

**UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**

**Faculté des sciences de la nature et de la vie**

**Département des sciences biologiques**



**Mémoire En vue de l'obtention du diplôme de  
MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Sciences Biologiques**

**Spécialité : Biochimie appliquée**

**Thème**

**Valeurs nutritionnelles et thérapeutiques des  
graines de trois provenances de pourpier  
(*Portulaca oleracea* L.)**

Présenté par : M<sup>elle</sup> BOUHALA Manel

M<sup>elle</sup> BOUMEHRAS Nour El Houda

Soutenu publiquement le : 28 /06/2021

Devant le jury :

M <sup>me</sup> OUEL EL HADJ KHELIL Aminata	Professeur	Présidente	U.K.M. Ouargla
Mr. KEDDAR Nadir	M.C.B.	Examineur	U.K.M. Ouargla
M <sup>elle</sup> HADJADJ Soumia	M.C.A.	Encadreur	U.K.M. Ouargla
M <sup>me</sup> HIDOUB Yousra	Doctorante	Co-encadreur	U.K.M. Ouargla

**Année universitaire : 2020/2021**

# Remerciements

Avant tous nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens afin de pouvoir réaliser ce travail de fin d'études.

Au terme de ce travail nous tient particulièrement à exprimer nos profondes gratitudes et à remercier :

Notre encadreur M<sup>elle</sup> HADJADJ Soumia, un grand merci, pour sa gentillesse, sa sérieuse, sa disponibilité et sa contribution générale à l'élaboration de ce travail.

Notre co- encadreur M<sup>me</sup> HIDOUB Yousra, pour ses conseils et son encouragement tout au long de la période de réalisation de ce travail.

Les membres de jury Pr. OUEL EL HADJ KHELIL Aminata et Mr. KEDDAR Nadir, pour l'honneur qu'ils nous ont fait en jugeant notre travail.

Nos collègues Sara et Rofida

Nous remercions le responsable et les techniciens des laboratoires pédagogiques de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Kasdi Merbah Ouargla.

Tout le personnel administratif du Département des Sciences Biologiques et à tous nos enseignants.

Enfin à tous ceux qui ont contribué près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.



## Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver  
les mots qu'il faut...

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,  
L'amour, le respect, la reconnaissance ...

Aussi, c'est tout simplement que  
Je dédie ce thème....

A mon très cher père HASSAN l'homme le plus parfait  
dans le monde, le secret de ma réussite et mon grand  
exemple qui a rêvé toujours de me voir heureuse  
A ma très chère idéale mère Hayet, source de tendresse,  
en témoignage de ma reconnaissance pour son amour,  
sa patience et sa compréhension.

A la flamme de ma vie

Mes très chère ASMA, son fils chéri SanadElddine dieu  
qui portage, mon très cher frère chaque un a son nom  
NASSER EI DDINE, AMRO, ANES

A toute la famille BOUHALA

Et bien sur mon patron Mr LAMRAOUI S. Merci. Pour  
leur encouragement. Patience, la tendresse.

Que dieu vous protège et vous réserve une longue vie  
pleine de bonheur et de santé

A tous mes amis qui sont toujours à mon côté dans  
les bons moments

A mes copines

AICHA, IMANE, DJIHANE, RADJA, MANEL, SAFA.

2020-2021

*Et à tous que j'aime  
dans ma vie B. Manel*



## *Dédicace*

Je tiens avant tout à rendre gloire à Allah  
pour sa bonté infinie,

Pour la santé et la paix accordées.

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A tous ceux qui me sont chers :

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de confiance et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, mon père que j'adore OMAR.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, ma mère RAMILA à qui je souhaite une longue vie pleine de bonheur et de santé.

A mes très chères sœurs qui ont été toujours à mes côtés : RAHIMA (ma première encouragement), HAMIDA (ma belle inspiration), BOUCHRA et SALMA. Pour leur encouragement et soutien.

A mes très chers frères : ISMAIL et WALID

A mon grand-mère MBARAKA et MASSOUDA souhait qu'ALLAH  
vous bénisse et vous protège.

A mes deux belles cousines : AMEL et FARAH

A mes oncles mes tantes

A toute ma grande famille BOUMEHRAS et ZITA

A mon binôme et ma chère amie Manel avec qui  
qui a m'accompagné tout au long de la période  
de réalisation de ce travail

A toute la promotion de 2ème année Master  
de Biochimie appliquées

2020/2021

Boumehras Nour El Houda

## Listes des figures

<b>Figure 1</b> Structure de base des composés phénoliques .....	11
<b>Figure 2</b> Exemple de quelques acides phénoliques de la série benzoïque .....	12
<b>Figure 3</b> Exemple de quelques acides phénoliques de la série cinnamique .....	12
<b>Figure 4</b> Squelette de base des flavonoïdes .....	13
<b>Figure 5</b> Critères structuraux essentiels pour avoir une bonne activité antiradicalaire des flavonoïdes .....	16
<b>Figure 6</b> Structure chimique des tanins galliques (A) et des tanins éllagiques (B).....	17
<b>Figure 7</b> Structure des tanins condensés de type B et de type A.....	17
<b>Figure 8</b> <i>Portulaca oleracea</i> L. ....	19
<b>Figure 9</b> Mécanisme réactionnel d'un antioxydant avec le DPPH• .....	28
<b>Figure 10</b> Composition en sucres solubles totaux des graines de trois provenances de <i>P. oleracea</i> .....	31
<b>Figure 11</b> Composition en proteines totales des graines de trois provenances de <i>P. oleracea</i> .....	36
<b>Figure 12</b> Composition en lipides des graines de trois provenances de <i>P. oleracea</i> .....	37
<b>Figure 13</b> Valeur énergétique des graines de trois provenances de <i>P. oleracea</i> .....	38
<b>Figure 14</b> Teneurs en polyphénols totaux des extraits aqueux des graines de trois provenances de <i>P. oleracea</i> .....	40
<b>Figure 15</b> Teneurs en flavonoïdes des extraits aqueux des graines de trois provenances de <i>P. oleracea</i> .....	37
<b>Figure 16</b> Teneurs en tanins totaux des extraits aqueux des graines de trois provenances de <i>P. oleracea</i> ....	38
<b>Figure 17</b> Activité antioxydante des extraits aqueux des graines de trois provenances de <i>P. oleracea</i> évaluée par le test de phosphomolybdate. ....	40
<b>Figure 18</b> Activité antioxydante des extraits aqueux des graines de trois provenances de <i>P. oleracea</i> évaluée par le test de DPPH.....	41.

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> Besoins et sources en oligoéléments .....	9
<b>Tableau 2</b> Différents groupes de composés phénoliques .....	11
<b>Tableau 3</b> Principales classes des flavonoïdes .....	14
<b>Tableau 4</b> Valeur nutritionnelle de <i>P. oleracea</i> pour 100 g .....	20
<b>Tableau 5</b> Origine géographique des trois provenances des graines de <i>P. oleracea</i> .....	23
<b>Tableau 6</b> Aspect, couleur et rendement en extrait sec de trois provenances des graines de <i>P. oleracea</i> .	30

## Listes des annexes

<b>Annexe 1</b>	Graines des trois provenances de <i>P. oleracea</i> .....	57
	Etapes d'extraction des graines de <i>P. oleracea</i> par méthode de décoction.....	57
<b>Annexe 2</b>	Courbe d'étalonnage des sucres solubles totaux .....	58
	Courbe d'étalonnage des protéines .....	58
	Différentes étapes de dosage des lipides .....	59
<b>Annexe 3</b>	Courbe étalonnage des polyphénols totaux .....	60
	Courbe étalonnage des flavonoïdes .....	60
<b>Annexe 4</b>	Test de phosphomolybdate .....	61
	Courbe étalonnage de test de phosphomolybdate .....	61
	Test de DPPH .....	62
	Courbe étalonnage de teste de DPPH.....	62

# Sommaire

Liste des abréviations.....	
Listes des figures .....	
Liste des tableaux.....	
Listes des annexes.....	
Résumés.....	
Introduction.....	2
<b>Chapitre I : Synthèse bibliographique</b>	
I. Généralités sur les principes actifs des plantes médicinales .....	5
I.1 Définition des métabolites primaires .....	5
I.1.1 Classification des métabolites primaires.....	5
I.1.1.1 Protéines .....	5
I.1.1.2 Lipides.....	6
I.1.1.3 Hydrates de carbone (glucides) .....	7
I.1.1.4 Sels minéraux .....	7
I.2 Définition des métabolites secondaires .....	9
I.2.1 Classification des métabolites secondaires .....	10
I.2.1.1 Terpénoïdes .....	10
I.2.1.2 Alcaloïdes.....	10
I.2.1.3 Saponosides .....	10
I.2.1.4 Composés phénoliques.....	11
I.2.1.5 Flavonoïdes.....	13
I.2.1.6 Tanins .....	16
II. Généralités sur l'espèce étudiée <i>Portulaca oleracea L.</i> .....	18
II.1 Description botanique.....	18
II.2 Position systématique.....	19
II.3 Habitat et distribution géographique .....	20
II.4 Utilisation nutritionnelle.....	20
II.5 Utilisation thérapeutique .....	21
<b>Chapitre II :Matériel et méthodes</b>	
I. Objectif de l'étude .....	23
II.Matériel végétal .....	23
III. Méthodes analytiques.....	23
III.1Méthodes d'extraction et de dosage des métabolites primaires .....	23
III.1.1 Dosage des sucres solubles totaux .....	23
III.1.2 Dosage de protéines totales .....	24



III.1.3 Dosage des lipides .....	25
III.2 Détermination de la valeur énergétique des graines de pourpier .....	25
III.3 Méthodes d'extraction et de dosage des métabolites secondaires .....	25
III.3.1 Préparation des principes actifs .....	25
III.3.2 Détermination de rendement d'extraction .....	26
III.3.3 Dosage des polyphénols totaux .....	26
III.3.4 Dosage des flavonoïdes totaux .....	26
III.3.5 Dosage des tannins totaux .....	27
IV. Evaluation de l'activité antioxydante .....	27
IV.1 Test de phosphomolybdate .....	27
IV.2 Test de DPPH (2,2-diphényl-1-picryl-hydrazine) .....	28

### Chapitre III : Résultats et discussions

I. Rendement en extrait bruts .....	30
II. Résultats de l'analyse quantitative .....	31
II.1 Détermination des métabolites primaires .....	31
II.2 Valeur énergétique des graines de trois provenances de pourpier .....	35
II.3 Détermination des métabolites secondaires .....	36
II.3.1 Dosage des phénols totaux .....	36
II.3.2 Dosage des flavonoïdes .....	37
II.3.3 Dosage des tanins totaux .....	38
II.4 Evaluation de l'activité antioxydante .....	39
II.4.1 Méthode de phosphomolybdate (PM) .....	39
II.4.2 Méthode de piégeage du radical libre DPPH° (2,2-diphényl-1-picrylhydrazil) .....	40
Conclusion .....	43
Liste des références bibliographiques .....	46
Annexes .....	57

## **Valeurs nutritionnelles et thérapeutiques des graines de trois provenances de pourpier (*Portulaca oleracea* L.)**

### **Résumé**

Ce travail s'inscrit dans le contexte de la valorisation des ressources naturelles sahariennes, qui a pour objectif de caractériser phytochimiquement et d'évaluer les potentiels nutritionnels et antioxydants des graines de trois provenances de pourpier (*Portulaca oleracea* L.), dont deux locales, collectées dans la région de Ouargla et d'El Oued et une introduite de l'Egypte. A cette fin, une quantification des principaux métabolites nutritifs, primaires (glucides, protéines, lipides) et secondaires (phénols totaux, flavonoïdes et tanins condensés), ainsi que la détermination de la valeur énergétique et la capacité antioxydante de nos échantillons ont été effectués. La caractérisation biochimique des graines de pourpier a révélé que les graines importées d'Egypte représentent les plus importantes quantités en carbohydrates ( $7.39 \pm 0.77$  g eq glucose/100 g de MS) et une grande valeur énergétique de 39,47 Kcal/ 100 g de MS. Pour les métabolites secondaires, les graines d'Egypte sont les plus dotées en phénols et en tanins totaux avec  $46.13 \pm 3.50$  et  $46.09 \pm 3.50$  mg eq AG/g de MS, respectivement. L'évaluation de la capacité antioxydante des décoctés aqueux issus de ces trois provenances des graines de pourpier pour une valorisation thérapeutique a été réalisée par la méthode de réduction du phosomolybdate et du radicale libre DPPH°. Les résultats obtenus ont montré que les décoctés des graines d'Egypte sont les plus puissants à réduire le molybdène ( $109.501 \pm 8.553$  µg eq AAC/g de MS), alors que ceux issus des graines d'El Oued sont les plus efficaces à réduire le DPPH° ( $657 \pm 470$  µg eq AAC/g d'extrait).

La connaissance des valeurs nutritionnelles de cette espèce contribuera à une meilleure prise de conscience du rôle essentiel que peuvent jouer les plantes alimentaires afin de pouvoir contribuer à améliorer le bien-être des populations locales en nourriture et en ressources naturelles.

**Mots clés :** *Portulaca oleracea* L., graines, provenances, potentiel nutritif, capacité antioxydante.

## القيم الغذائية والعلاجية لثلاثة أصول من بذور البندراق (*Portulaca oleracea* L.)

### الملخص:

يندرج هذا العمل في سياق تثمين الموارد الطبيعية الصحراوية، التي تهدف إلى تحديد الخصائص الكيميائية النباتية وتقييم الإمكانيات الغذائية والمضادات المؤكسدة لثلاثة أصول من بذور البندراق (*Portulaca oleracea*)، بما في ذلك اثنتان محليتان، تم جمعهما في منطقة ورقلة والوادي، وواحدة تم إدخالها من مصر. وتحقيقا لهذه الغاية، يتم تحديد كمية العناصر الأيضية الرئيسية المغذية الأولية (الكربوهيدرات والبروتين والدهون) والثانوية (الفينولات الكلية والفلافونويدات والتانين المكثف). وكذلك تحديد قيمة الطاقة وقدرة عيناتنا على مكافحة الأكسدة. وكشف تحديد الخصائص الكيميائية الحيوية لبذور البندراق أن البذور المستوردة من مصر تمثل أكبر كميات من الكربوهيدرات ( $7.39 \pm 0.77$  g eq glucose/100 g de MS) وقيمة طاقة عالية تبلغ  $39,47$  Kcal/ 100 g de MS. أما بالنسبة للمستقلبات الأيضية الثانوية، فإن بذور مصر هي الأكثر غنا بالفينولات ومجموع التانين مع  $46.13 \pm 3.50$  et  $46.09 \pm 3.50$  mg eq AG/g de MS. وتم تقييم القدرة المضادة للأكسدة المستمدة من هذه المصادر الثلاثة لبذور البندراق من أجل التثمين العلاجي بواسطة طريقة الحد من الفوسوموليبيدات والجذور الحرة وأظهرت النتائج التي تم التوصل إليها أن المستخرج من البذور المصرية هو الأكثر فعالية في الحد من الموليبيدات ( $109.501 \pm 8.553$   $\mu$ g eq AAC/g de MS)، في حين أن تلك المستخرجة من بذور الوادي هي الأكثر فعالية في الحد من الجذور الحرة ( $657 \pm 470$   $\mu$ g eq AAC/g d'extract).

تساهم معرفة القيم الغذائية لهذا النوع في زيادة الوعي بالدور الأساسي الذي يمكن أن تلعبه النباتات الغذائية من أجل أن تكون قادرة على المساهمة في تحسين رفاهية السكان المحليين من حيث الغذاء والموارد الطبيعية.

**الكلمات المفتاحية:** البندراق، البذور، الأصل، الإمكانيات الغذائية، قدرة مضادات الأكسدة

## **Nutritional and therapeutic values of seeds from three provenances of purslane (*Portulaca oleracea* L.)**

### **Abstract**

This work is in the context of the development of Saharan natural resources, which aims to phytochemically characterize and evaluate the nutritional and antioxidant potentials of the seeds of three purslane provenances (*Portulaca oleracea* L.), including two local, collected in the Ouargla and El Oued region and one introduced from Egypt. To this end, a quantification of the main primary (carbohydrate, protein, fat) and secondary (total phenols, flavonoids and condensed tannins) nutritional metabolites, as well as the determination of the energy value and antioxidant capacity of our samples were carried out. Biochemical characterization of purslane seeds revealed that the seeds imported from Egypt represent the largest amounts of carbohydrates (7.39 0.77 g eq glucose /100 g DM) and a high energy value of 39.47 Kcal/100 g DM. For secondary metabolites, seeds from Egypt are most endowed with phenols and total tannins with 46.13 3.50 and 46.09 3.50 mg eq AG/g DM, respectively. The evaluation of the antioxidant capacity of aqueous decoctés from these three sources of the purslane seeds for therapeutic valorization was carried out by the method of reduction of phosphomolybdate and the radical free DPPH°. The results obtained showed that decoctés from Egyptian seeds are the most potent in reducing molybdenum (109.501 8.553 µg eq AAC/g DM), while those from El Oued seeds are the most effective in reducing DPPH° (657 470 µg eq AAC/g extract).

Knowledge of the nutritional values of this species will contribute to a better awareness of the essential role that food plants can play in helping to improve the welfare of be local people in food and natural resources.

**Key words:** *Portulaca oleracea* L., seeds, provenances, nutritional potential, capacity antioxidant.

---

---

# Introduction

---

---

### Introduction

Les plantes produisent une gamme impressionnante de substances chimiques. La plupart de ces produits sont à base de carbone et connus sous le nom des métabolites primaires et secondaires « principe actif » (**BECHLEM, 2018**). C'est alors que l'on délaisse progressivement la phytothérapie au profit des thérapeutiques de synthèse. Cependant, ces dernières années on remarque un regain d'intérêt pour la phytothérapie et des thérapeutiques plus naturelles (**GRENEZ, 2019**).

Les estimations indiquent que plus de 13.000 d'espèces de plantes médicinales sont utilisées comme remèdes traditionnels par diverses cultures dans le monde entier (**TYLER, 1993**). Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), près de 80% des populations des pays en voie de développement de la région d'Afrique ont recours à la médecine traditionnelle (**GHNIMI, 2015**). Ainsi, une analyse des prescriptions médicales menée aux Etats unis entre 1959 et 1980 a montré que 25% d'entre elles contenaient un principe issu du règne végétal (**FARNSWORTH, 1988**), tandis que environ 60% de prescriptions en Europe proviennent directement ou indirectement des plantes (**RAO et al., 2004**).

Le recours aux pratiques traditionnelles à base de plantes médicinales est expliqué par plusieurs raisons telles que le coût élevé des produits pharmaceutiques, les habitudes socioculturelles des populations, la nécessité de disposer d'options thérapeutiques pour les agents pathogènes résistants et l'existence des maladies pour lesquelles il n'y a pas de traitement efficace (**GHNIMI, 2015**). Aussi, les chimistes ont généralement besoin d'exemples de médicaments naturels efficaces en guise de modèles structurels et fonctionnels pour pouvoir concevoir rationnellement des médicaments ayant une structure moléculaire analogue (**SMALL et CATLING, 2000**).

L'Algérie, de sa position géographique présente une large gamme d'étages bioclimatiques, induisant une biodiversité de plantes utilisées comme condiments, aliments naturels et pour des buts thérapeutiques. Elle possède une flore représentée par 4125 plantes vasculaires inventoriées, réparties en 123 familles botaniques. Cette richesse fait que l'étude de la flore algérienne présente un énorme intérêt scientifique pour les chercheurs en ethnobotanique, pharmacopée ou dans le domaine de la valorisation des substances naturelles, surtout que la pharmacopée algérienne est qualifiée de traditionnelle (**BECHLEM, 2018**).

C'est dans cette optique et dans le cadre du projet de recherche lancé en 2020 par le laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-Arides et qui porté sur la valorisation de la biodiversité des écosystèmes semi-arides, en particulier celle du Sahara

septentrional Algérien, notre choix s'est porté sur le pourpier « *Portulaca oleracea* L. », plante alimentaire à caractère médicinal connue sous le nom « Bendrag et Redjila » en Algérie, et que l'on retrouve dans le Bassin méditerranéen, dans le centre Européen et en Afrique (LIMET QUAH, 2007). Cette espèce est utilisée dans certaines préparations traditionnelles en Algérie, Egypte, en vue de sa richesse en plusieurs composés antioxydants, tels que les tanins, les flavonoïdes, les minéraux, les vitamines A, C, E et  $\beta$ -carotène et les acides phénoliques (SIMOPOLOUS *et al.*, 2005).

