

**République Algérienne Démocratique Et Populaire**  
**Ministère De l'Enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique**  
**Université Mohamed Boudiaf - M'sila**

Faculté des Sciences

Département de Microbiologie et de Biochimie

N° : .....



Domaine : Sciences de nature et de la vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie appliquée

**Mémoire présenté pour l'obtention**  
**Du diplôme de Master Académique**

**Par :**

KHELIFI Nor elhouda

MAACHE Nora

**Intitulé**

**Pouvoir antioxydant des extraits d'*Avena sativa* L.**

**Soutenu devant le jury composé de :**

Dr. KHERBACHE Abdallah	Université de M'sila	Rapporteur
Dr. SELLOUM Mounir	Université de M'sila	Président
Dr. HARRAR Abdenassar	Université de M'sila	Examineur

**Année universitaire : 2020 /2021**

## Remerciement

En premier lieu, on remercie "**ALLAH**" le tout puissant de nous avoir la santé, la force, le courage et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.

Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter nos profondes gratitudee et nos sincères remerciements à notre encadreur **Mr. KHERBACHE Abdallah**, on vous remercie pour tous vos efforts, vos conseils avisés, ainsi que pour l'œil critique et bienveillant qui nous a permis de réaliser ce travail, c'était un honneur d'avoir en à travailler avec vous.

Grand et respectueux remerciement va aux **Mr. SELLOUM Mounir** et **Mr. HARRAR Abdenassar** qui ont accepté d'être le jury de notre mémoire et d'examiner ce travail et consacré de leur temps pour son évaluation.

Un remerciement particulier aux ingénieurs et techniciens du laboratoire pédagogique de biochimie appliqué pour leur serviabilité et leur contribution à l'accomplissement de ce travail.

Sans oublier d'exprimer nos vifs remerciements et toute notre gratitude à tous nos enseignants de la Faculté des Sciences et particulièrement de spécialité biochimie qui ont contribué à notre formation pendant cinq ans.

## Dédicace

Grace à dieu tout puissant, je dédie ce modeste travail à chaque personne aide moi par n'importe quelle chose, à tous ceux qui m'ont aimé ou m'ont souhaité le bonheur, et plus particulièrement :

À mes très chers parents qui m'ont tout donné sans rien en retour, Tout l'encre du monde ne pourrait suffire pour exprimer mes sentiments envers un être très cher.

### ♡ **Ma très chère honorable mère** ♡

La lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; **maman** que je t'adore.

### ♡ **Mon très chère père** ♡

À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde papa

J'implore Dieu le tout puissant, de vous accorder une bonne santé, beaucoup de bonheur, une longue vie et vous bénisse pour moi. Je vous aime énormément.

### ♡ **À mes chères sœurs et frères** ♡

Sans eux, je ne pourrais pas être qui je suis, en reconnaissance de leurs efforts, de leur amour et de leurs encouragements tout au long de mes études.

### ♡ **À, particulièrement B. Haroun** ♡

Un énorme MERCI pour vous, pour tout l'encouragement, le respect, et le soutien, que tu m'as offert.

Finalement je dédie ce travail à mes amis, mes collègues, mon binôme **Nora** et à toute sa famille. Merci.

*Nour*

## Dédicace

Avant tout, merci à **ALLAH** le tout puissant de m'avoir accordée la force, la santé et les moyens de pouvoir accomplir ce modeste travail :

Je dédie ce mémoire

### ♡A mon très chère père♡

Mon héros, l'homme de ma vie qui s'est toujours sacrifié pour m'aider et m'encourager à avancer dans la vie, ma source d'amour et de force, merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de vous. Puisse **ALLAH**, le tout puissant, te préserver pour moi et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

### ♡A ma très chère mère♡

Maman que j'adore, la lumière de mes jours, la source de mes efforts, aucune dédicace ne saurait exprimer ce que tu mérites pour tous les inestimables sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver pour moi et t'accorder santé, longue vie et bonheur

### ♡A mes très chères frères et sœurs♡

Qui m'ont fourni du courage, du soutien, et tous leurs efforts et moyens pour que je termine mes études

### ♡A tous mes amis♡

Et tous ceux qui m'ont témoigné leur affectation et leur soutien durant ces longues années

### ♡A tous mes professeurs♡

De la primaire jusqu'à l'université pour m'avoir fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études

