell.2010.03.006

Miao L, Tao H, Peng Y, Wang S, Zhong Z, El-Seedi H, et al. (2019) The anti-inflammatory potential of *Portulaca oleracea* L. (purslane) extract by partial suppression on NF- κ B and MAPK activation. *Food Chemistry*, 290, pp.239-245. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.04.005

Miyanishi K, Cavers PB, (1980) The biology of Canadian weeds. *Portulaca oleracea* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 60, pp.953-963. DOI: 10.4141/cjps80-139

Mulry KR, Hanson BA, Dudle DA (2015) Alternative strategies in response to saline stress in two varieties of *Portulaca oleracea* (purslane). *PLoS One*, 10(9). DOI: 10.1371/journal.pone.0138723

Mizushima Y and Kobayashi M. (1968).Interaction of anti-inflammatory drugs with serum proteins, especially with some biologically active proteins.*Journal of Pharmacy and Pharmacology* 20 (1)169-173.

N

Nagappan Raja,2012 . Evaluation of aqueous and ethanol extract of bioactive medicinal plant, *Cassia didymobotrya* (Fresenius) Irwin & Barneby against immature stages of filarial vector, *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae)

NIJEVELDT , R. J., Nood, E., Hoorn, D. E., Boelens, P. G., Norren, K., Leeuwen, P. (2001).Flavonoids: A review of probable mechanisms of action and potential applications. *Am.J. Clin Nutr*, 74 : 418-425.

Noguchi K, Nakayama K, Ban CD (1975) Studies on ecological characteristics of common purslane [*Portulaca oleracea*]. *J.Cent.Agric.Exp.Stn.Konosu*, 22, pp.179-202.

O

Oyaizu, M. (1986) Studies on products of browning reaction Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese Journal of Nutrition*. 44, 307–315.

P

Percival M (1998) Antioxidants. *Clinical Nutrition Insight*, 31, pp.1-4.

Pincemail J, Bonjean K, Cayeux K et Defraigne JO; 2008. Mécanismes physiologiques de la défense antioxydant. *Nutrition Clinique et Métabolisme*; 16 :233-239.

Prakash D, Upadhyay G, Brahma N, Singh H B (2007). Singh antioxidant and free radical-scavenging activities of seeds and agri-wastes of some varieties of soybean (*Glycine max*). *Food Chemistry*, 104, 783-790.

R

Reaume T (2009) 620 Wild Plants of North America: Fully Illustrated. CPRC Press, 784p.

REMSY C., Manach C., Texier O. and Regeat F. Intérêt nutritionnel des flavonoïdes. *Med. Nutr.* 1996; 32: 17-27

RIBÉREAU-GAYON P., 1968. Les composés phénoliques des végétaux, Dunod Éd. Paris.

S

SAAD B, Said O, 2011. Greco-Arab and islamic herbal medicine: traditional system, ethics, safety, efficacy, and regulatory issues. John Wiley & Sons, 568p

Sanchez-Moreno C., Larrauri J.A., et Saura-calixto F.(1998).A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal Science Technology International*. 8, 121-

137. Sanchez1998

SANJA SD, Sheth NR, Patel NK, Patel D, Patel B; **2009**. Characterization and evaluation of antioxidant activity of *Portulaca oleracea*. *Interional Journal of*

SARNI -Manchado P and Cheynier V. *Les polyphénols en agroalimentaire*. Ed. Tec & Doc, Paris, **2006**, p. 2-10.

SCHOCH WH, Pawlik B, Schaveigruber FH. 1988. *Botanische Makroreste*. Berne, Paul Haupt, 653p

SEIGLER DS. *Plant secondary metabolism*. Ed. Kluwer Academic, Boston, **1998**, p. 193- 205

Simopoulos, HA Norman, J E Gillasp, JA Duke (1992) Common purslane: a source of omega-3 fatty acids and antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*, 11(4), pp.374-382. DOI: 10.1080/07315724.1992.10718240

Singleton V.L.et Rossi J.A. (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Technology and Viticulture*. 16, 144-153.

Shafi S et Tabbasum N; 2015. Preliminary phytochemical screening, renal and hematological effects of *Portulaca oleracea* (whole plant) in swiss albino mice. *Int Res J Pharm*; 6(6): 349-353

Sangeetha M, Kousalya K, Lavanya R, Cherukuru S Chamundeeswari D, Uma

Maheswara R.(2011). In-vitro Anti-inflammatory and Anti-arthritis Activity of Leaves of *CleodendronInerme*. *RJPBCS Volume 2 (1)*: 822-827.