Notre étude est centrée sur l'étude phytochimique et l'évaluation de la valeur nutritionnelle et thérapeutique des graines de trois provenances de *P. oleracea* deux locales récoltées dans deux régions du Sahara septentrional Algérien, Ouargla et El Oued et la troisième est introduite de l'Egypte.

La première partie de cette mémoire est consacré à l'étude bibliographique des métabolites primaires et secondaires et leurs intérêts biologiques, ainsi qu'une généralité sur la plante modèle de l'étude *P. oleracea*.

La deuxième partie décrit la partie pratique et elle est répartie en deux chapitres :

- le premier chapitre présente le matériel végétal et les méthodes d'analyse phytochimique et d'évaluation de l'activité antioxydante ;
- le deuxième regroupe l'ensemble des résultats obtenus et leurs discussions.

Enfin les conclusions essentielles sur l'ensemble de ce travail et les perspectives de sa continuité.

---

---

# **Chapitre I : Synthèse bibliographique**

---

---



## I. Généralités sur les principes actifs des plantes médicinales

Les plantes ont une importance capitale pour la survie de l'homme et des différents écosystèmes, car elles renferment une part importante des composés utilisés pour prévenir, soigner ou soulager divers maux (par la consommation ou l'utilisation en voie externe de produits à base de plante) (HARTMANN, 2007). Donc, on ne consomme pas seulement le principe actif mais tout ce qui contient la plante.

La plante est le siège d'une intense activité métabolique aboutissant à la synthèse de divers groupes des métabolites primaires et secondaires (AI-SHAHAT, 1986).

### I.1 Définition des métabolites primaires

Les métabolites primaires sont des molécules organiques qui existent dans toutes les cellules végétales et elles sont nécessaires à la vie de la plante, qui servent à la subsistance et la reproduction, non seulement de la plante elle-même mais aussi les êtres vivants qui s'en nourrissent (SMALL et CATLING, 2000 ; RAVEN *et al.*, 2017).

#### I.1.1 Classification des métabolites primaires

Les métabolites primaires sont le plus souvent classés en métabolites organiques (glucides, protéines, lipides) et des métabolites inorganiques (les sels minéraux).

##### I.1.1.1 Protéines

Une protéine est une macromolécule biologique composée par une ou plusieurs chaînes d'acides aminés liés entre eux par des liaisons peptidiques, possède dans sa structure les deux fonctions : amine (NH<sub>2</sub>) et acide (COOH) (KADRI, 2017).

##### I.1.1.1.1 Intérêts biologiques des protéines végétales

Dans l'organisme, les protéines jouent des rôles essentiels structuraux, participent au renouvellement des tissus musculaire, des phanères (cheveux, ongles, poils), de la matrice osseuse et de la peau. Elles participent aux nombreux processus physiologiques, par exemple sous la forme d'enzymes, elle est responsable à des transformations biochimiques au sein des cellules des organismes vivants (CHARBONNEAU, 2014), sous la forme d'hémoglobine par ce rôle physiologique transporteur de l'oxygène des poumons aux tissus et du gaz carbonique des tissus aux poumons, assure la respiration cellulaire et le maintien de l'équilibre acide-base (AÏSSATA, 1993), sous la forme d'hormones, influencent à des processus physiologiques de croissance, de développement ou de réponse aux stress (MLLE et ROXANE, 2015). Elles constituent par ailleurs, l'unique source d'azote de l'organisme (ANNONYME, 2019).

En plus de favoriser le confort digestif et d'être source d'énergie (1 g de protéines apporte 4 kilo calorie (kcal) d'énergie), une consommation importante en protéines végétales par rapport aux protéines animales réduit les risques de surpoids ou de maladies cardiovasculaires (**LAPLACE, 2015**). En effet, les protéines animales sont riches en lipides et sont acidifiantes (fournissent essentiellement des précurseurs d'acides), ce qui peut à terme et en trop grande quantité, être nuisible à l'organisme, favorisant l'apparition de maladies cardiovasculaires (ostéoporose), ainsi que l'amplification du risque de fracture osseuse (**ANNONYME, 2019**). Au contraire, les protéines végétales sont riches en glucides complexes et en fibres. Elles sont bénéfiques à l'organisme puisqu'elles favorisent notre équilibre acido-basique (proposent des précurseurs alcalins) (**SELLMEYER et al., 2001**). On peut également souligner que la consommation de protéines végétales réduit le risque de diabète de type 2, mais également les risques de cancer. D'ailleurs, les personnes atteintes de diabète de type 2 ont tout intérêt à les intégrer plus largement dans leur alimentation. En effet, la consommation de protéines végétales augmente la masse musculaire squelettique chez ces personnes (**ANNONYME, 2019**).

### **I.1.1.2 Lipides**

Les lipides représentent une famille hétérogène de molécules organiques insolubles dans l'eau et les solvants polaires et solubles dans les solvants apolaires tels que le chloroforme (**MAGALI, 2008**). Ils sont caractérisés par la présence dans leur structure d'au moins un acide gras ou chaîne grasse (**TOUITOU, 2005**). Ils peuvent se présenter à l'état solide, comme dans les cires, ou à l'état liquide, comme dans les huiles (**BONICHON, 2017**).

#### **I.1.1.2.1 Intérêts biologiques des lipides**

Les lipides représentent environ 20 % du poids du corps. Ils sont une réserve énergétique mobilisable ; 1 gramme de lipides fournit 9 Kcal d'énergie (**TOUITOU, 2005**). Certains compléments alimentaires à base d'Oméga-3, 6 et 9 peuvent être indiqués dans le traitement préventif ou curatif de certaines pathologies cardiovasculaires ou neurodégénératives en empêchant par exemple la migration des neutrophiles vers les sites de l'inflammation ou en inhibant la production d'eicosanoïdes, ces médiateurs lipidiques nouvellement mis à jour pourraient être d'un grand secours dans la résolution des maladies inflammatoires telles que les maladies cérébrales (Alzheimer) ou métaboliques (athérosclérose, diabète) (**SERHAN et PETASIS, 2011**).

En plus d'être des stocks énergétiques, ces molécules ont des rôles précurseurs de certaines hormones stéroïdes, dérivées du cholestérol : œstrogènes, testostérone et cortisol. Les prostaglandines dérivent aussi des molécules lipidiques (**ZUBIRIA, 2014**). Les lipides, et surtout

les acides gras insaturés, sont les constituants majeurs des membranes cellulaires et des cellules du système nerveux. Ils assurent aussi la plasticité et l'élasticité de la peau car ce sont des constituants importants des cellules du derme (ZUBIRIA, 2014). Les lipides sont des transporteurs de vitamines liposolubles, certaines vitamines liposolubles : vitamines A, D, E et K ne peuvent être transportées qu'avec l'aide des lipides, ils sont rattachés aux lipides, en raison de leur insolubilité dans l'eau (TOUITOU, 2005).

### **I.1.1.3 Hydrates de carbone (glucides)**

Les hydrates de carbone sont les molécules organiques les plus abondantes dans la biosphère, contenant du groupement carbonyle (C=O) et qui possèdent la formule chimique  $C_n(H_2O)_n$  (KADRI, 2017). Ils sont synthétisés par les plantes à partir du CO<sub>2</sub>, de l'eau et de l'énergie solaire (TESTER et KARKALAS, 2003).

#### **I.1.1.3.1 Intérêts biologiques des glucides**

Le principal rôle des glucides est de fournir de l'énergie aux cellules du corps humain (1g de glucides fournit 4 Kcal d'énergie (YOUDIM, 2019). Le stockage du glucose en ses polymères à un très fort rendement énergétique et son utilisation prioritaire limite donc les pertes d'énergie. Ainsi le glycogène est la première réserve synthétisée lors d'excès de glucose et la première dégradée lors d'une diminution de la glycémie (BLAVY, 2010). On nous mange des glucides, ces derniers se transforment plus ou moins rapidement en glucose, qui est le carburant de certaines cellules du corps. C'est le cas des cellules du cerveau et qui a besoin d'environ 140 g par jour.

Aussi, les glucides complexes et surtout les fibres jouent un rôle important dans la régulation de l'appétit. Ils permettent d'arriver plus rapidement à satiété et d'être rassasié plus durablement. Ils sont donc indispensables à l'équilibre alimentaire (ZUBIRIA, 2014). Les carbohydrates favorisent un bon sommeil. En effet, l'assimilation des glucides induit une élévation de la disponibilité du tryptophane dans l'organisme. Le tryptophane est un acide aminé précurseur, entre autres, de la sérotonine et de la mélatonine. Ces deux substances agissent favorablement sur l'endormissement (ZUBIRIA, 2014).

#### **I.1.1.4 Sels minéraux**

Le terme de "minéral" est opposé en chimie au terme "organique" qui, lui, résume tout ce qui a trait au carbone (REYMOND, 1993). Dans notre organisme, deux classes de minéraux se distinguent : les oligo-éléments et les macroéléments (BURDIN, 2014).

#### I.1.1.4.1 Oligo-éléments

Le terme oligoélément vient du grec « oligos » signifiant « petit » ou « peu abondant ». Effectivement, les microéléments sont des éléments inorganiques présents à l'état de trace dans l'organisme à une quantité inférieure à 1 mg/kg de poids corporel (SPERTE, 2016). Ils interviennent comme cofacteurs d'enzymes indispensables dans la lutte contre les radicaux libres. Parmi ces oligoéléments, le cuivre, le sélénium et le manganèse ont une action définie (ODILE et PASTRE, 2005).

#### I.1.1.4.2 Macroéléments

Ce sont les sels minéraux majeurs, présents en grammes (BURDIN, 2014), ou macroéléments qui se trouvent en quantité supérieure à 0,01 % dans le corps humain (REYMOND, 1993) : Sodium (Na), Potassium (K), Chlore (Cl), Calcium (Ca), Phosphore (P), Magnésium (Mg) (BURDIN, 2014).

#### I.1.1.4.3 Intérêts biologiques des éléments minéraux

Les éléments minéraux ont de nombreux rôles au sein des organismes vivants, au niveau de la formation du squelette, le calcium et le phosphore jouent un rôle important (formation d'hydroxyapatite). Le magnésium, le sodium et le potassium rentrent également dans la composition des os (DIACONO, 2017).

Les éléments minéraux les plus abondants (Na, K, Cl, P, Ca, Mg) ont un rôle important dans la régulation de la pression osmotique et du pH (DIACONO, 2017).

Les oligo-éléments (fer, zinc, sélénium) participent à la défense immunitaire. Leur mécanisme d'action peut s'expliquer par des enzymes mais aussi par des molécules jouant un rôle dans l'expression, la transformation des cellules lymphoïdes grâce à des récepteurs membranaires. Les oligo-éléments participent aussi à la lutte contre les radicaux libres de l'oxygène (MERZOUG, 2014).

### Sélénium

Le sélénium est un oligo-élément constituant des sélénoprotéines dont fait partie le principal antioxydant intracellulaire, la glutathion peroxydase (DESMIER, 2016). Le sélénium a un effet immunostimulant, notamment en stimulant l'expression des récepteurs à l'interleukine 2 (IL-2) à la surface des lymphocytes activés et de la cellule naturel killer. Il évite aussi la survenue, la virulence ou la progression de certaines infections (GUILLOUTY, 2016).

## Cuivre

Le cuivre d'origine alimentaire est absorbé au niveau digestif par l'intermédiaire de protéines spécifiques. Il a un rôle essentiel au sein du corps humain et plus particulièrement du métabolisme cellulaire car il est le cofacteur de nombreuses enzymes, il se comporte également comme un antioxydant en stimulant la superoxyde dismutase, protégeant ainsi la cellule contre l'effet toxique des radicaux libres (GUILLOUTY, 2016).

## Manganèse

Il est impliqué dans la synthèse, la sécrétion et l'action de l'insuline en association au zinc et au cuivre. Il est également indispensable pour la maturation des os et du cartilage. Il participe aussi à la synthèse des vitamines E et B1. Lorsque l'on observe un déficit ou une diminution de la biodisponibilité du manganèse dans les tissus riches en mitochondries, on observe parallèlement une inactivation du superoxyde dismutase mitochondriale (SOD-Mn), ce qui peut augmenter le stress oxydant (GUILLOUTY, 2016).

**Tableau 1-** Besoins et sources en oligoéléments (SPERTE, 2016)

	<b>Besoins journaliers</b>	<b>Sources</b>
Sélénium	0.05 mg	Les poissons (thon cru, calmar, limande...), les fruits de mer (huitres...) et les céréales
Cuivre	0,8-2 mg	Foie, fruits de mer, cacao, légumes secs, poivre, champignons, olives, viandes, poissons
Manganèse	2-3 mg	Noix, céréales, riz complet, légumes secs, thé, fruits secs, cassis

### I.2 Définition des métabolites secondaires

Par opposition aux métabolites primaires, les métabolites secondaires désignant des composés dont la distribution taxonomique serait restreinte et dont la contribution au fonctionnement cellulaire et au développement des plantes serait insignifiante et dont leur nature et sa teneur peuvent être modifiées par des facteurs abiotiques, facteurs environnementaux spatiaux (exposition, altitude, climat, ...) ou temporels (saison, âge,...) et des facteurs biotiques, telles les phytoalexines excitées par la présence d'un pathogène (ELKOLLI, 2017).

Ils pourraient jouer un rôle dans la défense des plantes contre les herbivores, les relations plante-plante (allélopathie, inhibition de la germination et de la croissance) (GRAVOT, 2008). Et dans les interactions des plantes avec leur environnement biologique et physique (relations avec les bactéries, les champignons, les insectes, résistance aux UV) (FLEURIET et JAY-ALLEMAND, 2005).

### I.2.1 Classification des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont des produits à structure chimique souvent complexe, très dispersés et très différents selon les espèces (CUENDET, 1999). Il existe plus de 200000 métabolites secondaires classés selon leur appartenance chimique en l'occurrence, les terpénoïdes et stéroïdes, les alcaloïdes, les saponosides et les composés phénoliques (CUENDET, 1999 ; VERMERRIS, 2006).

#### I.2.1.1 Terpénoïdes

Les terpènes sont des substances généralement lipophiles, dérivées d'unités isopréniques avec une formule brute générale  $(C_5H_8)_n$ . La condensation de ces unités aboutit à la formation de terpènes de tailles différentes (BELMOKHTAR, 2014). Selon le nombre d'unités isopréniques, on distingue les monoterpènes (C10), sesquiterpènes (C15), diterpènes (C20), sesterterpènes (C25), triterpènes (C30) et tétraterpènes (C40). Les terpènes simples en C10 et C15 sont certainement apparus tardivement au cours de l'évolution et caractérisent les plantes vasculaires ayant développé des appareils sécréteurs (KRIEF, 2003).

#### I.2.1.2 Alcaloïdes

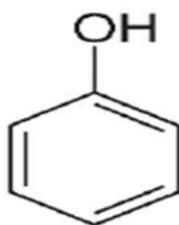
Les alcaloïdes sont des produits azotés basiques, dont l'atome d'azote est inclus dans un système hétérocyclique (FORTIN, 2012), et doué de propriétés physiologiques prononcées même à faible dose (BRUNETON, 1999 ; ZENK ET JUENGER, 2007). Ils protègent les plantes contre les dommages provoqués par la lumière UV. Ils constituent aussi une réserve de substances capables de fournir l'azote nécessaire au développement de la plante (NEVES MUNIZ, 2006).

#### I.2.1.3 Saponosides

Les saponosides sont des hétérosides de stérols ou de triterpènes. Ils sont présents dans tous les organes mais surtout les racines et sont localisés dans les vacuoles. Ils sont constitués d'oses et de génines (acide polygalactique). Ils sont classés en deux groupes, les saponosides à génin et riterpénique et les saponosides à génin est éroïdique (ENGONG, 2009).

### I.2.1.4 Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des molécules hydrosolubles issues bio-génétiquement de deux voies métaboliques principales : la voie shikimate et la voie d'acétate (LUGASI *et al.*, 2003). L'élément structural de base est un noyau benzoïque auquel sont directement liés un ou plusieurs groupes hydroxyles, libres ou engagés dans une autre fonction chimique (éther, méthyle, ester, sucre...) (Figure 01) (BRUNETON, 1993). A l'échelle de la cellule, les composés phénoliques sont principalement répartis dans deux compartiments : les vacuoles et la paroi. Dans les vacuoles, les polyphénols sont conjugués, avec des sucres ou des acides organiques, ce qui permet d'augmenter leur solubilité et de limiter leur toxicité pour la cellule. Au niveau de la paroi, on trouve surtout de la lignine et des flavonoïdes liés aux structures pariétales (BENARD, 2009).



**Figure 1** : Structure de base des composés phénoliques (MATOU, 2019).

#### I.2.1.4.1 Classification des composés phénoliques

Les composés phénoliques constituent un des groupes le plus nombreux et largement distribué des métabolites secondaires avec plus de 8000 structures identifiées. Selon la complexité du squelette carboné, le degré de modification de ce squelette (méthylation, hydroxylation...) et les liaisons possibles avec d'autres molécules (lipides, protéines, autres métabolites), les polyphénols peuvent se regrouper en plusieurs classes (Tableau 2) (MACHEIX *et al.*, 2005).

**Tableau 2-** Différents groupes de composés phénoliques (MACHEIX *et al.*, 2005).

Squelette carboné	Nom du groupe
C6	Phénols simples
C6-C1	Acides hydroxybenzoïques
C6-C3	Acides phénoliques
C6-C4	Naphtoquinones
C6-C2-C6	Stilbènes
C6-C3-C6	Flavonoïdes
(C6-C3) <sub>2</sub>	Lignanes
(C6-C3) <sub>n</sub>	Lignines
(C15) <sub>n</sub>	Tannins

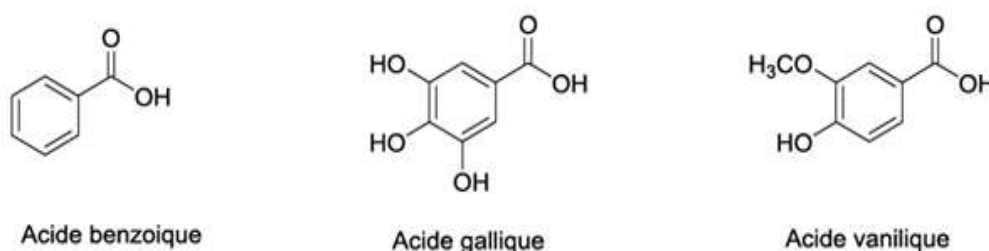
### I.2.1.4.1.1 Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont des composés simples formés par un seul noyau phénolique et au moins un groupement dont un parmi eux se termine par une fonction acide. Le nombre de carbones dans la chaîne renfermant la fonction acide définit le type d'acide phénolique (GUILLOUTY, 2016).

On distingue : Les dérivés de l'acide benzoïque (constitués d'un squelette à sept carbones). Les dérivés d'esters hydroxycinnamiques (constitués d'une structure de type C6-C3) (BARBONI, 2006).

### I.2.1.4.1.2 Acides benzoïques

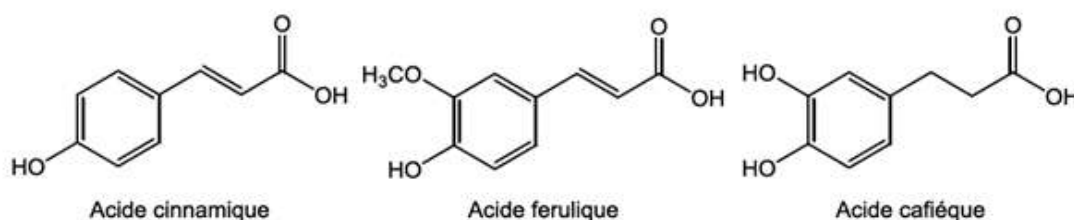
Les acides phénoliques dérivés de l'acide benzoïque sont formés d'un squelette à sept atomes de carbone (Figure 02). Ils sont principalement représentés par les acides *p*-hydroxybenzoïques, protocatéchiques, vanilliques, galliques, syringiques, salicyliques, *o*-hydroxybenzoïques et gentisiques (BOUZID, 2014).



**Figure 2 :** Exemple de quelques acides phénoliques de la série benzoïque (KADRI,2017).

### I.2.1.4.1.3 Acides cinnamiques

Les acides phénoliques dérivés de l'acide cinnamique possèdent une structure de type C6-C3. Les composés les plus fréquents sont l'acide *p*-coumarique, l'acide caféique, l'acide caftarique et l'acide cinnamique (RIBEREAU et GAYON, 1968).