A toute ma famille de côté père et mère

A mon cher binôme et toute sa famille

*Il est une autre richesse que  
celle de l'or ou d'argent  
c'est l'amour de sa famille et de ces amis*

*Nora*

## Résumé

L'objectif de cette étude est l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux (E. Aq) et méthanolique (E. Met) des graines d'*Avena sativa*. Les extraits ont été analysés pour leur teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes en utilisant la méthode de Folin-Ciocalteu et de trichlorure d'aluminium respectivement. Les résultats montrent la richesse de l'E. Met en polyphénols ( $24.05 \pm 1.73 \mu\text{g EAG} / \text{mg d'extract}$ ) par rapport à l'E. Aq qui est le plus riche en flavonoïdes ( $0.52 \pm 0.2 \mu\text{g EQ} / \text{mg d'extract}$ ). L'activité antioxydante des deux extraits a été évaluée *in vitro* par le test du radical DPPH et de la capacité antioxydante totale (TAC). Les résultats montrent que l'E. Met et l'E.Aq possèdent une forte activité anti-radicalaire vis-à-vis du radical DPPH avec des  $\text{IC}_{50}$  de  $549.88 \pm 12.00 \mu\text{g/ml}$  et  $1093.48 \pm 54.58 \mu\text{g/ml}$  respectivement. De même, une bonne capacité antioxydante a été obtenue par les deux extraits ( $45.06 \pm 1.87 \mu\text{g EAA/mg d'E. Met}$  et  $109.65 \pm 4.75 \mu\text{g EAA/mg d'E.Aq}$ ). En conclusion, les résultats obtenus montrent que l'*A.sativa* possède un potentiel prometteur antioxydant et constitue une source importante pour identifier des substances bioactives, mettent en évidence que nos extraits peuvent offrir « une valeur ajoutée » dans plusieurs secteurs tels que les aliments fonctionnels et les nutraceutiques pour les valoriser.

**Mots clés :** *Avena sativa*, stress oxydatif, antioxydant, polyphénols.

## ملخص

تهدف هذه الدراسة الى تقدير النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصين المائي والميثانولي المتحصل عليهما من بذور *Avena sativa*. تم تحليل المستخلصان لمعرفة محتوئهما من عديدات الفينول و الفلافونويدات باستعمال طريقة Folin-Ciocalteu و  $AlCl_3$  على التوالي. اظهرت النتائج ان المستخلص الميثانولي يحتوي على أكبر كمية من مركبات عديدات الفينول ( $24.05 \pm 1.73$  ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك/مغ مستخلص) في حين ان المستخلص المائي يحتوي على كمية أكبر من الفلافونويدات ( $0.52 \pm 0.2$  ميكروغرام مكافئ كيرسيتين/مغ مستخلص). تم تقدير النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصين باستعمال كل من اختبار جذر DPPH والقدرة المضادة للأكسدة TAC. أظهرت النتائج ان المستخلصان الميثانولي و المائي يمتلكان نشاط قوي لإزاحة جذر DPPH بقيمة  $IC_{50}$  تقدر بـ  $12.00 \pm 549.88$  ميكروغرام/مل و  $54.58 \pm 1093.48$  ميكروغرام/مل على الترتيب. بالإضافة الى ذلك بينت النتائج ان المستخلصان يمتلكان قدرة جيدة مضادة للأكسدة مقدرة بـ  $1.87 \pm 45.06$  ميكروغرام من حمض الأسكوربيك/مغ من المستخلص الميثانولي و  $4.75 \pm 109.65$  ميكروغرام من حمض الأسكوربيك/مغ من المستخلص المائي على التوالي. في الختام، تظهر النتائج المتحصل عليها أن *A.sativa* تمتلك قدرة مضادة للأكسدة مما يجعلها مصدرا هاما لهذه المركبات التي بإمكانها ان توفر "قيمة مضافة" لتعزيز العديد من القطاعات مثل الأطعمة الوظيفية والمغذيات.