T

TUTIN TG, 1993. *Flora Europaea*. Cambridge, England, Cambridge University Press, 629p.

UDDIN MK, Juraimi AS, Hossain MA, Anwar F et Alam MA; 2012b.“Effect of salt stress of *Portulaca oleracea* on antioxidant properties and mineral compositions”. *Australian Journal Crop Science*; 6: 1732–1736.

U

Uddin MK, Juraimi AS, Anwar F, Hossain MA, Alam MA (2012) Effect of salinity on proximate mineral composition of purslane (*Portulca oleracea* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 6(12), pp.1732-1736.

Uddin MK, Juraimi AS, Hossain MS, Nahar MA, Ali ME, Rahman MM (2014) Purslane weed (*Portulaca oleracea*): a prospective plant source of nutrition, omega-3 fatty acid, and antioxidant attributes. *Scientific World Journal*. DOI: 10.1155/2014/951019

URQUIAGA I. N. E. S. and Leighton F. E. D. E. Plant Polyphenol Antioxidants and Oxidative Stress. *Biol. Res.* **2000**; 33: 55-64.

V

VENGRIS J, Dunn S, Stacewicz-Sapuncakis M, 1972. Life history studies as related to weed control in the northeast. *Res. Bull. Agric. Exp. Sta. University of Massachusetts*, 44 p.

W

Wang CQ, Yang GQ (2010) Betacyanins from *Portulaca oleracea* L. ameliorate cognition deficits and attenuate oxidative damage induced by D-galactose in the brains of senescent mice. *Phytomedicine*, 17(7), pp.527-532. DOI: 10.1016/j.phymed.2009.09.006

WALLE T. Absorption and metabolism of flavonoids. *Free Radical Biol. Med.* **2004**; 36: 829-837

WARE S, 1967. A new *Talinum* (*Portulacaceae*) from the cedar glades of middle Tennessee. *Rhodora*, 69: 466-475.

W-ERDMAN J., BALENTINE J.D., ARAB L., BEECHER G., DWYER J.T., FOLTS J., HARNLY., HOLLMAN J.P., L-KEEN C., MAZZA G., MESSINA M., SCALBERT A., VITA J., WILLIAMSON G. and BURROWES J., 2005 - Flavonoids and heart health : Proceeding of the ILSI North America flavonoids workshop. Washington. *Journal of Nutrition*, (3) 137 : 718-737.

Wyk BEV, 2005. *Food Plants of the World*. Portland, Timber Press, 480p

X

Xu L, Ying Z, Wei W, Hao D, Wang H, Zhang W, et al. (2017) A novel alkaloid from *Portulaca oleracea* L. *Natural Product Research*, 31(8), pp.902-908. DOI: 10.1080/14786419.2016.1253081

Y

Yang Z, Liu C, Xiang L, Zheng Y (2009) Phenolic alkaloids as a new class of antioxidants in *Portulaca oleracea*. *Phytotherapy Research*, 23(7), pp.1032-1035. DOI: 10.1002/ptr.2742

Yazici A ,Handan A .C ,Zeki A ,Resul B ,Mehmet Ali S . [Expert Systems with Applications, Volume 32, Issue 4](#), May 2007, Pages 987-994, Comparison of logistic regression model and classification tree: An application to postpartum depression data

Yue T, Xiaosa W, Ruirui Q, Wencai S, Hailiang X, Min L (2015) The Effects of *Portulaca oleracea* on Hypoxia-Induced Pulmonary Edema in Mice. *High Altitude Medicine and Biology*, 16(1), pp.43-51. DOI: 10.1089/ham.2013.1081

Yao Jie, Jan C. Hummelen, Brian W. Knight, F. LePeq, Fred Wudl, and Charles L. Wilkins, 1995. Preparation and Characterization of Fulleroid and Methanofullerene Derivatives

Z

Zimmerman CA (1976) Growth characteristics of weediness in *Portulaca oleracea* L. *Ecology*, 57(5), pp.964- 974. DOI: <https://doi.org/10.2307/1941061>

Zhou Y, Hong Y, Huang H (2016) Triptolide Attenuates Inflammatory Response in Membranous GlomeruloNephritis Rat via Downregulation of NF-κB Signaling Pathway. *Kidney and Blood Pressure Research*, 41(6), pp.901-910. DOI: 10.1159/000452591