**Figure 3 :** Exemple de quelques acides phénoliques de la série cinnamique (KADRI, 2017).



#### I.2.1.4.1.4 Intérêts biologiques des acides phénoliques

Les acides phénoliques ont des propriétés antiradicalaires qui sont dues à la présence d'un ou plusieurs groupements hydroxyle sur leur cycle aromatique. Ses pouvoirs antioxydants résultent de la réduction des radicaux libres par transfert d'atomes d'hydrogène à partir des hydroxyles phénoliques ou par don d'électron de ces derniers lorsqu'ils se trouvent sous forme phénolate en conditions de pH élevé (LAGUERRE *et al.*, 2013). L'acide férulique est un puissant agent antioxydant, possédant de puissants effets bénéfiques contre le cancer, les maladies cardiovasculaires et l'arthrose (GROSS, 1975 ; INDAP *et al.*, 2006). L'acide caféique est un antioxydant et présente des activités cytotoxiques contre plusieurs lignées cellulaires humaines du colon, des glandes mammaires, du col de l'utérus et des leucémies (GROSS, 1975 ; GOMES *et al.*, 2003 ; GÜLÇIN, 2006 ; INDAP *et al.*, 2006).

#### I.2.1.5 Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des pigments quasiment universels des végétaux qui sont en partie responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. Ayant un squelette de base à 15 atomes de carbone. Ce dernier est constitué de deux cycles en C6 (A et B) reliés entre eux par une chaîne en C3 (figure 04) qui peut évoluer en un hétérocycle (cycle C) (KADRI, 2017).

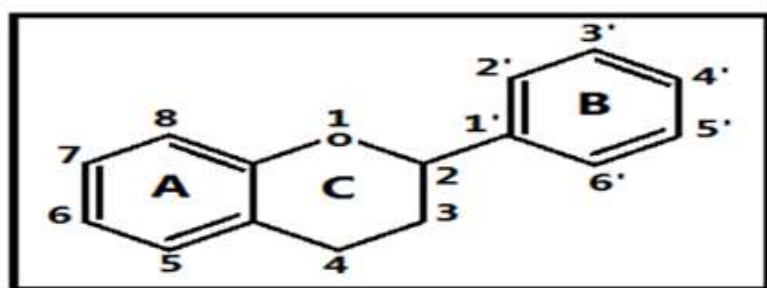


Figure 4 : Squelette de base des flavonoïdes (HEIM *et al.*, 2002).

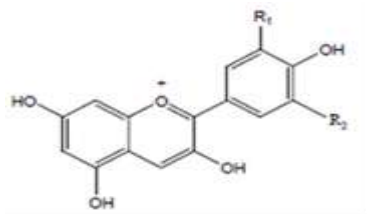
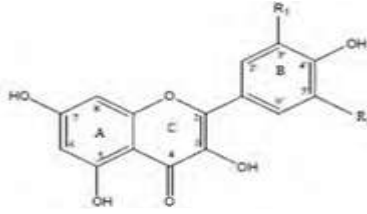
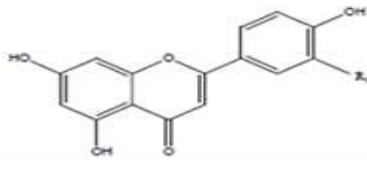
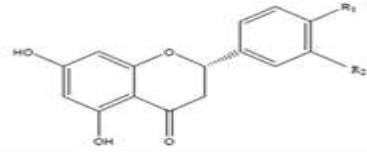
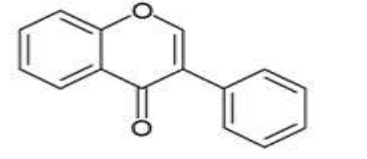
##### I.2.1.5.1 Classification

Les flavonoïdes avec plus de 6400 structures identifiées se divisent en fonction de leurs détails structuraux en 6 groupes (HARBORNE et WILIAMS, 2000). Les plus importantes sont les flavones, isoflavandiols, flavanols, flavondiols, aures, chalcones, anthocyanins (Tableau3) (EFFENDI *et al.*, 2008).

Les flavonoïdes peuvent être présents dans toutes les parties de la plante et présents généralement sous forme glycosylée car la glycosylation a pour effet de les rendre moins réactifs et plus hydrosolubles permettant alors leur stockage dans les vacuoles des cellules épidermiques des fleurs, tiges et racines (MEDJROUBI *et al.*, 2003). Les aglycones sont les seules qui

présente dans les exsudats farineux de certaines plantes, cuticules des feuilles, écorces et bourgeons ou sous forme des cristaux dans les cellules de certaines *Cactaceae* et plantes de régions arides (MEDJROUBI *et al.*, 2003). On les trouve en abondance dans les familles suivantes : Polygonacées, Lamiacées, Rutacées, Astéracées, Poacées (JANG *et al.*, 1998).

Tableau 3-Principales classes des flavonoïdes (RICHARD, 1992)

Structure de base	Formule chimique	Origine	Principales molécules
<p>Anthocyane</p> 		Baies, Fruits, rouges,  Vin	Cyanidine, pélargonidine, malvidine, delphinidine
<p>Flavonol</p> 	3-hydroxy-2- phénylchromen- 4-one	Oignons, brocolis, tomate,  Thé	Quercétine, kaempférol, myricétine
<p>Flavone</p> 	2-phénylchromen- 4- one	Tisanes, plantes aromatiques	Apigénine, lutéoline
<p>Flavanone</p> 	2,3-dihydro-2- phénylchromen-4-one	Agrumes	Herpérétine, naringénine, ériodictyol
<p>Isoflavone</p> 		Soja, légumineuses	Daïdzéine, génistéine

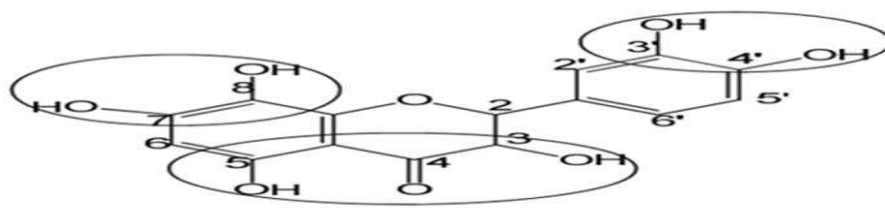
### I.2.1.5.2 Intérêts biologiques des flavonoïdes

Les flavonoïdes présentent un intérêt thérapeutique qui date de la découverte de la vitamine C par **SZENT GYÖRGY en 1937**. Ils sont réputés par leur caractère antioxydant, antimicrobien, antiviral, anti-inflammatoire, antiulcéreux, anticancéreux, antidiabétique, antiallergique,... etc. Les flavonoïdes peuvent affecter la stabilité et la fluidité des membranes cellulaires (**YILMAZ et TOLEDO, 2004 ; ARON et KENNEDY, 2008**), permettant en outre de lutter contre les maladies cardiaques coronariennes, en inhibant l'oxydation des lipoprotéines de faible densité (LDL) et la réponse inflammatoire, ils ont une action vaso-relaxante, réduisent l'agrégation plaquettaire grâce à leur caractère antioxydant (**BAIZE, 1995**). Des études ont démontré qu'une consommation d'aliments riches en polyphénols réduit l'hypertension (**BOHM et al., 2004**), inhiber la prolifération des cellules musculaires lisses vasculaires (**IJIMA et al., 2003**), d'empêcher l'agrégation plaquettaire (**WOLLNY et al., 1999**), et de promouvoir le relâchement des cellules musculaires lisses vasculaires quelques flavonoïdes peuvent entraver l'athérosclérose et par conséquent réduisent le risque des maladies cardiovasculaires (**HERTOG et al., 1993**). **HAVSTEEN (2002)**, les cite pour leur rôle inhibiteur des sécrétions acides des cellules pariétales gastriques. En cas d'intoxication aux métaux lourds, leur capacité de complexer des cations métalliques permettrait de les utiliser pour détoxifier les organismes (**HAVSTEEN, 2002**).

**DICARLO et al. (1999)**, dans ses travaux réalisés sur des rats, ils ont été démontrés que la quercétine et la naringénine jouent un rôle important dans la réduction de l'ulcère et la protection des cellules gastriques. Il a été suggéré que la quercétine exerce son activité via un mécanisme complexe impliquant la production du mucus, le piégeage des radicaux libres, et également l'inhibition de la production de leucotriènes (**DICARLO et al., 1999**). La catéchine a une activité antitumorale (**BRACKE et al., 1991**), une telle activité est attribuée à la capacité de ce flavonoïde d'inactiver le T-PA (tissu-type plasminogen activator) en greffant à celui-ci la laminine, une molécule de la matrice extra cellulaire qui joue un rôle important durant la mort cellulaire. La quercétine inhibe la croissance cellulaire en empêchant certaines phases du cycle cellulaire et en bloquant les sites récepteurs des hormones (**LAROCCA et al., 1994**). Les flavonoïdes peuvent aussi réduire le diabète en inhibant l'enzyme aldose réductase (**CHAUDHRY et al., 1983**).

Ils ont également des effets antiallergiques, ces effets sont attribués à l'influence des flavonoïdes sur la production de l'histamine. En effet, les flavonoïdes inhibent les enzymes, telles que l'adénosine monophosphate cyclique phosphodiesterase et l'adénosine triphosphatase  $Ca^{2+}$  dépendante, responsables de la libération de l'histamine à partir des mastocytes et des basophiles

(DICARLO *et al.*, 1999). La propriété antiradicalaire des flavonoïdes est étroitement liée à leur structure, en particulier au phénomène de résonance électronique stabilisant exercé par les noyaux aromatiques, cette activité nécessite : une structure ortho-dihydroxyphénolique du cycle B (3',4' dihydroxystructure), une double liaison C2-C3 conjuguée avec la fonction 4 oxo et des groupements hydroxyles libres en C3 et C5 (Figure 05) (AMIC *et al.*, 2003). En particulier, la présence de groupements hydroxyles en position 3' et 4' du noyau catéchol, qui confère un pouvoir réducteur supérieur aux flavonoïdes (DANGLES, 2012).



**Figure 5 :** Critères structuraux essentiels pour avoir une bonne activité antiradicalaire des flavonoïdes (AMIC *et al.*, 2003).

Les flavonoïdes sont capables de piéger les radicaux libres oxygénés (X) soit par un transfert d'électrons, soit par un transfert d'atomes d'hydrogène, selon la réaction représentée ci-dessous :



Cette réaction de piégeage donne une molécule stable (RH) et un radical flavoxyle (FLO•), ce dernier va subir un changement de structure par résonance ; redistribution des électrons impairs sur le noyau aromatique pour donner des molécules de faible réactivité par rapport aux R• ; en outre les radicaux flavoxyles peuvent interagir entre eux pour former des composés non réactifs (AMIC *et al.*, 2003).



Les flavonoïdes sont également utilisés en tant que colorants pour les industries agroalimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques (MALKI, 2017).

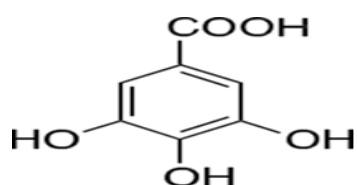
#### I.2.1.6 Tanins

Le terme tanins dérive de la capacité de tannage de la peau animale en la transformant en cuir. Ils forment un groupe des polyphénols à haut poids moléculaire, fortement hydroxylées et peuvent former des complexes insolubles lorsqu'ils sont associés aux glucides, aux protéines et

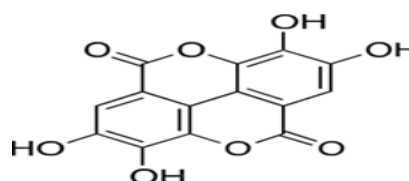
aux enzymes digestives, réduisant ainsi la digestibilité des aliments. Ils peuvent être liés à la cellulose et aux nombreux éléments minéraux (ALKURD *et al.*, 2008). On distingue ; les tanins hydrolysables et les tanins condensés (MUANDA, 2010).

### I.2.1.6.1 Tanins hydrolysables

Comme leur nom l'indique, ces tanins subissent facilement une hydrolyse acide et basique, ils s'hydrolysent sous l'action enzymatique et de l'eau chaude (CONRAD *et al.*, 1998). Les tanins hydrolysables sont des dimères d'acide gallique condensés sur un dérivé glycosyle. Selon la nature de l'acide-phénol en question, les tanins hydrolysables sont classés en tanins galliques sont les dérivés d'acide gallique alors que les tanins ellagiques sont les dérivés de l'acide hexadroxypénique (DESMIER, 2016 ; ENGONGA et CLEMENT, 2009)



Tanins galliques (A)

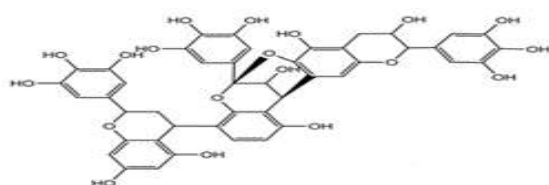


Tanins éllagiques (B)

**Figure 6** : Structure chimique des tanins galliques (A) et des tanins éllagiques (B) (DESMIER, 2016).

### I.2.1.6.2 Tanins condensés

Les tanins condensés résultent de la polymérisation auto-oxydative ou enzymatique des unités de flavan-3,4-diol liées majoritairement par les liaisons C4-C8 (parfois C4-C6) des unités adjacentes, et se nomment ainsi pro anthocyanidines de type B, lorsque la condensation se produit entre les unités adjacentes par la liaison C4-C8 et par une liaison d'éther additionnelle entre C2 et C7, les proanthocyanidines sont dits de types A (WOLLGAST et ANKLAM, 2000 ; DYKES et ROONEY, 2006).



Type A



Type B

**Figure 7** : Structure des tanins condensés de type B et de type A (DYKES, 2006).

### I.2.1.6.3 Intérêts biologiques des tanins

La signification biologique des tanins a longtemps été controversée, considérés par les botanistes du début du siècle comme des produits d'excrétion des plantes, leur concentration au sein des écorces laisse néanmoins certains supposer un rôle de protection à l'égard des prédateurs herbivores et des insectes phyllophages (FORTIN, 2012). Des années plus tard, FORKNER *et al.* (2004), ont repris l'hypothèse de FEENY et l'ont confirmé et établissant une corrélation négative entre la teneur en tanins des feuilles de chêne et les 43 populations d'insectes phyllophages. Les tanins jouent le rôle d'astringent à l'extérieur, anti diarrhéique à l'intérieur (ralentit le péristaltisme intestinal), action antiseptique, vasoconstricteur de petits vaisseaux (hémorroïdes, blessures superficielles), anti-inflammatoire dans les cas de brûlures, cholagogue notamment l'acide gallique et l'acide chlorogénique (ENGONGA et CLEMENT., 2009). Certains sont aussi antioxydants, ils permettent aussi de stopper les hémorragies et de lutter contre les infections. Les plantes riches en tannins sont utilisées pour retendre les tissus souples comme dans le cas des veines variqueuses, pour drainer les sécrétions excessives, comme dans la diarrhée et pour réparer les tissus endommagés par un eczéma ou une brûlure (BOUKRI, 2014).

## II. Généralités sur l'espèce étudiée *Portulaca oleracea* L.

### II.1 Description botanique

*Portulaca oleracea* L. plante de la famille des *Portulacaceae* et du genre *Portulaca* (EL KHAYAT, 2008 ; GRUSZYCKI *et al.*, 2019 ; BAI *et al.*, 2016), qui comprend environ 150 espèces dont une trentaine se trouve en Afrique tropicale. Elle tient son nom du latin, *Portula* qui signifie « petite porte », à cause de la forme de l'ouverture de sa capsule (SASSOUI, 2016). *P. oleracea* appelle commun le pourpier ou pourpier maraîcher (HWESS *et al.*, 2017), tandis que les agronomes hispano-arabes d'Andalousie (X<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> siècle) utilisaient le nom de « rigla » qui signifie « pied » certainement à cause de ses feuilles d'actiniformes on l'appelle aussi « pourpier potager » du fait qu'il est utilisé comme légume (SASSOUI, 2016). Le pourpier est une plante herbacée annuelle (DJELLOULI *et al.*, 2019), elle se développe en touffe et peut atteindre 30 cm de hauteur (LARRY *et al.*, 1997), la tige est cylindrique, épaisse, plane, succulente et totalement glabre souvent rougeâtre mesurant de 0.2 à 0.5m de longueur. Les feuilles sont opposées et parfois alternes à pétiole mesurant entre 1 et 3 mm de long, le limbe obovale à spatulé, épais et succulent de 0,5 à 2 cm, la nervure principale est marquée par une dépression longitudinale sur la face supérieure du limbe (SASSOUI, 2016). La racine est pivotante, épaisse,

mesurant entre 2 à 11 cm, des nouvelles racines peuvent se développer à partir des rameaux (SASSOUI, 2016).

La floraison du pourpier a lieu de juillet à octobre (HWESS *et al.*, 2017). Les fleurs de l'espèce sont bisexuées et régulières et sont axillaires et solitaires, elles sont sessiles de couleur jaune mesurant entre 5 à 10 mm de large et 4 à 6 mm de long (SASSOUI, 2016). Les pétales jaunes sont au nombre de quatre à six et sont caducs (HWESS *et al.*, 2017). Le calice est composé de 2 sépales larges avec une base soudée à l'ovaire et une partie supérieure libre mesurant de 3 à 4 mm. La corolle comprend 5 pétales libres, bilobés ou trilobés au sommet d'une largeur de 3 à 6 mm. L'androcée porte de 6 à 15 étamines, insérées au fond du tube, à filet jaunâtre le gynécée est à ovaire semi-infère surmonté d'un style jaune de 4 à 6 stigmates linéaires ciliés (SASSOUI, 2016). Les fleurs, sans nectar, sont généralement autogames (HWESS *et al.*, 2017). Les fruits sont des capsules déhiscentes de forme globuleuse (SASSOUI, 2016), ces fruits sont caractérisés par leur mode de déhiscence circulaire juste en dessous du milieu (HWESS *et al.*, 2017), de 4 à 8mm et contiennent de nombreuses graines, ces dernières sont noires orbiculaires et réniformes d'un diamètre de 0,5 à 1 mm (SASSOUI, 2016), noires, lisses à tuberculées (DJELLOULI *et al.*, 2019).

## II.2 Position systématique

D'après CRONQUISTE (1981), *Portulaca oleracea* L. est une espèce du

Règne : Plantae

Embranchement : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : dicotylédones

Sous-classe : Caryophyllidae

Ordre : Caryophyllales

Famille : Portulacaceae

Genre : *Portulaca*

Espèce : *Portulaca oleracea*

Noms vernaculaires : pourpier commun, porcellane, pied de poulet



**Figure 8 :** *Portulaca oleracea* L. (BELSINGER, 2015)

### II.3 Habitat et distribution géographique

Cette espèce qui est très répandue dans toutes les régions chaudes est généralement rudérale au Sénégal (HAIDARA, 2008). Originaire de l'Asie occidentale, il a été introduit aux États-Unis en provenance du Sud de l'Europe. D'autres citent l'Europe comme leur pays d'origine ; cependant, son habitude succulente suggère qu'elle s'agit d'une plante du désert ou de la frontière désertique originaire d'Afrique du Nord (ALI *et al.*, 1992). Le pourpier est abondé dans toute l'Algérie (SASSOUI, 2016), on le trouve dans les champs cultivés, jardins, dans les cultures et décombres. Commun dans le Tell ; les hauts plateaux, Aurès et dans les oasis du sud (BELOUEDE, 2009).

### II.4 Utilisation nutritionnelle

Le pourpier contient plusieurs composés, parmi lesquels des polysaccharides, des acides gras oméga-3 ( $\omega$ 3) et oméga-6 ( $\omega$ 6), des vitamines anti-oxydantes (vit. A, C, B et caroténoïdes) et des minéraux (magnésium, calcium, potassium et fer), ce qui confère, à la plante, une haute valeur nutritionnelle (tableau 04) (DJELLOULI *et al.*, 2019). Il peut être consommée crue en salade, cuite comme un légume ou en sauce accompagnant le couscous dans certaines régions de l'Algérie (DJELLOULI *et al.*, 2019). Il est actuellement considéré comme un aliment très intéressant et inclue dans la liste des «World Economic Plants » (SASSOUI, 2016).