**الكلمات المفتاحية:** *Avena sativa*, الاجهاد التأكسدي، مضادات الاكسدة، عديدات الفينول.

## Abstract

The aim of this study is to evaluate the antioxidant activity of aqueous (E. Aq) and methanolic (E. Met) extracts obtained from *Avena sativa* seeds. The extracts were analysed for their total polyphenols and flavonoids contents using the Folin-Ciocalteu and aluminum trichloride methods respectively. The results showed that the Met.E is rich in polyphenols ( $24.05 \pm 1.73 \mu\text{g EGA} / \text{mg}$  of extract) compared to Aq.E which is richer in flavonoids ( $0.52 \pm 0.2 \mu\text{g EQ} / \text{mg}$  of extract). The antioxidant activity of the two extracts was evaluated *in vitro* using DPPH radical and total antioxidant capacity tests. The results showed that the Met.E and Aq.E exhibited a good scavenging activity against DPPH radicals with  $\text{IC}_{50}$  values of  $549.88 \pm 12.00 \mu\text{g} / \text{ml}$  and  $1093.48 \pm 54.58 \mu\text{g} / \text{ml}$  respectively. In addition, the Met.E and the Aq.E possess an important antioxidant capacity ( $45.06 \pm 1.87 \mu\text{g}$  equivalent of ascorbic acid / mg of Met.E, and  $109.65 \pm 4.75 \mu\text{g}$  equivalent of ascorbic acid / mg of the Aq.E). In conclusion, the results obtained show that *A. sativa* has a promising antioxidant potential and constitutes an important source for identifying bioactive substances, revealing that our extracts can provide "added value" to enhance several sectors such as functional foods and nutraceuticals.

**Keywords :** *Avena sativa*, oxidative stress, antioxidant, polyphenols.

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**ADN** : Acide désoxyribonucléique

**AGPI** : Acides gras polyinsaturés

**BHT** : Hydroxytoluène butylé

**CAT** : Catalase

**DPPH** : 2,2'-diphényle-1-picryl hydroxyle

**E.Aq** : Extrait aqueux

**E.Met** : Extrait méthanolique

**ERO** : Espèces réactives oxygénées

**GPx** : Glutathion peroxydase

**GSH** : Glutathion réduit

**GSSG** : Glutathion oxydé

**NADPH** : Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate réduit

**RLs** : Radicaux libres

**ERO** : Espèces réactives de l'oxygène

**ERN** : Espèces réactives d'azote

**TAC** : Capacité antioxydante totale

**OMS** : Organisation mondiale de la santé

**UV** : Ultra-violet

**Trx** : Thioridoxine peroxydases

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Formation d'un radical libre .....	3
<b>Figure 2.</b> Sources de radicaux libres et leurs effets sur le corps humain. ....	4
<b>Figure 3.</b> Différentes sources d'antioxydants dont dispose l'organisme pour répondre aux situations de stress oxydant. ....	8
<b>Figure 4.</b> <i>Avena sativa L.</i> ....	11
<b>Figure 5.</b> Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	16
<b>Figure 6.</b> Courbe d'étalonnage de la quercétine.....	16
<b>Figure 7.</b> Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique.....	18
<b>Figure 8.</b> Activité antiradicalaire de l'extrait méthanolique (E. Met) et de l'extrait aqueux (E. Aq) des grains d' <i>Avena sativa</i> et de l'antioxydant de référence (BHT) vis-à-vis du radical DPPH.....	20

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Exemples des espèces réactives d'oxygène et d'azote.....	5
<b>Tableau 2.</b> Principales affections liées au stress oxydant. ....	6
<b>Tableau 3.</b> Valeur nutritionnelle pour 100 g d' <i>Avena sativa</i> .....	10
<b>Tableau 4.</b> Teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes des extraits aqueux et méthanolique d' <i>A. sativa</i> . ....	19
<b>Tableau 5.</b> Valeurs des IC50, EC50 et PAR des extraits d' <i>Avena sativa</i> et du BHT. ....	21
<b>Tableau 6.</b> Capacité antioxydante total des extraits aqueux et méthanolique d' <i>A. sativa</i> . ....	21

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
--------------------------	----------

## **PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

<b>I. STRESS OXYDATIF .....</b>	<b>2</b>
---------------------------------	----------

I.1. Définition.....	2
----------------------	---

I.2. Radicaux libres .....	2
----------------------------	---

I.2.1. Définition .....	2
-------------------------	---

I.2.2. Sources des radicaux libres .....	2
--	---

I.2.3. Types des radicaux libres .....	4
--	---

I.3. Dommages induits par le stress oxydatif.....	5
---	---

I.3.1. Oxydation de l'ADN .....	5
---------------------------------	---

I.3.2. Oxydation des protéines.....	5
-------------------------------------	---

I.3.3. Oxydation des lipides.....	6
-----------------------------------	---

I.4. Maladies liées au stress oxydant.....	6
--	---

<b>II. ANTIOXYDANTS .....</b>	<b>7</b>
-------------------------------	----------