**Tableau 4-**Valeur nutritionnelle de *P. oleracea* pour 100 g (VIJAYA *et al.*, 2018).

Energie (kcal)	16
Hydrates de carbone (g)	3,4
Gras (g)	0,1
Protéines (g)	1,30
Eau (g)	92,86
Vitamine A (IU)	1320
Vitamine B1 (mg)	0,047
Vitamine B2 (mg)	0,112
Vitamine B3 (mg)	0,48
Vitamine B5 (mg)	0,036
Vitamine B6 (mg)	0,073
Vitamine B9 ( $\mu$ g)	12
Vitamine C (mg)	21
Calcium (mg)	65
Fer (mg)	1,99
Magnésium (mg)	68
Manganèse (mg)	0,303
Phosphore (mg)	44
Sodium (mg)	45
Potassium mg	494
Cuivre mg	0.113
Sélénium g	0,9
Zinc mg	0,17



## II.5 Utilisation thérapeutique

*P. oleracea* est connu depuis longtemps pour ses multiples usages. Les Romains l'utilisaient pour traiter la dysenterie, les vers intestinaux, les maux de tête, les maux d'estomac, les mictions douloureuses, l'entérite et la mammitte (HWESS *et al.*, 2017). Le pourpier est une plante riche en sels minéraux, ayant une teneur en eau élevée (90 %) et du mucilage, elle a des propriétés émoullientes et calmantes pour l'irritation des muqueuses. D'autres auteurs ont mentionné ses effets anaphrodisiaque, anti-inflammatoire oculaire, analgésique (céphalées) et anthelminthique (HWESS *et al.*, 2017). Sa richesse en acides gras « oméga-3 » lui confère un potentiel thérapeutique aux maladies du système nerveux central. Les teneurs importantes en acides gras, permettant de soulager les symptômes du psoriasis en inhibant la production de leucotriènes (substance responsable de la démangeaison et l'efficace pour favoriser le fonctionnement de vessie et troubles urinaires), Crue ou cuite, la partie aérienne est indiquée au traitement des troubles de l'appareil digestif (ADOUANE, 2016). Dans les situations cliniques, *P. oleracea* a été utilisé pour traiter appendicite, ulcère de la scrofule, coqueluche pédiatrique, brûlures et échaudures, psoriasis hémorragie, utérus saignements, abcès pulmonaires, oreillons, et surtout plus efficace dans les bacillaires dysenteries qui se manifestaient par un sentiment de froid ou de fièvre, de mal de ventre (LEI, 2015).

---

---

## **Chapitre II : Matériel et méthodes**

---

---

### I. Objectif de l'étude

Ce travail a été réalisé au sein des laboratoires pédagogiques de l'Université KASDI Marbeh- Ouargla, qui a pour objectif l'évaluation de la valeur nutritionnelle et thérapeutique des graines de trois provenances de pourpier (*Portulaca oleracea* L.), dont deux sont cultivées dans le Sahara septentrional Sud Est- Algérien, dans les régions de Ouargla et El Oued et la troisième est importée de l'Egypte.

### II. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des graines de trois provenances de pourpier achetées dans des marchés algériens en 2020-2021 selon les données répertoriées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 5-**Origine géographique des trois provenances des graines de *P. oleracea*

Provenance	Marché	Herboriste vendeur
<b>Ouargla</b>	Souk lahdjer	Baba ami vendeur des graines locales de la région d'Elkser Ouargla
<b>El Oued</b>	Région de Guemar	Jardinier
<b>Egypte</b>	Région de SaidOutba	Babziz vendeur des graines introduite et sélectionnée

Les graines sélectionnées ont été finement broyées à l'aide d'un broyeur électrique de type : Culatti Typ MFC.CZ.13 en utilisant un tamisant de diamètre égal à 0.8 mm. Les poudres obtenues (Figure 1, Annexe 1) ont été conservées dans des flacons sombres en verre, hermétiquement fermé et placés à l'abri de l'humidité et à température ambiante jusqu'à son utilisation.

### III. Méthodes analytiques

#### III.1 Méthodes d'extraction et de dosage des métabolites primaires

##### III.1.1 Dosage des sucres solubles totaux

Les sucres solubles totaux sont dosés par la méthode au phénol de **DUBOIS et al. (1956)**. En milieu acide concentré et à chaud, les glucides sont déshydratés en dérivés furfuraliques (5-

hydroxyméthyl-furfural). Ces derniers se condensent avec le phénol pour former des composés chromogènes orange.

Pour l'extraction, 100 mg de poudre des graines de pourpier sont mis à macérer dans des tubes à essai contenant 3 ml d'éthanol à 80% pendant 48 heures à température ambiante. Puis, ils sont placés dans une étuve à 80° C pour faire évaporer l'alcool. Dans chaque tube, on ajoute 20 ml d'eau distillée, le surnageant obtenu sert au dosage des sucres solubles.

Dans des tubes à essai propre, on introduit 1 ml de surnageant auquel on ajoute 1 ml d'une solution aqueuse de phénol à 5%. Après homogénéisation, on ajoute alors 5 ml d'acide sulfurique concentré. Les tubes sont soigneusement agités à l'aide d'un vortex et on les place dans un bain-Marie pendant 10 à 20 minutes à une température de 30°C pour le développement de la couleur orange.

La densité optique est lue à la spectrophotométrie UV-visible de type Shimadzu à 485 nm. Les teneurs en sucres solubles totaux ont été calculées par référence à une gamme étalon de glucose (14,29 à 71 .43 µg/ml) (Figure 3, Annexe 2). Les résultats sont exprimés en gramme équivalent de glucose par 100 grammes de matière sèche (g eq glucose/ 100 g de MS).

### III.1.2 Dosage de protéines totales

Les protéines totales sont dosées par la technique de **BRADFORD (1976)**. Le réactif Bleu de Coomassie réagit avec les acides aminés basiques (Histidine, Arginine et Lysine) et les résidus hydrophobes des protéines, pour donner un complexe de coloration bleue. L'absorbance du complexe formé est déterminée par spectrophotométrie à 595 nm.

Pour l'extraction, 100 mg de poudre des graines de pourpier sont mis à macérer dans 10 ml d'eau distillée pendant 48 heures à une température ambiante.

Le dosage a nécessité la préparation d'un réactif par dissolution de 100 mg Bleu de Coomassie G250 dans 50 ml d'éthanol à 95%. A cette solution on ajoute doucement 100 ml d'acide orthophosphorique à 85%. Après homogénéisation, le mélange est ajusté à 1000 ml avec l'eau distillée puis filtre pour enlever les particules insolubles. Une prise de 2500 µl d'extrait est placée dans un tube approprié. Il est ajouté 1250 µl de réactif Bleu de Coomassie et homogénéisé pendant 30 secondes. Après 10 minutes de réaction, l'absorbance est mesurée au spectrophotomètre UV-visible à 595 nm.

Les teneurs en protéines sont exprimées en gramme équivalent du sérum albumine bovine (BSA) par 100 grammes de matière sèche (g eq BSA/ 100 g de MS) en référence une courbe d'étalonnage établie avec le BSA (0.125 à 2.25 mg/ml) (Figure 4, Annexe2).

### III.1.3 Dosage des lipides

Les lipides totaux ont été extraits selon la méthode de **FLOCH (1957)**, avec des modifications. L'extraction est réalisée dans l'éthanol qui déstabilise les membranes végétales.

Dans un tube à essai 200 mg des graines de pourpier finement broyées ont été mélangées avec 20 ml d'éthanol à 95%. On agite vigoureusement puis on place les tubes dans un bain-Marie à 95°C jusqu'à l'évaporation totale de l'alcool (Figure 5, Annexe 2).

Les échantillons sont refroidis puis rincés trois fois avec 10 ml d'éthanol à 50% après une agitation vigoureuse. Le surnageant est alors récupéré et les trois fractions réunies sont homogénéisées avec 20 ml éther de pétrole puis centrifugées. Deux phases se forment la phase inférieure, contenant les lipides qui ont été séparés et évaporés dans une étuve à 30 °C pendant 24 h. Puis on calcule le rendement en matière grasse selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en matière grasse (\%)} = \frac{M(\text{lipides en g}) \times 100}{M(\text{pris d'essai d'échantillon en g})}$$

**M (lipides) = poids de la boîte de Pétri (après séchage de l'extrait) - poids de la boîte de Pétri vide.**

### III.2 Détermination de la valeur énergétique des graines de pourpier

La valeur nutritionnelle (énergétique) des grains de pourpier a été calculée selon l'équation suivante (**SILVA et al., 2019**) :

$$\text{Valeur énergétique (kcal/100 g de MS)} = 4 \times (\text{g de protéines} + \text{g de glucides}) + 9 \times (\text{g lipides})$$

### III.3 Méthodes d'extraction et de dosage des métabolites secondaires

#### III.3.1 Préparation des principes actifs

L'extraction des principes actifs est effectuée par décoction selon le protocole décrit par **KONKON et al. (2006)**, en utilisant l'eau distillée. Un poids de 05 g de poudre végétale des graines des trois provenances de pourpier (Egypte, Ouargla et El Oued) est additionné à 100 ml eau distillée chauffée à une température d'ébullition (95 °C) pendant 30 minutes. Après refroidissement, les extraits sont filtrés sur un papier filtre Wattman N°1 doublées (Figure 2, Annexe 01). Les filtrats sont concentrés en plaçant dans une étuve à 40 °C. Les extraits secs

obtenus sont conservés dans des flacons sombres en verre hermétiquement fermé à 4 °C jusqu'à leur utilisation.

### III.3.2 Détermination de rendement d'extraction

Le poids des extraits secs obtenus est déterminé par la différence entre le poids de la boîte de Pétri plein (après évaporation) et leur vide (avant évaporation). Le rendement en extrait brut est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Rendement d'extraction (\%)} = [(P1-P2) / PV] \times 100$$

**Rd** : Rendement d'extraction.

**P1** : Poids de l'extrait après évaporation.

**P2** : verre de montre vide.

**PV** : Poids de la poudre du matériel végétal utilisé pour l'extraction

### III.3.3 Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux a été fait par la méthode de Folin-Ciocalteu décrite par SINGLETON et ROSSI (1965), qui est basée sur l'oxydation des composés phénoliques par le complexe d'acide phosphotungstène ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et phosphomolybdène ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ) de couleur jaune, ce qui entraîne la formation d'un nouveau complexe molybdène ( $MO_8O_3$ )-tungstène ( $W_8O_{23}$ ) de couleur bleue.

Une prise de 300  $\mu$ l d'extraits ou de standard avec des dilutions convenables est mélangée avec 1,5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu (10 fois dilué) après un repos 4 min, 1200  $\mu$ l d'une solution de carbonate de sodium (75 mg/ml) sont additionnés au milieu réactionnel après 60 min d'incubation à l'abri de la lumière et à température ambiante l'absorbance est mesurée par un spectrophotomètre à 760 nm. Les essais sont répétés trois fois.

La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique avec des concentrations croissantes allant de 0.00025 à 0.0045 mg/ml (Figure 6, Annexe 6). Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg eq AG / mg de MS).

### III.3.4 Dosage des flavonoïdes totaux

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode colorimétrique de **KIM *et al.* (2003)**. Un volume de 2 ml d'extraits ou standard est additionnée à 2 ml d'une solution de chlorure d'aluminium  $\text{AlCl}_3$  fraîchement préparée (2% dans le méthanol). Le mélange est laissé au repos pendant 10 min de réaction, l'absorbance est lue au spectrophotomètre de type Shimadzu à 430 nm. Les essais sont répétés trois fois.

La concentration des flavonoïdes est déduite à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec la quercétine de concentrations massiques croissantes allant de 0.00013 à 0.00175 mg/ml (Figure 7, Annexe 3) préparées dans le méthanol à 80%. Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent de la quercétine par gramme de matière sèche (mg eq QR/ g de MS).

### III.3.5 Dosage des tannins totaux

Les tanins sont dosés par la procédure de Folin-Ciocalteu après leur précipitation par la gélatine en mélangeant 03 ml d'échantillon avec 03 ml eau distillée et 250 mg de gélatine. L'ensemble fut agité au vortex et maintenu à 4 °C pendant 15 min puis centrifugés à 3000 g à 4 °C pendant 15 min. Après récupération des surnageant (600  $\mu\text{l}$ ), ils sont dosés par la méthode de Folin Ciocalteu comme précédemment décrit. Les essais sont répétés trois fois.

Les valeurs obtenues sont soustraites de la teneur des polyphénols totaux et les taux des tanins sont exprimés en milligramme d'équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg eq AG/ g de MS).

## IV. Evaluation de l'activité antioxydante

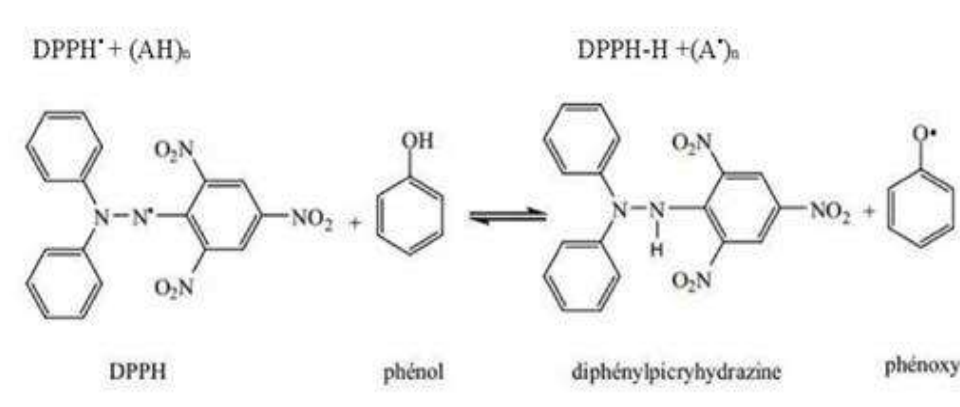
### IV.1 Test de phosphomolybdate

L'activité antioxydante totale de nos extraits, est évaluée par la méthode de réduction de phosphomolybdate par les antioxydants selon la méthode de **PRIETO *et al.* (1999)**. Le test consiste à introduire dans un tube 400  $\mu\text{l}$  d'échantillon et mélanger à 4000  $\mu\text{l}$  de réactif composé de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0,6 M), de  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  (28 M) et du molybdate d'ammonium (4 mM). Le tube est ensuite bien fermé puis incubé à 95°C pendant 60 minutes. Après refroidissement, l'absorbance est mesurée 695 nm, le blanc est constitué de 400  $\mu\text{l}$  de méthanol mélangé avec 4000  $\mu\text{l}$  du réactif mentionné ci-dessus. Tous les essais sont répétés trois fois.

L'activité antioxydante totale de nos extraits est calculée en se référant à une gamme étalon de concentrations croissantes d'acide ascorbique (0.023 à 0.636  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) (Figure 9, Annexe 4). Les résultats obtenus sont exprimés en microgramme équivalent acide ascorbique par gramme de matière sèche (mg eq AAC/ g de MS).

## IV.2 Test de DPPH (2,2-diphényl-1-picryl-hydrazine)

La méthode de DPPH (2,2-diphényl-1-picryl-hydrazine), basée sur la réduction du radical stable DPPH• en présence d'un antioxydant donneur d'hydrogène (AH) (Figure 09), qui aboutit à la formation d'une forme non radicalaire, le DPPH-H. Ainsi plus la perte de couleur est rapide plus le donneur d'hydrogène est considéré comme un antioxydant fort (BELMOKHTAR, 2014).



**Figure 9 :** Mécanisme réactionnel d'un antioxydant avec le DPPH• (MOLYNEUX, 2004).

100  $\mu$ l de chaque d'échantillon ou de standard sont ajoutés à 2,9 ml de la solution méthanolique de DPPH• (60 $\mu$ M). En parallèle, un contrôle négatif (blanc) est préparé en mélangeant 100 $\mu$ l de méthanol avec 2,9 ml de la solution méthanolique de DPPH•.

La lecture de l'absorbance est faite contre le blanc à 515 nm après 30 minutes d'incubation à l'obscurité et à la température ambiante. Les essais sont repris trois fois. Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH• est déterminé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{(A \text{ blanc} - A \text{ extrait}) \times 100}{A \text{ blanc}}$$

Les résultats sont rapportés en microgramme équivalent d'acide ascorbique par gramme d'extrait ( $\mu$ g eq AAC/ g d'extrait) (Figure 11, Annexe 4).



---

---

## **Chapitre III : Résultats et discussions**

---

---

Dans le contexte de valorisation du patrimoine floristique médicamenteux du Sahara. Le présent travail vise l'évaluation des valeurs nutritionnelles et thérapeutiques d'une plante alimentaire à caractère médicamenteux le pourpier (*Portulaca oleracea* L.) de la famille des *Portulacaceae*, via l'estimation de leurs contenus en métabolites primaires (sucres solubles totaux, protéines totales et lipides) et secondaires (polyphénols totaux, flavonoïdes et tanins totaux) ainsi que l'évaluation de leur valeur énergétique et propriété antioxydante.

### I. Rendement en extrait bruts

La préparation des extraits à partir des poudres végétales des graines des trois provenances de pourpier (Ouargla, El Oued et Egypte) a été effectuée par décoction. Cette extraction a permis d'obtenir trois extraits bruts dont leurs caractéristiques organoleptiques et leur rendement en extrait sec sont résumés dans le tableau 06

**Tableau 6-**Aspect, couleur et rendement en extrait sec de trois provenances des graines de *P. oleracea*

Provenance	Aspect	Couleur	Rendement (%)
Ouargla	Visqueux	Marron claire	21
El- Oued	Visqueux-huileux	Marron foncé	20
Egypte	Visqueux	Marron claire	16

Le rendement d'extraction est le rapport de la quantité de substances extraites par l'action d'un solvant extractif à la quantité de la matière végétale. Il est dépendu de plusieurs paramètres tels que : le solvant, le pH, la température, le temps d'extraction et la composition de l'échantillon (QUY DIEM DO *et al.*, 2014).

Les résultats obtenus montrent que le rendement d'extraction diffère selon la provenance des graines. Les rendements en extraits bruts des graines de Ouargla (21%) et d'El Oued (20%) sont proches et supérieurs à celui issu à partir des graines d'Egypte (16%).

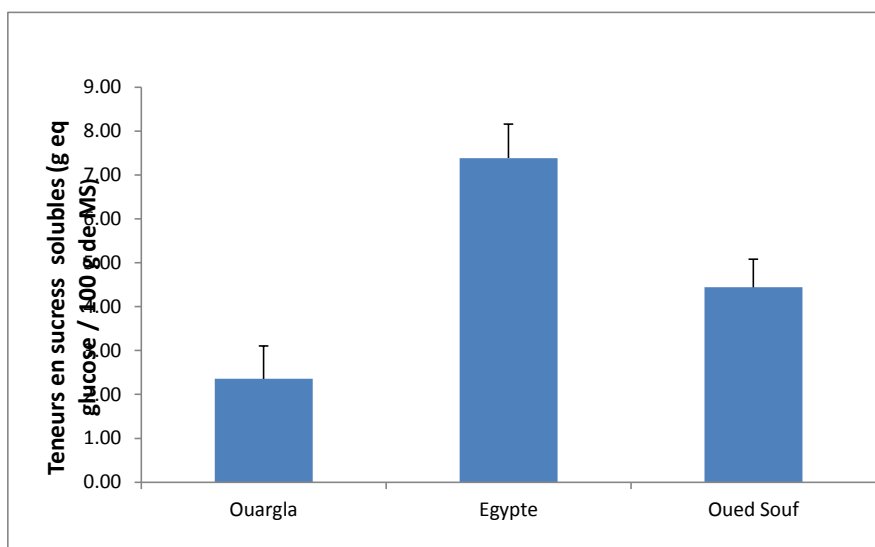
Cette différence dans le rendement d'extraction peut être due à l'origine géographique et le milieu de culture de cette plante, aux conditions climatiques, au type de sol, aux fertilisants utilisés et à la pluviométrie qui changent entre les régions (BOUKHATEM *et al.*, 2010 ; BEN RAHAL, 2012).

## II. Résultats de l'analyse quantitative

### II.1 Détermination des métabolites primaires

#### II.1.1 Teneurs en sucres solubles totaux

Les résultats d'évaluation quantitative des sucres solubles totaux des graines de trois provenances de pourpier (Ouargla, Oued Souf et Egypte) sont représentés dans la figure 10.



**Figure 10 :** Composition en sucres solubles totaux des graines de trois provenances de *P. oleracea*

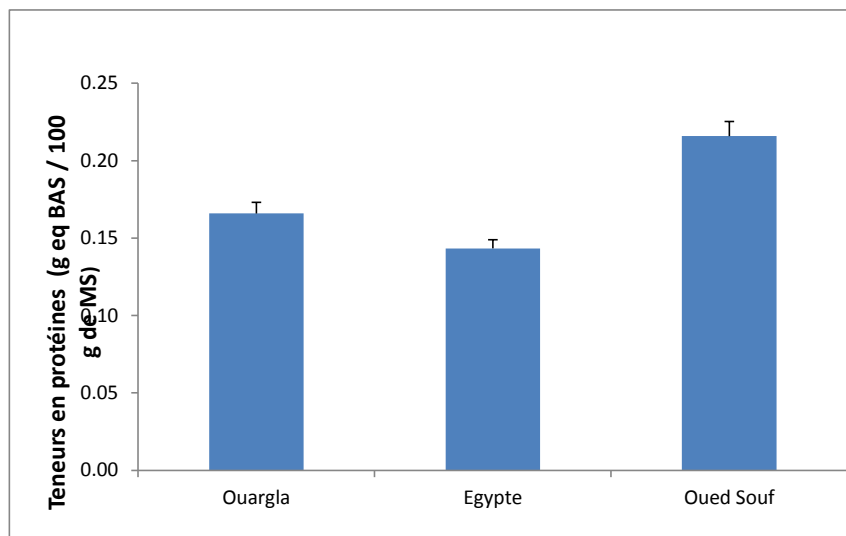
Au vu des résultats obtenus, il apparaît qu'il y a une différence dans les concentrations en carbohydrates des graines analysées selon la provenance. Les teneurs en sucres solubles totaux des graines de pourpier originaire d'Egypte sont respectivement environ trois fois et deux fois plus élevées que celles déterminées dans les graines de Ouargla et d'El Oued avec (7.39±0.77 g eq glucose/100 g de MS) versus (2.36±0.75 et 4.44±0.64 g eq glucose/100 g de MS) (Figure 10).

Nos résultats sont inférieurs à ceux enregistrés dans les décoctés des graines de lin matures (*Lin umusitatissimum*) collectées dans la France et qui présentent une quantité importante des sucres totaux de 9±2 g/100g MS (ACKET, 2015). Egalement, JANCUROVA *et al.* (2009), indiquent que les glucides sont les composants majeurs retrouvés dans les décoctés

méthanoliques des graines de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) récoltées dans le Nord d'Argentine, ils représentent 67% de la matière sèche.

### II.1.2 Teneurs en protéines totales

Les résultats d'évaluation quantitative des protéines totales des graines de trois provenances de pourpier (Ouargla, Oued Souf et Egypte) sont illustrés dans la figure 11.



**Figure 11 :** Composition en protéines totales des graines de trois provenances de *P. oleracea*

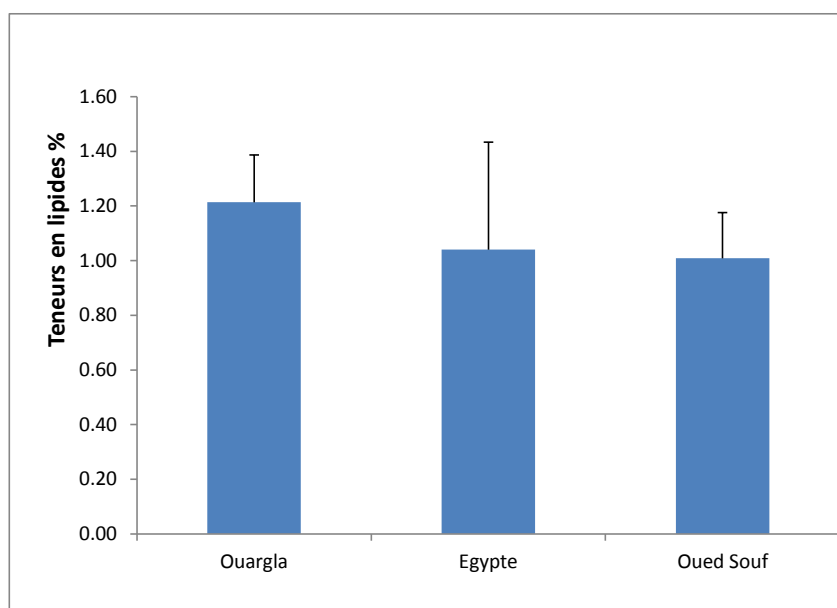
Les résultats d'évaluation des contenus en protéines de nos échantillons montrent que les graines achetées dans le marché d'El Oued présentent la teneur la plus élevée en protéines totales avec ( $0.22 \pm 0.01$  g eq BSA/100 g de MS), par rapport aux graines de Ouargla et d'Egypte. Les graines de Ouargla et d'Egypte apparaissent avec des pourcentages de  $0.17 \pm 0.01$  et  $0.14 \pm 0.01$  g eq BSA/100 g de MS, respectivement. Donc, ils sont relativement faibles et proches (Figure 11).

Dans ses études sur les différentes parties de *P. oleracea* récoltée dans de Nichols Garden Nursery en Albany **ALI et al. (1992)**, ont trouvé que les valeurs des protéines totales après 59<sup>ème</sup> jours de plantation dans des conditions naturelles sont de (34.912 g/100 g de MS) dans le décocté éthanologique de la plante entière, (44.353 g/100 g de MS) dans le décocté éthanologique des feuilles, (21.696 g/100 g de MS) dans le décocté éthanologique des tiges et (16.903 g/100 g de MS) dans le décocté éthanologique des racines. **EL GINDY (2017)**, a analysé à l'aide d'une chromatographie

en phase gazeuse l'extrait méthanolique des feuilles fraîches de pourpier récoltée dans des champs privés en Égypte et il a indiqué que cet extrait est constitué de 22.80 % de protéines. **KOUAME (1997)**, a signalé que l'extrait hexanique des graines de *Strombosiapustulata* (*Olacaceae*) collectée dans la Côte d'Ivoire exprimé un taux de 53.03% de protéines.

### II.1.3 Teneurs en lipides

Les résultats d'évaluation quantitative des lipides des graines de trois provenances de pourpier (Ouargla, Oued Souf et Egypte) sont représentés dans la figure 12.



**Figure 12 :** Composition en lipides des graines de trois provenances de *P. oleracea*

Concernant les lipides, les contenus en matières grasses des graines de Ouargla ( $1.21 \pm 0.17$  g/100 g de MS) sont supérieurs à celles enregistrées dans les graines d'Égypte ( $1.04 \pm 0.39$  g/100 g de MS) et d'El Oued ( $1.01 \pm 0.17$  g/100 g de MS) (Figure 12).

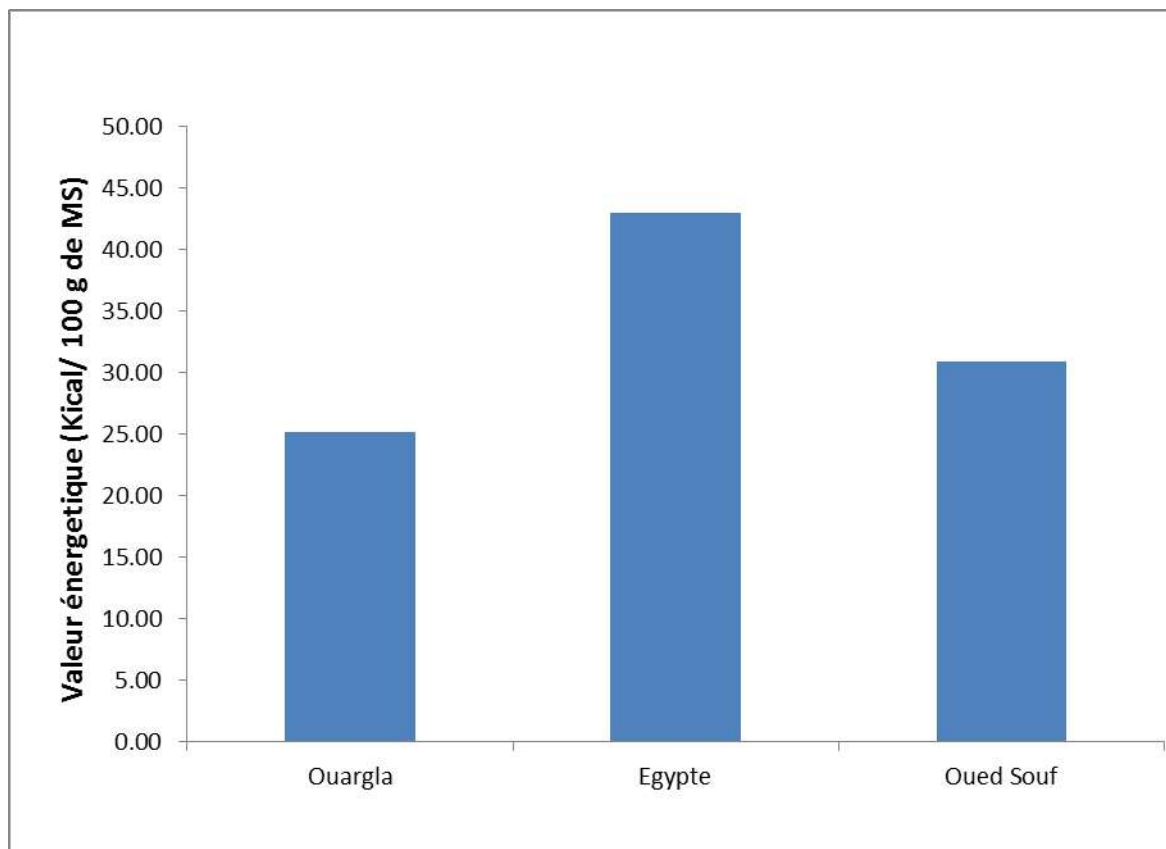
D'après les données des travaux de recherche de **LIU *et al.* (2000)** réalisés sur différentes variétés de *P. oleracea*, cultivées et sauvages originaires d'Australie, les teneurs totales en acides gras de ces variétés déterminées par chromatographie (GC et HPLC) sont variables entre 1,5 à 2,5 mg/g de matière fraîche dans les feuilles, 0,6 à 0,9 mg/g de MF dans les tiges et 80 à 170 mg/g de MF dans les graines. **TRAUTWEIN (2001)**, a montré que le contenu lipidique des

graines de *Hordeum vulgare* (*Poaceae*) est de 2.10 g/100g. Également, **ACKET (2015)**, a signalé que les graines de lin matures (*Linum usitatissimum*) de la famille des *Linaceae* récoltées dans la France contiennent  $44,6\pm 0,2\%$  de lipides. Ces valeurs sont supérieures à celles notent dans nos graines analysées, le lin est une plante oléagineuse a la particularité d'accumuler majoritairement des huiles dans leurs graines (**ACKET, 2015**).

**MOKHTARI (2007)**, a noté que le blé fermenté de type *Hamoum* (*Hordium vulgare*) cultivé dans la Wilaya de Mascara sont constitué de  $2.41\pm 0.07\%$  des lipides. Aussi, cette quantité en lipides des graines de blé est supérieure à celle enregistrée dans notre matériel végétal. En effet, les graines de blé contiennent des germes riches en matière grasse (**ALVES et XAVIES, 2002**).

La variabilité dans les contenus en métabolites primaires entre les trois provenances des graines de pourpier étudié pourraient être attribuée à la différence dans le génotype et/ou dans les conditions de croissance. Cette constatation a été confirmée par **JIN et al. (2016)**, qui s'intéresse aux changements physiologiques et métaboliques dans les feuilles de pourpier en réponse à la sécheresse, stress thermique et combinaison de la sécheresse et stress thermique, ils ont montré que l'alanine, le sorbose, le glucose et l'heptulose n'ont été détectés dans les feuilles que sous condition de sécheresse, tandis que la glycine, la thréonine et l'asparagine ont été détectées après stress thermique. De plus, ils ont détecté l'isoleucine et la phénylalanine uniquement dans les plantes soumises aux stress combinés. En addition, **ALI et al. (1992)**, ont été analysés la variation en composition nutritionnelle de pourpier et aux différents stades de croissance, ils ont indiqué des augmentations significatives dans les taux des protéines durant le stade de maturation des plantes. Les feuilles avaient la plus grande quantité en protéines au troisième stade de croissance ( $44,25$  g/100 g de matière sèche). Les racines ont montré une baisse du niveau de protéines que la plante vieillissait. Les glucides solubles étaient significativement plus élevés dans les stades de croissance 1 et 3.

## II.2 Valeur énergétique des graines de trois provenances de pourpier



**Figure 13** : Valeur énergétique des graines de trois provenances de *P. oleracea*

Après la détermination des contenus en métabolites primaires des graines de trois provenances de pourpier étudiées (Ouargla, El Oued et Egypte). Leurs valeurs nutritionnelles ont été estimés (figure 13). Les graines d’Egypte qui ont des teneurs élevées en sucres (7.39 g/100 g de MS) et en lipides (1.04 g/100 g de MS) ont montré une importante valeur nutritionnelle de 39,47 Kcal/ 100 g de poids sec. Les graines récoltées dans la région d’El Oued (27.70 Kcal/ 100 g de poids sec) vient en deuxième lieu, du fait de sa richesse en lipides et en dernier vient celles collectées dans la région de Ouargla avec (21.01 Kcal/100 g de MS)

Les graines de blé (*Hordium vulgare*) fermenté de la Wilaya de Mascara comportent une valeur énergétique de 355.53 kcal/100 g poids (MOKHTARI, 2007). Cette dernière est plus élevée que celle mentionnée dans les grains de pourpier expérimenté. Cette importante valeur énergétique des graines de blé est due à la richesse de ces graines en amidon qui est la substance énergétique par excellence facilement digestible (ALVES et XAVIES, 2002).

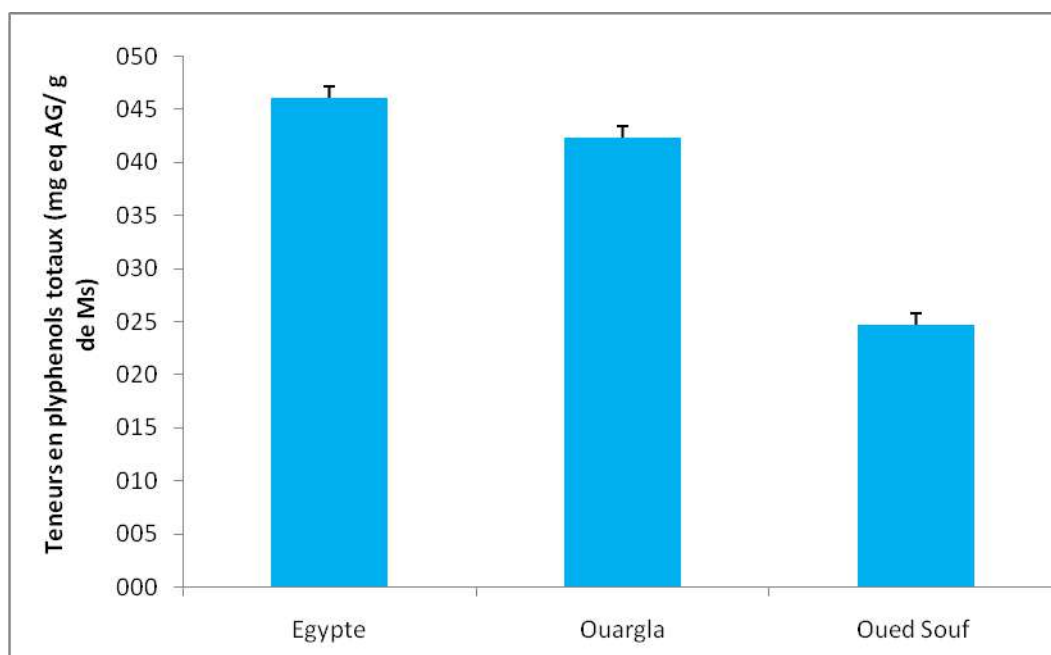
HERBILLON (2015), dans ses travaux réalisés sur les graines de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) indique que la valeur énergétique de ces dernières est de 760.4 kcal/100 g. Cette valeur est

supérieure à celle enregistrée dans notre étude. Ceci peut être expliqué par la haute teneur en amidon et en fibres (FAO, 1998).

### II.3 Détermination des métabolites secondaire

#### II.3.1 Dosage des phénols totaux

Les teneurs en polyphénols de nos échantillons sont déterminées par la méthode colorimétrique de Folin Ciocalteu. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure ci-dessous.



**Figure 13 :** Teneurs en polyphénols totaux des extraits aqueux des graines de trois provenances de *P. oleracea*.

L'examen des résultats de quantification des polyphénols totaux, laisse apparaître que les décoctés des graines d'Égypte sont les plus riches en composés phénoliques ( $46.13 \pm 3.50$  mg eq AG/g de MS). Elles sont suivies de ceux de Ouargla soit ( $42.37 \pm 0.46$  mg eq AG/g de MS). Les graines proviennent d'El Oued n'en contiennent que ( $24.75 \pm 0.33$  mg eq AG/g de MS).

Cette différence des contenus en polyphénols totaux d'une provenance à autre peut être attribuée à la variabilité des facteurs climatiques et le patrimoine génétique de la plante (MILIAUSKAS *et al.*, 2004). Cela a été confirmé par les travaux de SAVIO et ses collaborateurs (2020), qui ont trouvé que les extraits cétoniques à 70% des graines des *Hibiscus sabdariffa* de la famille des Malvacées récoltées dans quatre localités du Mali (Bamako,

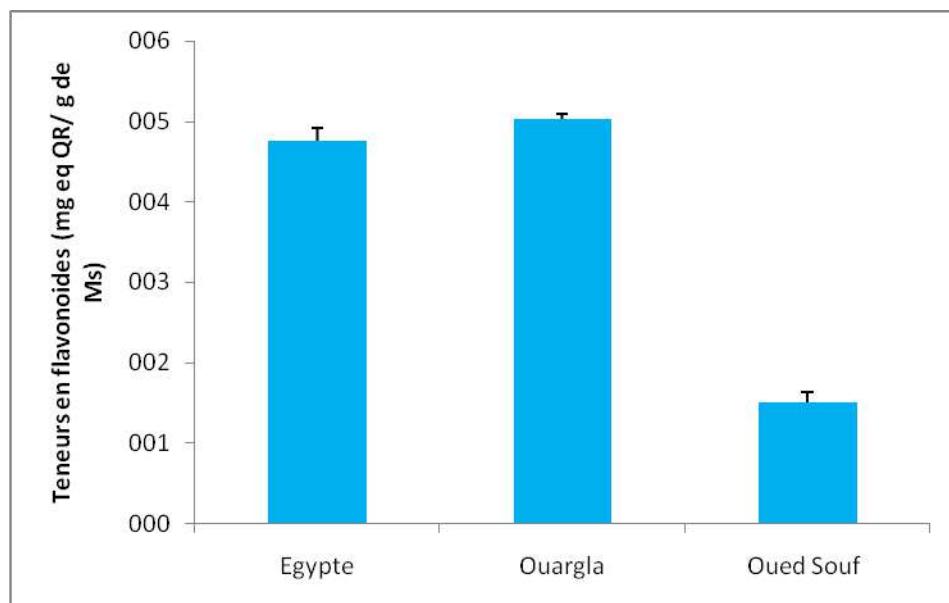


Banamba, Tominian et Tousséguéla), contiennent des teneurs en polyphénols de l'ordre de  $3,005 \pm 0,012$ ,  $1,990 \pm 0,06$ ,  $2,007 \pm 0,05$  et  $2,229 \pm 0,04$  mg EAG/respectivement.

**GUENZAT (2012)**, a signalé que l'extrait aqueux lyophilisé des feuilles de *P. oleracea* récoltée dans le Sud Algérien, Wilaya de Touggourt, présente des teneurs en polyphénols totaux de l'ordre de  $1,37 \pm 0,01$   $\mu\text{g}$  EAG/ mg d'extrait sec qui sont largement inférieures à celles enregistrées dans notre étude. **GUNASCKARN et ses collaborateurs (2014)**, ont enregistré que les extraits bruts (eau acétone) des feuilles et des tiges de cette même espèce récoltée dans la région du Kerala de l'Inde présentent des teneurs en phénols totaux de ( $22,94$   $\mu\text{g}$  EAG/mg d'extrait) et ( $12,96$   $\mu\text{g}$  EAG/mg extrait).

### II.3.2 Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent le groupe le plus répandu des composés phénoliques. Les données de quantification des flavonoïdes de nos extraits sont consignées dans la figure suivante.