II.1. Antioxydants enzymatiques .....	7
---------------------------------------	---

II.1.1. Superoxyde dismutase (SOD) .....	7
--	---

II.1.2. Catalase (CAT) .....	7
------------------------------	---

II.1.3. Système Glutathion peroxydase / Glutathion réductase (GPx/GR).....	8
--	---

II.1.4. Thioridoxine peroxydases (Trx) .....	8
--	---

II.2. Antioxydants non enzymatiques .....	9
---	---

II.2.1. Les polyphénols .....	9
-------------------------------	---

<b>III. LA PLANTE AVENA SATIVA L .....</b>	<b>9</b>
--	----------

III.1. Propriété botanique .....	9
----------------------------------	---

III.1.1. Généralité .....	9
---------------------------	---

III.1.2. Aspect botanique .....	10
---------------------------------	----

III.1.3. Classification .....	11
-------------------------------	----

III.2. Etude phytochimique .....	12
----------------------------------	----

III.3. Usage traditionnel .....	12
---------------------------------	----

III.4. Propriétés biologiques.....	13
------------------------------------	----

## PARTIE EXPERIMENTALE

<b>MATERIELS ET METHODES</b> .....	<b>14</b>
<b>I. Matériel</b> .....	<b>14</b>
I.1. Matériel Végétal .....	<b>14</b>
I.2. Produits et réactifs .....	<b>14</b>
<b>II. Méthodes</b> .....	<b>14</b>
II.1. Préparation de l'extrait aqueux .....	<b>14</b>
II.2. Préparation de l'extrait méthanolique .....	<b>14</b>
II.3. Dosage des polyphénols totaux .....	<b>15</b>
II.4. Dosage des flavonoïdes .....	<b>15</b>
II.5. Activité antioxydante des extraits d' <i>A. sativa</i> .....	<b>17</b>
II.5.1. Effet piègeur du radical libre DPPH•.....	<b>17</b>
II.5.2. Capacité antioxydante totale (TAC) .....	<b>17</b>
II.6. Analyses statistiques .....	<b>18</b>
<b>RESULTATS ET DISCUSSION</b> .....	<b>19</b>
<b>I. RESULTATS</b> .....	<b>19</b>
I.1. Préparation des extraits d' <i>Avena sativa</i> L .....	<b>19</b>
I.2. Dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes .....	<b>19</b>
I.3. Activité antioxydante des extraits d' <i>Avena sativa</i> .....	<b>20</b>
<b>II. DISCUSSION</b> .....	<b>22</b>
II.1. Préparation des extraits d' <i>Avena sativa</i> .....	<b>22</b>
II.2. Dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes .....	<b>23</b>
II.3. Activité antioxydante .....	<b>24</b>
II.3.1. Activité anti-radicalaire .....	<b>24</b>
II.3.2. Capacité antioxydante totale .....	<b>25</b>
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b> .....	<b>27</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>28</b>

# INTRODUCTION

### INTRODUCTION

Le stress oxydatif est un déséquilibre dû à une production accrue d'espèces réactives de l'oxygène et à une diminution des défenses antioxydantes responsable de plusieurs pathologies. Il est connu que les espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les espèces réactives d'azote (ERN) peuvent être à la fois bénéfiques et nuisibles dans les systèmes biologiques. Les effets bénéfiques d'ERO sont évidents dans leur rôle physiologique dans de nombreuses réponses cellulaires. En revanche, à des concentrations élevées, les ERO peuvent engendrer des dommages importants dans la structure et le métabolisme cellulaire en dégradant de nombreuses cibles : protéines, lipides et acides nucléiques.

Les céréales sont un groupe de plantes cultivées appartenant, à la famille des poacées dont les graines présentent par leur abondance et leur composition un pouvoir nutritionnel important et un intérêt majeur pour l'alimentation de l'homme et des animaux. *Avena sativa* est une plante annuelle cultivée comme céréale et c'est la culture la plus importante, car elle est riche en substances bioactives. Dans ce contexte s'inscrit le présent travail de recherche dont l'objectif essentiel consiste à évaluer l'activité antioxydante des extraits des graines d'*A. sativa*.