**Figure 14 :** Teneurs en flavonoïdes des extraits aqueux des graines de trois provenances de *P. oleracea*

Les histogrammes illustrés ci-dessus indiquent que les graines proviennent de la région de Ouargla présentent les teneurs les plus élevées en flavonoïdes, soit  $5,03 \pm 0,06$  mg eq QR/g de MS comparant à celles proviennent d'Égypte et de Oued Souf, dont leurs extraits contiennent respectivement ( $4,75 \pm 0,16$  et ( $1,51 \pm 0,13$  mg eq QR/g de MS).

Selon **GUENZAT (2012)**, l'extrait aqueux lyophilisé des feuilles de *P. oleracea* de pourpier contient des teneurs en flavonoïdes estimées de  $0,14$   $\mu\text{g}$  EC/mg d'extrait sec. **BEN**

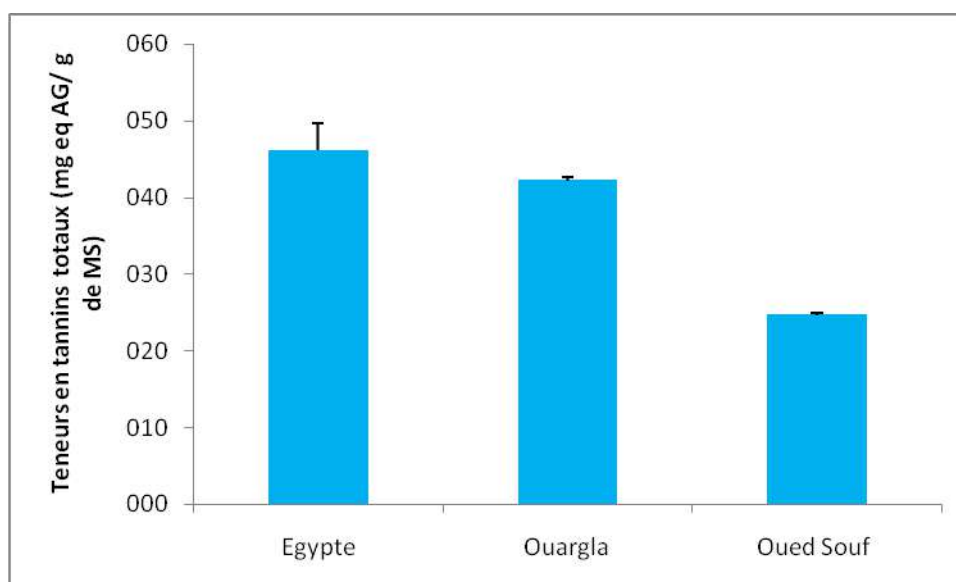
AISSI (2019), a signalé que les décoctés aqueux des graines de *Trigonella foenum-greacum* L. de la famille de Fabaceae (légumineuse) récoltée dans la région de Ras El-Oued à Sétif contiennent des teneurs en flavonoïdes de l'ordre de  $95,85 \pm 0,007 \mu\text{g EQ/mg}$  d'extrait.

AIT BRAHAM et MESSAOUDI (2013), ont trouvé que les extraits méthanoliques des graines de *Trigonella foenum-greacum* L. cultivée au Pakistan, présent des taux en flavonoïdes évalués de  $24,80 \pm 0,37 \text{ mg EQ/g ES}$ .

D'après nos données d'analyses phytochimiques et les résultats de ces auteurs, il paraît clairement que l'eau chaude est le solvant qui permet d'avoir un taux en flavonoïdes plus élevés par rapport au méthanol, ce qui peut être expliqué par la lyse des cellules dans l'eau chaude et la libération d'un maximum de molécules polyphénoliques.

### II.3.3 Dosage des tanins totaux

L'évaluation des contenus en tanins totaux des extraits aqueux des graines des trois provenances investiguées est déterminée par la méthode de précipitation par la gélatine et les valeurs obtenues sont illustrées dans les histogrammes de la figure 16.



**Figure 15 :** Teneurs en tanins totaux des extraits aqueux des graines de trois provenances de *P. oleracea*

Les quantités en tanins totaux des graines de pourpier introduites d'Egypte sont de  $46.09 \pm 3.50 \text{ mg eq AG/g de MS}$ , elles sont sensiblement supérieures à celles affichent dans les

graines de Ouargla ( $42.22 \pm 0.46$  mg eq AG/g de MS) et qu'elles sont nettement supérieures à celles enregistrées dans les graines d'El Oued ( $24.67 \pm 0.32$  mg eq AG/g de MS).

Cette divergence des résultats peut s'expliquer en partie par le fait que les teneurs en différents composés présents dans les végétaux alimentaires peuvent varier en fonction de la variété, du génotype, de la provenance ainsi que selon les conditions de croissance de l'espèce végétale.

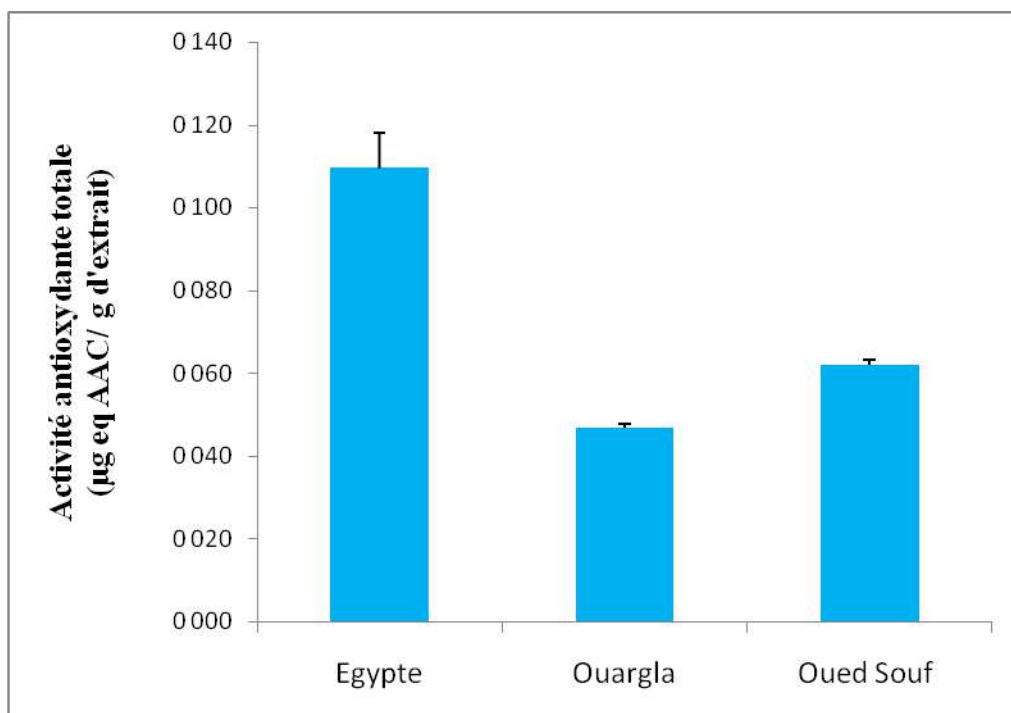
Les investigations phytochimique réaliser par **BENIKHLEF (2017)**, révèlent que les extraits aqueux obtenus par macération à froid des graines vertes de *Coffea robusta* sont les plus riche en tanins condensés ( $199,4 \mu\text{g EC/mg}$  d'extrait) que ceux hydrométhanoliques ( $148 \mu\text{g EC/mg}$  d'extrait). Donc, l'eau c'est le meilleur solvant pour extraction des tanins condensés. Egalemeent, **HERBILLON (2015)**, a signalé que les graines de *Chenopodium quinoa* de la famille *Chenopodiaceae* cultivée en Amérique du Sud contiennent des quantités en tanins totaux de ( $0,53 \text{ g} / 100 \text{ g}$  de partie comestible) dans les graines entières,  $0,28 \text{ g}/100\text{g}$  dans les graines décortiquées manuellement et  $0,23 \text{ g}/100 \text{ g}$  après lavage des graines avec de l'eau; ce qui signifie qu'environ la moitié des tanins sont accumulés dans l'enveloppe des graines et qui sont perdus au cours le lavage par l'eau.

#### II.4 Evaluation de l'activité antioxydante

La mise en évidence du pouvoir antioxydant de nos échantillons a été réalisée par deux méthodes, le test de phosphomolybdate et la capacité anti-radicalaire contre le radical libre DPPH°).

##### II.4.1 Méthode de phosphomolybdate (PM)

Le test de réducteur du phosphomolybdate est un essai direct qui est employé principalement pour mesurer la puissance des antioxydants non enzymatiques. Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent d'acide ascorbique par gramme de matière sèche (mg eq AAS/g de MS) (figure 17)



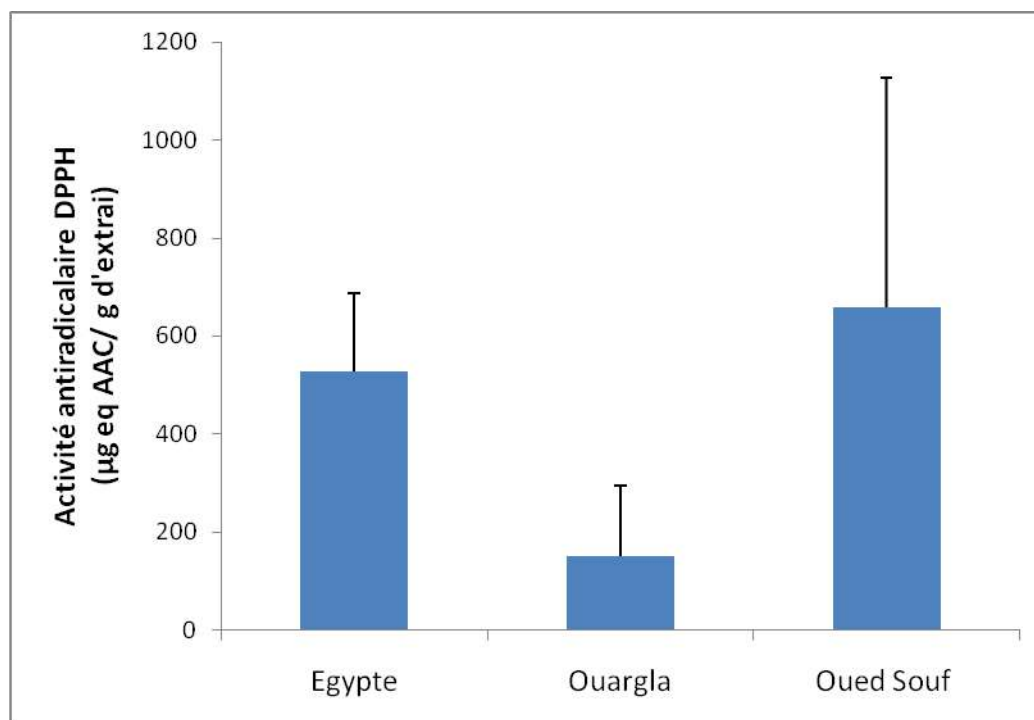
**Figure 16 :** Activité antioxydante des extraits aqueux des graines de trois provenances de *P. oleracea* évaluée par le test de phosphomolybdate.

L'analyse de la figure 17 laisse constater que les décoctés des graines importés d'Egypte ont un pouvoir réducteur puissant avec  $109.501 \pm 8.553 \mu\text{g eq AAC/g de MS}$ , suivie par ceux des graines d'Oued Souf ( $61.909 \pm 1.401 \mu\text{g eq AAC/g de MS}$ ) et de Ouargla ( $46.878 \pm 0.896 \mu\text{g eq AAC/g de MS}$ ).

**MADI (2017)**, avait montré que l'extrait éthanolique des graines de *Cleome arabica* (*Capparidaceae*) récoltée dans la région de Biskra, a un pouvoir réducteur estimé de  $12,06 \pm 0,004 \text{ mg EAG/g d'extrait}$ . Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenues dans notre étude.

#### II.4.2 Méthode de piégeage du radical libre DPPH° (2,2-diphényl-1-picrylhydrazil)

Les résultats d'activité anti-radicalaire des extraits des trois provenances de graines de *P. oleracea* exprimés en microgramme équivalent d'acide ascorbique par gramme d'extrait ( $\mu\text{g eq AAC/g d'extrait}$ ) sont représentés dans la figure 18.



**Figure 17 :** Activité antioxydante des extraits aqueux des graines de trois provenances de *P. oleracea* évaluée par le test de DPPH

Selon les résultats illustrés ci-dessus, on remarque que tous les extraits des graines étudiées sont capables de piéger le radical DPPH°. Il est clair que les extraits aqueux des graines d'Oued Souf sont les plus optés à piéger le radical DPPH° avec  $657 \pm 470$  µg eq AAC/g d'extrait). Les extraits issus de la décoction des graines d'Egypte sont également plus efficaces à scavenger le radical DPPH° que ceux obtenus des gaines de Ouargla avec ( $528 \pm 158$  envers  $150 \pm 144$  µg eq AAC/g de MS). **OLIVEIRA et ses collaborateurs (2009)**, ont trouvé que l'extrait aqueux des feuilles de *P. oleracea* collectés dans le Portugal a un taux d'inhibition de DPPH environ 80% pour 0,55 mg/ml d'extrait.

Cette activité antioxydante pourrait expliquer par la richesse de nos échantillons en composés phénoliques. Les composés phénoliques possèdent une structure chimique idéale pour le piégeage des radicaux libres, parce qu'ils possèdent des groupes phénoliques hydroxyles qui sont susceptibles de donner un atome d'hydrogène ou un électron aux radicaux libres (**DAI et al., 2010**)

Le test de phosphomolybdate est une variante du test de DPPH. Au cours de ce test, l'hydrogène et l'électron sont transférés du composé réducteur (antioxydant) vers le complexe oxydant (PPM). Ce transfert dépend du potentiel redox, du pH du milieu et de la structure du composé antioxydant (**PRIETO et al., 1999**).

---

---

## **Conclusion**

---

---

Les ressources naturelles du règne végétal restent la source fiable et capitale pour la mise au point de nouveaux remèdes thérapeutiques.

L'étude s'est proposé d'analyser la composition en métabolites primaires et secondaires composants des graines de trois provenances de pourpier (Ouargla, El Oued et d'Egypte), ainsi que d'évaluer leurs potentiels nutritionnels et antioxydants.

L'investigation phytochimique des décoctés aqueux des graines de *P. oleracea* a concerné les principaux métabolites nutritifs primaires (glucides, protéines et lipides) et secondaires (phénols totaux, flavonoïdes et tanins totaux) qui a révélé la richesse de cette espèce en ces métabolites.

Les graines importées de l'Egypte qui possèdent d'une importante quantité en sucres solubles totaux ( $7.39 \pm 0.77$  g eq glucose/100 g de MS) sont celles qui ont la grande valeur nutritionnelle de 39,47 Kcal/ 100 g de MS. En second lieu vient les graines provenant d'El Oued (27.70 Kcal/ 100 g de MS) du fait de sa richesse en protéines ( $0.22 \pm 0.01$  g eq BSA/100 g de MS) et de son contenu indéniable en carbohydrate ( $4.44 \pm 0.64$  g eq glucose/100 g de MS). Les graines récoltées dans la région de Ouargla sont le moins riche en valeur caloriques avec (21.01 Kcal/100 g de MS)

De même pour les métabolites secondaires, les graines introduites de l'Egypte sont les plus dotées en phénols et en tanins totaux avec des teneurs estimés à  $46.13 \pm 3.50$  et  $46.09 \pm 3.50$  mg eq AG/g de MS, respectivement. Celles récoltées dans la région de Ouargla sont les plus riches en flavonoïdes avec ( $05.03 \pm 0.06$  mg eq QR/g de MS). En revanche, les graines collectées dans la région d'EL Oued sont les plus pauvres en ces métabolites.

L'évaluation de l'activité antioxydante totale par le test de réduction de phosphomolybdate et le radical libre DPPH° a révélé que les décoctés des graines d'Egypte sont les plus puissants à réduire le molybdène avec  $109.501 \pm 8.553$  µg eq AAC/g de MS, suivie par ceux des graines d'Oued Souf ( $61.909 \pm 1.401$  µg eq AAC/g de MS) et de Ouargla ( $46.878 \pm 0.896$  µg eq AAC/g de MS).

L'activité anti-radicalaire a montré que les extraits aqueux des graines d'Oued Souf sont les plus efficaces à réduire le DPPH° avec un potentiel de  $657 \pm 470$  µg eq AAC/g d'extrait. Les décoctés des graines d'Egypte sont également plus efficaces à scavenger le radical DPPH° que ceux obtenus des gaines de Ouargla avec ( $528 \pm 158$  contre  $150 \pm 144$  µg eq AAC/g de MS).

Nos données montrent que le pourpier est un aliment plus important pour la consommation humaine en tant que légume vert prometteur des composés nutritifs et antioxydants pourrait contribuer à la prévention contre les maladies liées au stress oxydatif. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires à savoir :

- la quantification la composition en fibre, vitamines et éléments minéraux ;
- de tester d'autres activités biologiques, telles que l'activité anti-inflammatoire et antimicrobienne ou autres ;
- l'identification des facteurs antinutritionnels présents dans cette plante.



---

---

## **Liste des références bibliographiques**

---

---

### Liste des références bibliographiques

- ACKET S., 2015- implication du métabolisme carboné pour une production différentielle d'huile chez les plantes oliagineuses-lin : modalisation des systèmes. Thèse doctorat, université Compiègne.318p
- ADOUANE S., 2016- Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région méridionale des Aurès. Mémoire de magistère, université Mohamed Khider-Biskra (Algérie).
- AÏSSATA T, 1993- Profils epidemiologique clinique et hematologiqtriji de l'hemoglobineek woolwich. These pour le doctorat en médecine (diplôme d'état), faculté de médecine (Coté voire). 277 p.
- AIT BRAHAM K., MESSAOUDI S., 2013- Etude de l'activité antioxydante des polyphénols des graines de *Trigonella foenum-graecum* L. (Fenugrec). Mémoire de Master, université de ABDERRAHMANE MIRA Bejaia (Algieri).91 p.
- ALI I.M., AHMED S.H., 1992- Chemical composition of purslane (*Portulaca oleracea*). Journal of Plant foods for human nutrition, 45 : 1-9.
- ALKURD A., HAMED T. R., AL-SAYYED H., 2008- Tannin Contents of Selected Plants Used in Jordan. Journal of Jordan Agricultural Sciences, 4: 265 - 274.
- AL-SHAHAT N. A., 1986- Plantes et herbes médicinales. Egypte.
- AMIC D., DAVIDOVIC-AMIC D., BESLO D AND TRINAJSTIC N., 2003- Structure-radical scavengingactivityrelationships of flavonoïds. Journal of CroaticaChemica Acta ccacaa,76 (1) : 55-61.
- ARON P., KENNEDY J., 2008- Flavan-3-ols: nature, occurrence and biological activity. Journal of Molecular Nutrition and Food Research, 52(1):79–104.
- BAI Y., ZANG X., JINSHU MA AND GUANGYU XU., 2016 -Anti-Diabetic Effect of *Portulaca oleracea* L. Polysaccharideandits Mechanism in Diabetic Rats.Journal of Int.J.Mol.Sci.,17(8):1201.
- BAIZE D., AND JABIOL B., 1995- Guide pour la description des sols: techniques et pratiques. INRA. Paris (France), 375 p.
- BARBONI T., 2006- Contribution de méthodes de la chimie analytique à l'amélioration de la qualité de fruits et à la détermination de mécanismes (EGE) et de risques d'incendie. Thèse de doctorat, université de Pascal Paolo (France).
- BECHLEM, 2018- Etude Phytochimique et Biologique deDeux Plantes Médicinales Algériennes.Thèse Présentée en vue de l'obtention du diplôme du Doctorat 3ème cycle, universite des freres mentouri-constantine.
- BELMOKHTAR Z., 2014- Identification et caractérisation des molécules du métabolisme secondaire de *Retama monosperma*. L Boiss, intérêt pharmaceutique, université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf (Algérie).
- BELOUED A, 2009- Plante médicinales d'Algérie. 5ème Ed Masson , Elsevier , Alger :174 .
- BEN AISSI H, 2019- Evaluation des activités biologiques de l'extrait aqueux de *Trigonella foenum-greacum*. Diplôme de Master Académique, universite mohamed boudiaf msila (Algérie), 18-20 p.

- BEN AISSI H., 2019- Evaluation des activités biologique de l'extrait aqueux de Trigonelle foenum-greacum .Mimoire de master , université MOHAMED BOUDIAF MSILA ( ALGÉRIE).53p
- BEN RAHAL N., 2012-Extraction, identification et caractérisation des molécules bioactives de la graine et de l'huile de silybum marianum. Etude de leurs activités antioxydante et antitumorale. Thèse de doctorat en génie des procédés et des produits, université de Lorraine (France).
- BENARD C., GAUTIER H., BOURGAUD F., GRASSELLY D., NAVEZ B., CARIS
- BENIKHLEF KH., 2017- Contribution à l'étude phytochimique et activité biologique des extraits des graines de *Coffea canephora*. Diplôme de Master Académique, université Abou Bekr Belkaid Tlemcen. 23-28 p.
- BHOM M., ROSENKRANZ S., LAUFS U., 2004- Alcohol and red wine : impact on cardiovascular risk. Journal of Nephrol Dial Transplant, 19 : 11-6.
- BLAVY P., 2010- Identification des éléments clefs du métabolisme des lipides et de leurs régulateurs. Thèse de Doctorat, université Rennes 1(France).
- BONICHON, M., 2017- Analyse d'une protéine biomarqueur d'intoxication par des agents neurotoxiques : développement d'immunoabsorbants et de réacteurs enzymatiques, couplés en ligne à la chromatographie liquide et à la spectrométrie de masse. Thèse de Doctorat, université de Pierre et Marie Curie (France).
- BOUKHATEM M.N., HAMAIDI M.S., SAIDI F., 2014-Extraction Composition Et Propriétés Physico-chimiques de L'huile Essentielle du Géranium Rosat (*pelargonium Graveolens L.*) Cultivé Dans (1) (2) Résumé La Plaine De Mitidja (Algérie). Journal of nature et technologie, 2 (2) : 37-45.
- BOUKRI N., 2014- Contribution à l'étude phytochimique des extraits bruts des épices contenus dans le mélange Ras-el-hanout. Mémoire master, universités Kasdi Mer bah-Ouargla (Algérie), 99 p.
- BOUZID K., 2014- Contribution à l'étude des options de valorisation de l'espèce *Arbutusunedo L.* dans l'Ouest Algérien. Thèse de doctorat, université Djilali Liabés (Algérie).
- BRACKE. M., VYNCKE. B., OPDENAKKER. G., FOIDART. J. M., DE PESTEL, G., MAREEL. M., 1991- Effect of catechins and citrus flavonoids on invasion in vitro.Journal of Clin ExpMetastasi, 9 :13-25.
- BRADFORD M.M., 1976- A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram morphology. Journal of Développement in soil Scie, 22 :737-762.
- BRUNETON J., 1933- Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales. 4ème.éd, Paris.
- BURDIN L., 2014- Oligothérapie et parson age intérêt du chrome , du sélénium, du zinc et du cuivre. Thèse de doctorat, universiter TOULOUSE Paule Sabatier (France).142p.

- CHARBONNEAU D., 2014- éléments structuraux essentiels à la thermostabilité de nouvelles enzymes lipolytiques. Thèse de doctorat en biophysique et biologie cellulaires, l'université du québec à trois-rivières. 266 p.
- CHAUDHRY P. S., CABRERA J., JULIANI H. R., VARMA S.D., 1983- Inhibition of human lens aldose reductase by flavonoids, sulindac and indomethacin. *Journal of BiochemPharmacol*, 32 :1995- 1999.
- CONRAD J., VOGLER B., KLAIBER I.; ROOS G., WALTER U., KRAUS W., 1998- Two triterpene esters from *Terminalia macroptera* bark. *Journal of Phytochemistry*, 48: 647 – 650.
- CRONQUISTE A, 1981- An Integrated System of Classification of Flowering Plants. *Journal of Bretagne* 1981, 34 : 268-270.
- CUENDET M., 1999- Recherche de nouveaux composés capteurs de radicaux libres et antioxydants à partir d'une plante d'Indonésie : « *Fagraeablumei* » (*Loganiaceae*) et de trois plantes d'altitude : « *Bartsiaalpina* » (*Scrophulariaceae*), « *Loiseleuriaprocumbens* » (*Ericaceae*) et Camp. Thèse de Doctorat, université de Lausanne (Suisse), 24p.
- DAI J., RUSSELL J., MUMPER A., 2010- Plant phenolic : extraction , analysis and their antioxydante and anticancer properties .*Journal of molecule* , 15: 7313-7352.
- DANGLES O., 2012- Antioxidant Activity of Plant Phenols: Chemical Mechanisms and Biological Significance. *Journal of CurrOrgChem* ,16 : 692-714.
- DESMIER T., 2016- Les antioxydants de nos jours : définition et applications, université de Limoges ( France).
- DI CARLO G., MASCOLO N., IZZO. A. A., CAPASSO F., 1999- Flavonoids : old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Article of Life Sci*, 65 :337-53.
- DIACONO I., 2017- vitamines et éléments minéraux chez les camelides et comparaison avec les autres ruminants. Mémoire en biologie géoscience agroressources et environnement, université Montpellier France, 35 p.
- DJELLOULI F., KROUF D., BOUCHENAK M., 2019\_ *Portulaca oleracea* L. and therapeutic benefits on cardiovascular risk factors. *Journal of NUtr. Santé*, 08 : 20\_26.
- DUBOIS M., GILLES K.A., HAMILTON J.K., PEBERS P. A AND SMITH F., 1956- Colorimetric method for détermination of sugars and related substances. *Journal of Anal. Chem*, 28: 350-356.
- DYKES L., ROONEY LW., 2006- Sorghum and millet phenols and antioxidants. *Journal of cereal Sciences*, 44: 236 - 241.
- EFFENDI L., YAJUN Y., MATTHEOS 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 GINDY A.A., 2017- Chemical, technological and biochemical studies of purslane leaves. *Jouranal of Current Science International*, 06 (03) : 540-551.
- EL KHAYAT ES., IBRAHIM SRM., AZIZ MA., 2008- Portulene, a new diterpene from *Portulaca oleracea* L. *Journal of Asian Natural Products Research*, 1039–1043 .

- EL KOLLI H., LAOUER H., EL KOLLI M., 2017- Chemical composition and biological activities of the essential oils and the methanolic extracts of *bunium incrassatum* and *bunium alpinum* from algeria. *Journal of j. chil. Chem. Soc*, 62 (1) : 3335-3341.
- ENGONG O., CLEMENT L., 2009- Etude Phytochimique Activités Antimicrobiennes et Antioxydantes de Quelques Plantes Aromatiques et Médicinales Africaines. Thèse de doctorat ès Sciences Biologiques Appliquées, université d'Ouagadougou unité de formation et de recherche sciences de la vie et de la terre (Burkina-Faso), 277 p.
- FAO N., 1998- The role of carbohydrates in nutrition. *Carbohydrates in human nutrition*. Roma : 66.
- FARNSWORTH N.R., 1988- Screening of Plants for new medicines national academies Press (US), Chicago.
- FLEURIET A., JAY-ALLEMAND C., MACHEIX J., 2005- Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique : 121-216.
- FLOCH G., 1957- A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of biological chemistry*. 226:497-50.
- FORKNER RE., MARQUIS RJ., LILL JT., 2004- Feeny revisited: condensed tannins as anti-herbivore defences in leaf-chewing herbivore communities of *Quercus*. *Journal of Ecological Entomology*, 29 : 174-187.
- FORTING., 2012- étude bibliographique des phénomènes d'automédication par les plantes et les produits minéraux chez l'animal : Impact de la recherche en zoopharmacognosie .Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Vétérinaire D'Alfort (France).
- GHNIMI W., 2015- Etude phytochimique des extraits de deux Euphorbiacées: *Ricinus communis* et *Jatropha curcas*. Evaluation de leur propriété antioxydante et de leur action inhibitrice sur l'activité sur l'acétylcholinestérase. Thèse docteur de chimie biologie, université de lorraine (France) et université de Carthage (Tunisie).
- GOMES CA., GIRÃO DA CUZ T., ANDRADE JL., MILHAZES N., BORGES F., MARQUES MPM., 2003- Anticancer activity of phenolic acids of natural or synthetic origin : à structure-activity study. *Journal of Med. Chem*, 46 : 5395-5401.
- GRAVOT A., 2008- Introduction au métabolisme secondaire chez les végétaux. Thèse de doctorat, Equipe pédagogique Physiologie Végétale, université de Rennes 1 (France).
- GRENEZ E.P., 2019- Phytothérapie - exemples de pathologies courantes à l'officine : Fatigue, Insomnie, Stress, Constipation, Rhume, Douleur et Inflammation. Thèse de Doctorat en pharmacie, université de Lille (France).
- GROSS D., 1975- Growth regulating substances of plant origin. *Journal of Phytochemistry*, 14 : 2105-2112.
- GRUSZYCKI M., VALENZUELA G., BAEZ M., PEDRO D., LEGUIZA A., GRUSZYCKI D., ANDRES A., 2019- Evaluation de la actividad antioxidante en extractos hidroalcohólicos de *Portulaca oleracea L.* *Journal of Rev Colomb Cienc Quím Farm.*, 48(2) : 425-435.

- 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, université de Oran (Algérie).
- GUILLOUTY A., 2016- Plantes médicinales et antioxydants. Thèse de Doctorat en pharmacie, université Toulouse Paul Sabatier faculte des sciences pharmaceutiques (France).
- GÜLÇİN I., 2006- Antioxydant activity of caffeic acid (3,4-dihydroxycinnamic acid). *Journal of Toxicology*, 217 : 213-220.
- GUNASEKARAN N., ARUMUGAM A, PRASAD N., PERUMAL S., 2014- Effect of hydrothermal processing on total polyphenolics and antioxidant potential of underutilized leafy vegetables, *Boerhaavia diffusa* and *Portulaca oleracea*. *Journal of Asian PAC J Trop Biomed*, 4 : 468-77.
- HADARA M, 2008- Etude de la phytochimie et de l'activité anti-hypertensive de trois (3) plantes et d'une recette utilisée dans le traitement traditionnel de l'hypertension artérielle mali. Thèse de Doctorat en pharmacie, faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto - Stomatologie FMPOS (BAMAKO), 124 p.
- HARBORNE J.B., WILLIAMS C. A., 2000- Advances in flavonoid research since 1992. *Journal of Phytochemistry*, 55: 481-504.
- HARTMANN T., 2007- From waste products to ecochemicals: Fifty years research of plant secondary metabolism. *Journal of Phytochemistry*, 68 : 2831-2846.
- HAVSTEEN B.H., 2002- The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Journal of Pharmacol. Ther*, 96 (2-3) : 67-202.
- HERBILLON M., 2015- Le quinoa : intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques. These de doctorat, université de Rouen (France).
- HERTOG M.G., FESKENS E.J., HOLLMAN P.C., KATAN. M. B., KROMHOUT. D., 1993- Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease : the Zutphen Elderly Study. *Journal of Lancet*, 342 : 1007-1011.
- HWESS H., AYADI R., MAHOUACHI W., REZGUI M., BALTI H., HAMROUNI L., 2017- Notes ethnobotanique et ethnopharmacologique sur *Portulaca oleracea* (L.). *Journal de Phytothérapie* : 1-5.
- INDAP MA, RADHIKA S, MOTIWALE L AND RAO KVK., 2006- Inhibitory effect of cinnamoyl compounds . *Journal Indian of Experimental Biology*, 44 : 216-220.
- JANCUROVA M., MINAROVICOVA L., DANDAR A., 2009- Quinoa—a Review. *Czech. Journal of Food Sci*, 27(2) : 71-79.
- JANG D.S., YANG M.S., HA T. J. and PARK K. H., 1998- Structural analogues of cumambrin B from the flower of *Chrysanthemum boreale*. *Journal of Arch. Pharm. Res*, 21(5): 591-594.
- JIN R., WANG Y., LIU R., GOU J., CHAN Z., 2016- Physiological and metabolite changes of purslane ( *Portulaca oleracea* L.) in response to drought, heat , and combined stresses. *Journal of original research* .

- KADRI K., 2017- Etude phytochimique de quelques plantes. Thèse de doctorat, université Badjimokhtar-Annaba (Algérie).
- KIM D., JEONG S., LEE C., 2003- Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Journal of Food Chemistry*, 81 : 321-326.
- KONKON N G., SIMAGA D., ADJOUNGOVA A., 2006- Etude phytochimique de *Mitragyna inermis* (willd.) o. ktze (rubiacae), plante a feuille antidiabetique. *Journal of Pharm Méd Trad Afr*. 14 : 73-80.
- KOUAME N.M T., SORO K., MANGARA A., DIARRASSOUBA N., KOULIBALY A.V. BORAUD N. K.M 1997- Étude physico-chimique de sept (7) plantes spontanées alimentaires du centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 90 :8450 – 8463.
- KRIEF S., 2003- Métabolites secondaires des plantes et comportement animal : surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Thèse de Doctorat Muséum National D'histoire Naturelle, France.
- LAGUERRE M., BAYRASY C., LECOMTE J., CHABI B., DECKER E.A., WRUTNIAK-CABELLO C., CABELLO G., VILLENEUVE P., 2013- How to boost antioxidants by lipophilization. *Journal of Biochimie*, 95 : 20–26.
- LAROCCA L. M., GIUSTACCHINI M., MAGGIANO N., RANELLETTI F. O., PIANTELLI M., ALCINI E., CAPELLI A., 1994- Growth-inhibitory effect of quercetin and presence of type II estrogen binding sites in primary human transitional cell carcinomas. *Journal of Urol*, 152 :1029-1033.
- LARRY W., MITICH S., 1997- Common Purslane (*Portulaca oleracea*). *Journal of Weed Technology* 1997, 11 : 394-397.
- LEI X, LI J, LIU B, ZHANG N., LIU H., 2015- Separation and Identification of four new Compounds with. *Molecules*. *Journal of Molecules*, (20) :16375-16387.
- IJIMA Y., NAGAI T., MIZUKAMI M., MATSUURA K., OGURA T., WADA H., TOKO H., AKAZAWA H., TAKANO H., NAKAYA H., KOMURO I., 2003- Beating is necessary for transdifferentiation of skeletal muscle-derived cells into cardiomyocytes. *Journal of FASEB*, 17(10):1361-3.
- LIM Y ET QUACH E., 2007-Antioxydant properties of different cultivars of *Portulaca oleracea*. *Journal of Food chem*, 103:734-740.
- LIU L., HOWE P., ZHOU Y.F., XU Z.Q., HOCART C., ZHAN R., 2000- Fatty acids and beta-carotene in australian purslane (*Portulaca oleracea*) varieties. *Journal of JChromatogr A*, 893(1) : 207-13.
- LUGASI A., HOVARI J., SAGI K.V., BIRO L., 2003- The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Journal of Acta. Biologica Szegedensis*, 47 : 119-125.
- MACHEIX J. J., FLEURIET, A., JAY-ALLEMAND C., 2005- Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne (Suisse), 192 p.

- MADI A., 2017- Caractérisation phytochimique et évaluation des activités biologiques de *Cleome arabica*. Thèse de Doctorat en Sciences, université des frères mentouri Constantine 1 (Algérie).
- MAGALI P., 2008- Profil et métabolisme des acides gras dans les tissus de la perche commune *Perca fluviatilis*.L. Thèse de Doctorat, institut National Polytechnique de Lorraine (France).
- MALKI S., 2017- Etude Morphologique, Biochimique, Physiologique et Biologique de quelques populations de *Teucrium polium* L. Capitatum dans l'Est Algérien, université des Frères Mentouri - Constantine 1, Constantine (Algérie).
- MATOU M., 2019- Composition et propriétés biologiques d'extraits de *Phyllanthus amarus* Schumacher & Thonin (1827) utilisé en médecine traditionnelle aux Antilles. Thèse de Doctorat, université des Antilles (Guadeloupe).
- MEDJROUBI K., BENAYACHE F., LEON F. and BERMEJO-BARRERA J., 2003- Complete assignment of the <sup>13</sup>C and <sup>1</sup>H NMR spectra of two known guaianolides isolated from *Centaurea musimomum*. *Revista Colombiana de Química*. *Journal of Revista Colombiana DE Química*, 32(17).
- MERZOUG A., 2014- Cheminement du Sélénium dans l'est Algérien. Thèse pour l'obtention du diplôme de doctorat des sciences en chimie inorganique, université Constantine 1 - Constantine (Algérie), 152 p.
- MILIAUSKAS P., SUTTAJIT M et PONGSAWATMINIT R., 2004- Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some. *Journal of Thai indigenous plants*. *Food Chem*, 100:1409-1418.
- MLLE Y., ROXANE L., 2015- Rôle des strigolactones dans le développement de l'architecture aérienne de la plante en interaction avec les autres hormones végétales. Thèse de Doctorat, d'université paris-Saclay (France). 255 p.
- MOKHTARI S., 2007- Effet protecteur de certaines bactéries lactiques isolées à partir de blé fermenté type Hamoum, université d'Oran (Algérie).
- MOLYNEUX P., 2004- The use of stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Journal of Songklanakarin J. Sci. Technol.* 26 (2) : 211-219 p.
- MUANDA F., 2010- Identification de poly phénol. évaluation de leur activité antioxydante et étude de leur propriété biologique. Thèse de doctorat en chimie générale. Université de Poitiers (France).
- NEVES M., 2006- Synthèse d'alcaloïde biologiquement actifs : la (+)-anatoxine-a et la  $\pm$ -camptothécine. Thèse de doctorat, université JOSEPH FOURIER GRANOBLE I. 195P
- ODILE J ET PASTER C., 2005- Intérêt de la supplémentation en antioxydante dans l'alimentation des carnivores domestiques. Thèse de doctorat, université de TOULOUSE (France). 120p.
- OLIVEIRA A., PATRICIA VALENTÃO B., ROSARIO LOPES B., PAULA B., ANDRADE B., ALBINO BENTO A., PEREIRA A., 2009- Phytochemical characterization and radical



- scavenging activity of *Portulaca oleraceae L.* leaves and stems. Journal of Microchemical, Vol 92 : 129–134.
- PRIETO P., PINEDA M., AGUILAR M., 1999- Spectrophotometric Quantitation of Antioxidant Capacity through the Formation of a Phosphomolybdenum Complex : Specific Application to the Determination of Vitamin E1. Journal of Anal Biochem, Vol 2 : 337-41.
- QUY DIEM DO., ARTIK E., PHUONG L., LIEN H., FELYCIA E., SURYADI I., YI-HSU J., 2014 -Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. Journal of Food Drug Anal, 22(3) :296-302.
- RAO Y K., FANG S.H., HSIEH S.C., YEH T.H., TZENG Y.M., 2009- The constituents of *Anisomeles indica* and their anti-inflammatory activities. Journal of ethnopharmacology, 121(2) : 292-296.
- RAVEN P H., JOHNSON G.B., MASON KA., LOSOS JB., SINGER SR., 2017- Biologie végétale. 3<sup>ème</sup> édition :880 p.
- REYMOND F., 1993- La supplémentation des aliments par des minéraux intérêt nutritionnelle. Thèse de doctorat, université Joseph Fourier (France) .134p
- RIBEREAU-GAYON P., 1968- Les composés phénoliques des végétaux. Dunod. Paris (France) :254p.
- RICHARD J.S., 1992- High Pressure Phase Behaviour of Multicomponent Fluid Mixtures. Amsterdam : Elsevier
- SASSOUI D., 2016- Etude ethnobotanique, phytochimique, histologique et activité antidépressive de *Portulaca oleracea L.* et *Peganum harmala L.* These en vue de l'obtention du diplôme de doctorat, université Badji Mokhtar - Annaba.
- SAVIO S.E., ISSIAKA T., FATOUMATA T., 2020- Activité antioxydante in vitro des extraits des graines de *Hibiscus sabdariffa L.* récoltées dans quatre localités du Mali. Thèse de Doctorat des Technologies, université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako (Mali).
- SERHAN C.N et PATASIS N.A., 2011- Resolvin and protectins in inflammation resolution . 1025-37.
- SELLMYER DE., PIERR KL ., SEBASTIEN UNE., 2001- Tout savoir sur la protéine végétale. Journal AMIRICAN of clinical nutrition, 73 : 118-22.
- SIMOPOULOS A., TAU D., MANCHESTER L et REITER 2005- Purslane: A plante source of oméga 3 and mélatonine. Journal of J Pineal, 39: 331-322.
- SINGLETON V.L., ROSSI J.A., 1965- Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Journal of Am. J. Enol. Vitic, 3 : 144-158.
- SMALL E., CATLING P.M., 2000- Les cultures médicinales Canadiennes. Canada :240p.
- SPERTE M., 2016- vitamines et oligoéléments : manifestations buccales des déficits et implications thérapeutiques en chirurgie dentaire. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en chirurgie dentaire, université Toulouse Paul Sabatier faculté de chirurgie dentaire, 100 p.

- SZENT-GYORGYI A., 1937- Methoden zur Herstellung von citrin. *Journal of Physiol Chem*, 255 :126-131.
- TOUITOU Y., 2005- Biochimie : structure des glucides et lipides. Thèse de Doctorat, université de Pierre et Marie Curie (France).
- TRAUTWEIN E.A., 2001-n-3 Fatty acids – physiological and technical aspects for their use in food-EUR. *Journal of J. Lipid Sci. Technol*, 103 : 45–55.
- TYLER E., 1993- The honest herbal: a sensible guide to the use of herbs and related remedies .pharmaceutical products press , 3ed, Bingmaton .375 p.
- VERMERRIS W., 2006- Phenolic compound biochemistry, Florida:144-147.
- VIJAYA LAKSHMI N., NAGA MANASA CH., JASWANTHI P., AVINASH PSK., TAHSEEN S., ROSEMARY P., 2018- Review on phytochemistry and pharmacological activities of *Portulaca oleracea*. *Journal of WJPPS*, 7(3) : 271-83.
- WOLLGAST J., ANKLAM E., 2000- Review on polyphenols in Theobroma cacao: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Journal of Food Research International*, 33 : 423-447.
- WOLLNY T, AIELLO L, DI TOMMASO D, BELLAVIA V, ROTILIO D, DONATI MB, DE GAETANO G AND IACOVIELLO L., 1999- Modulation of haemostatic function and prevention of experimental thrombosis by red wine in rats : a role for increased nitric oxide. *Journal of Pharmacol*, 127(3) :747-55.
- YILMAZ Y., TOLEDO R. T., 2004- Major flavonoids in grape seeds and skins: antioxidant capacity of catechin, epicatechin and gallic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 255–260.
- ZENK M.H., JUNGER M., 2007- Evolution and status of the phytochemistry nitrogenous compounds. *Journal of phytochemistry* , 68(22): 2757-2772.

### Webographie

- ALVES L. et XAVIER M., 2002- Les Céréales cours de Bromatologie. Lyon Ecole nationale vétérinaire. En ligne : [http://www.vet.lyon.fr/ens/nut/web\\_Bromato/cours/cm\\_grain/preseces.html](http://www.vet.lyon.fr/ens/nut/web_Bromato/cours/cm_grain/preseces.html).
- ANONYME., 2019- Les protéines | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, (s.d.). Récupéré sur [https://www.anses.fr/fr/content/les-prot%C3%A9ines?fbclid=IwAR0c1IakAVk1AJ0Qm-khxHxoWZJ34p22s-u1\\_fSGOVLmifhbV2libeakRr8](https://www.anses.fr/fr/content/les-prot%C3%A9ines?fbclid=IwAR0c1IakAVk1AJ0Qm-khxHxoWZJ34p22s-u1_fSGOVLmifhbV2libeakRr8).
- LAPLACE M., 2015- Quelle est la différence entre protéines végétales et animales Récupéré sur <https://www.bioalaune.com/fr/actualite-bio/31306/quelle-difference-entre-proteines-vegetales->

## Liste des références bibliographiques

---

[animales?fbclid=IwAR3EOIEV1BJ0TUHWLb99nmuY-z5P-6Guhn2MrObVYiGRI\\_c0XXrBXiSEQW8.](#)

ZUBIRIA L., 2014-. Lipides : tout sur le métabolisme lipidique. Passe port Santé. Nutriments.<https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/PalmaresNutriments/Fiche.aspx?doc=lipides>.

BELSINGER S, 2015- Fine gardening. <https://www.finegardening.com/article/purslane-portulaca-oleracea>.

YOUDIM A., 2019- Glucide, proteine, lipide. <https://www.msmanuals.com/fr/accueil/troubles-de-la-nutrition/pr%C3%A9sentation-de-la-nutrition/glucides-prot%C3%A9ines-et-lipides#:~:text=Les%20glucides>.

---

---

## **Annexes**

---

---

## Annexe 1

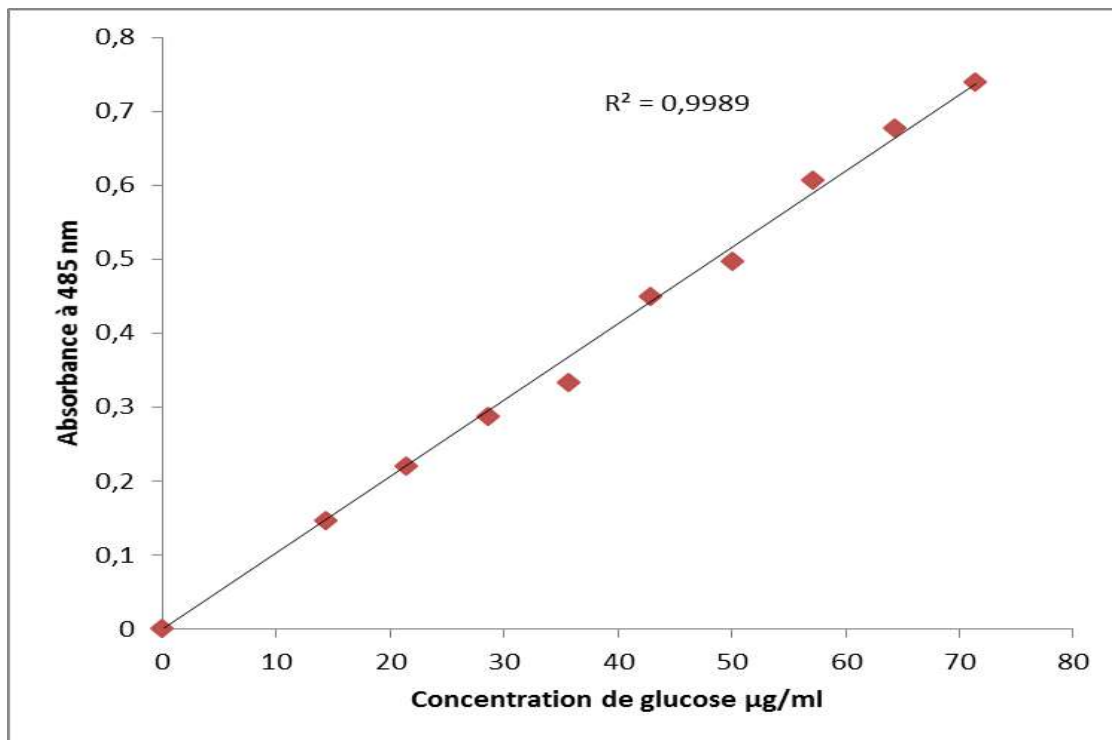


**Figure 01:** Graines des trois provenances de *P. oleracea* (BOUHALA et BOUMEHRES, 2021)

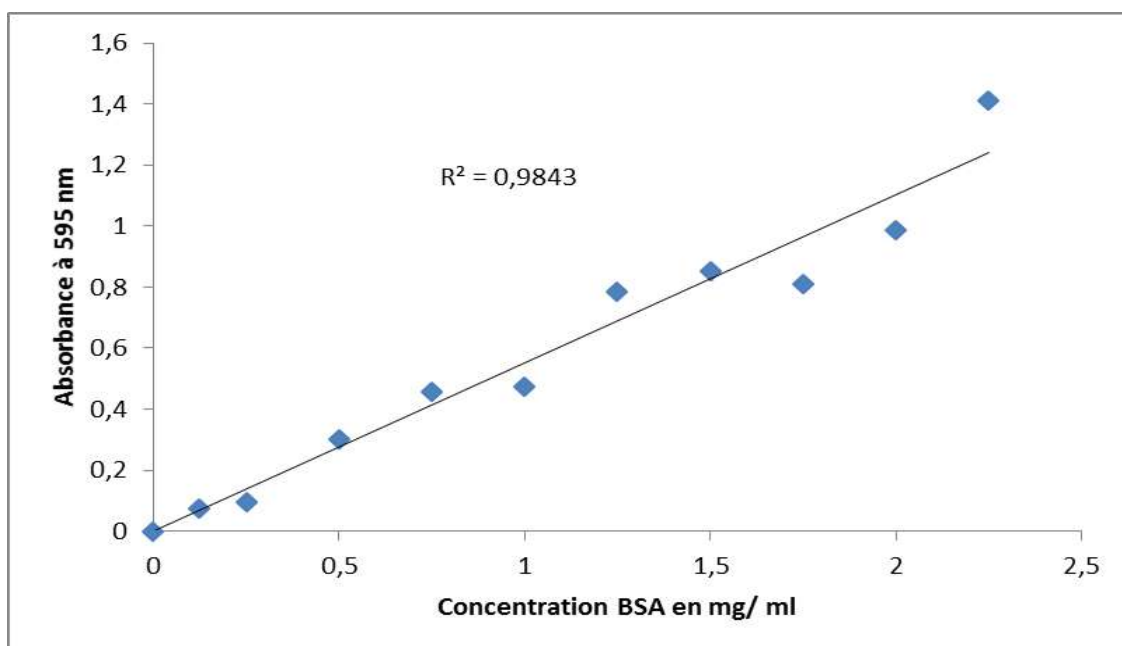


**Figure 02 :** Etapes d'extraction des graines de *P. oleracea* par méthode de décoction  
(BOUHALA et BOUMEHRASE, 2021)

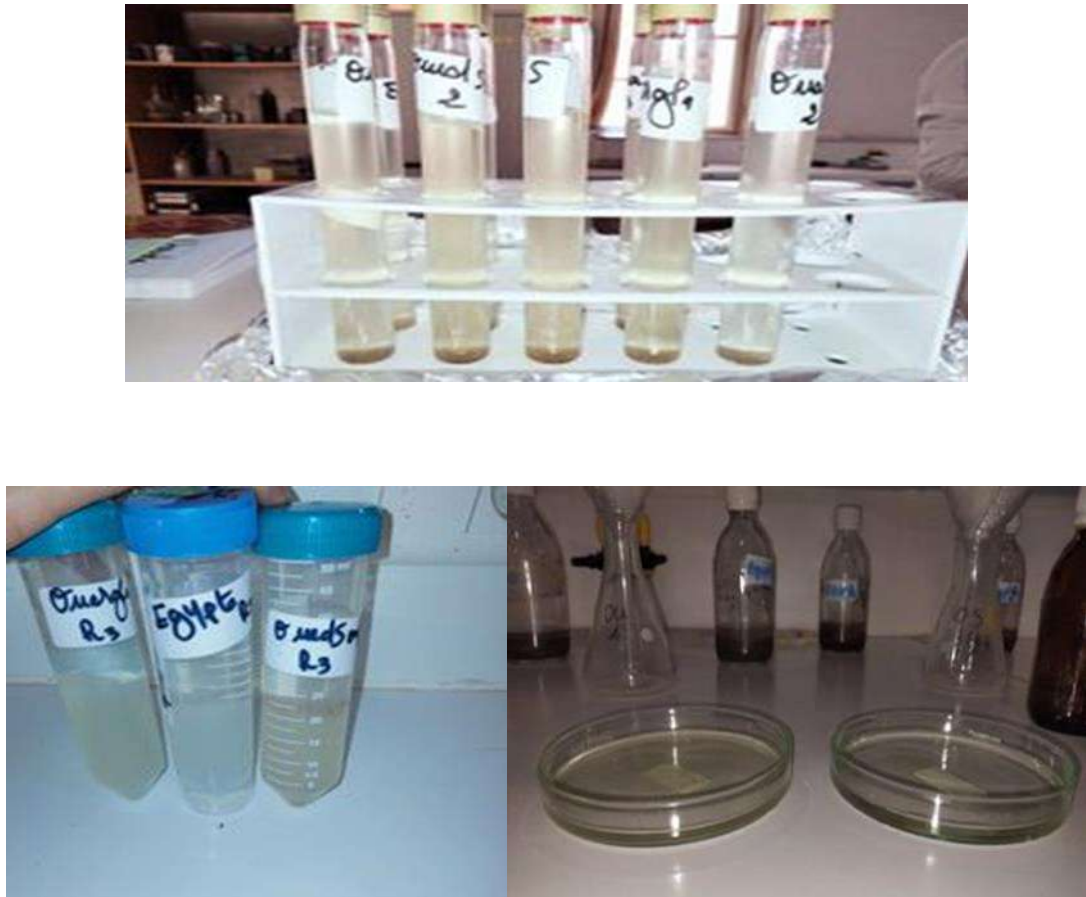
**Annexe 2**



**Figure 03 :** Courbe d'étalonnage des sucres solubles totaux



**Figure 04 :** Courbe d'étalonnage des protéines



**Figure 05 :** Différentes étapes de dosage des lipides (BOUHALA et BOUMEHRES, 2021)

## Annexe 3

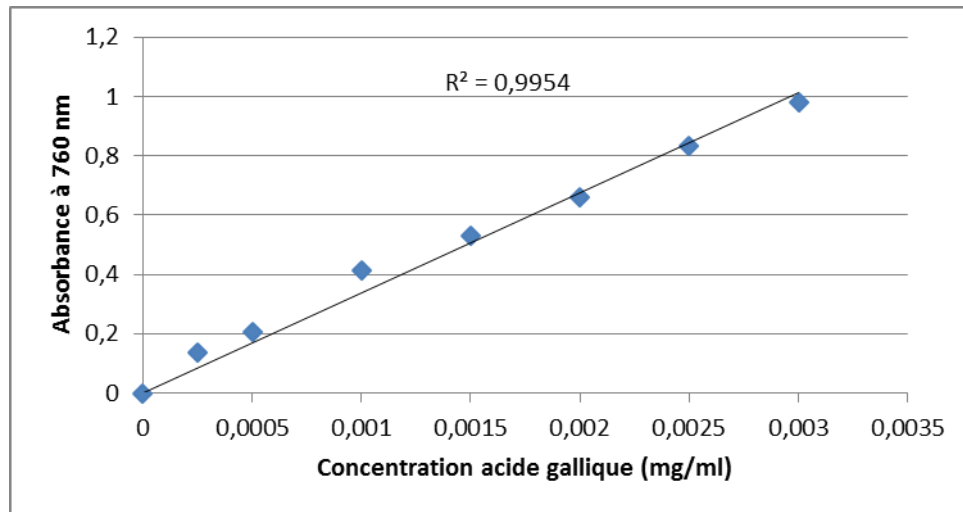


Figure 06: Courbe étalonnage des polyphénols totaux (BOUHALA et BOUMEHRES, 2021)

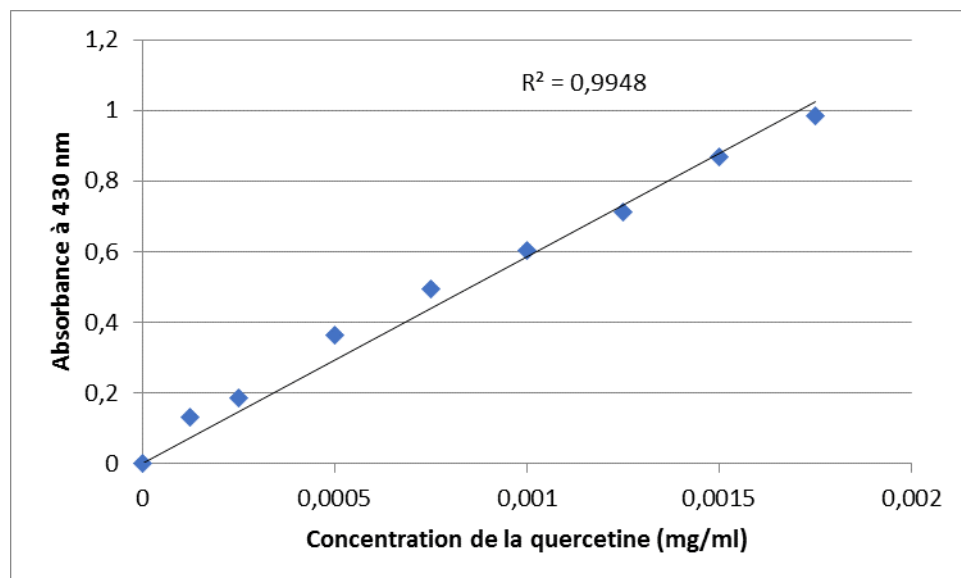


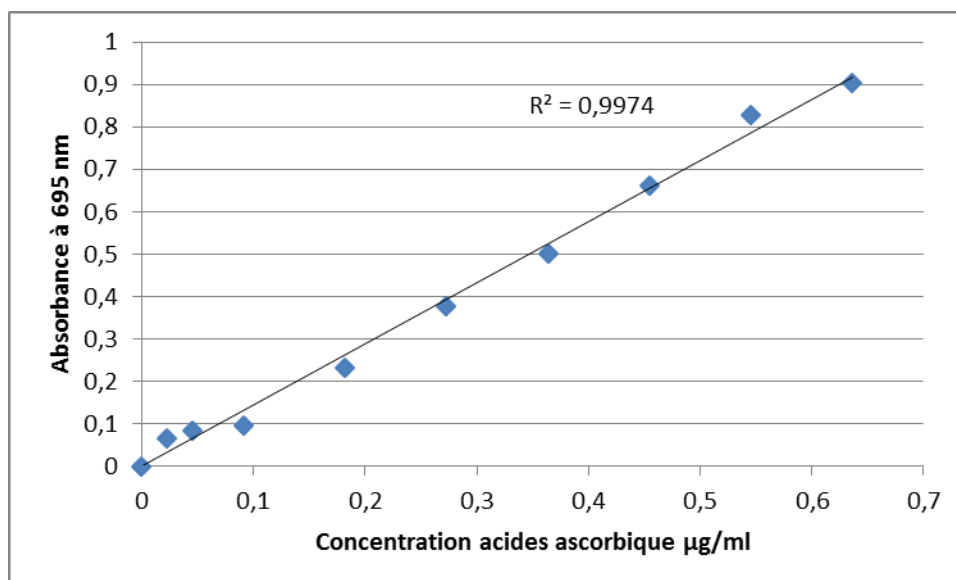
Figure 07 : Courbe étalonnage des flavonoïdes (BOUHALA et BOUMEHRES, 2021)



## Annexe 4



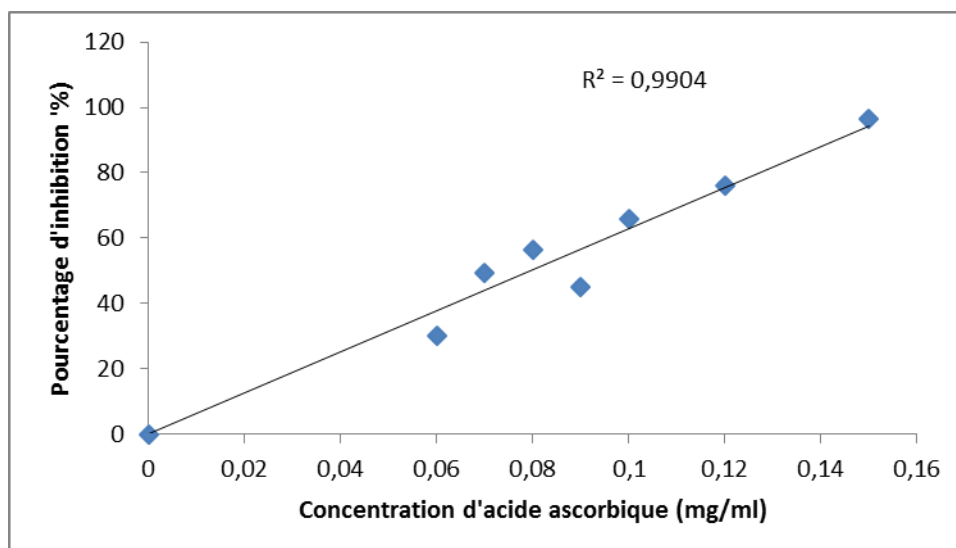
**Figure 08 :** Test de phosphomolybdate (BOUHALA et BOUMEHRES, 2021)



**Figure 09:** Courbe étalonnage de test de phosphomolybdate(BOUHALA et BOUMEHRES, 2021)



**Figure 10 :** Test de DPPH (BOUHALA et BOUMEHRES, 2021)



**Figure 11 :** Courbe étalonnage de teste de DPPH (BOUHALA et BOUMEHRES, 2021)