Les objectifs de la présente étude sont :

- Préparation des extraits aqueux et méthanolique des graines d'*A. sativa*.
- Détermination de la teneur en polyphénols et en flavonoïdes des deux extraits étudiés.
- Evaluation de l'activité antioxydante des extraits *in vitro* par les tests de DPPH et de TAC.

**PARTIE**

**BIBLIOGRAPHIQUE**



## I. Stress oxydatif

### I.1. Définition

Le stress oxydant ou stress oxydatif, est défini comme un déséquilibre entre la production des espèces réactives de l'oxygène dans les cellules et les tissus et la capacité de l'organisme à neutraliser ces produits réactifs par le système biologique antioxydant. Ce déséquilibre conduit potentiellement à des dégâts structuraux et fonctionnels (Bensakhria, 2018). La production des ERO est équilibrée par les antioxydants de l'organisme dans les conditions normales (Bouyahya *et al.*, 2018). En effet, lorsqu'elles sont produites en excès et ne sont pas étroitement contrôlées par les systèmes de défense, les ERO peuvent entraîner des dommages cellulaires et éventuellement la mort cellulaire (Bhatt *et al.*, 2020).

### I.2. Radicaux libres

#### I.2.1. Définition

Les radicaux libres (RLs) sont des espèces chimiques (atomes, molécules ou ions) possédant un ou plusieurs électrons non appariés (célibataires) dans leurs orbitales externes (**figure1**) et présentent généralement une réactivité remarquable (Di Meo et Venditti, 2020). Ils peuvent accepter un électron ou le donner à d'autres molécules, et donc agir comme oxydants ou réducteurs (Jamshidi-Kia *et al.*, 2020). L'ensemble des RLs et de leurs précurseurs est souvent appelé : espèces réactives de l'oxygène ERO (Merouan *et al.*, 2014).

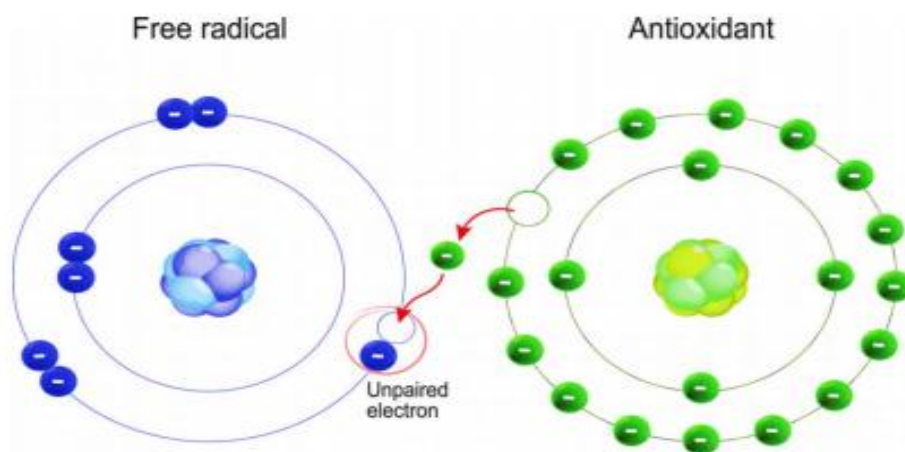
Les RLs jouent un rôle essentiel dans plusieurs processus biologiques. Beaucoup d'entre elles sont nécessaires à la vie, comme la destruction intracellulaire des bactéries. Les chercheurs pensent que les RLs sont également impliqués dans certains processus de signalisation cellulaire. En quantités faibles à modérées, les ERO sont bénéfiques tant pour la régulation des processus impliquant le maintien de l'homéostasie que pour une grande variété de fonctions cellulaires (Sharifi-rad *et al.*, 2020).

#### I.2.2. Sources des radicaux libres

Les RLs sont construits par des activités physiologiques naturelles dans les cellules humaines ainsi que dans l'environnement (**figure 2**).

✓ **Sources internes :**

Il peut s'agir des réactions enzymatiques, qui servent de source des RLs. La principale source des RLs, pendant le métabolisme énergétique cellulaire, est la chaîne respiratoire. Les mitochondries ont été identifiées comme responsables de l'initiation de la plupart des réactions des radicaux libres se produisant dans les cellules (Sharifi-rad *et al.*, 2020). Il y a également d'autres sources cellulaires des RLs telles que l'enzyme xanthine oxydase, le cytochrome P450, les peroxysomes, voies arachidonates (les lipo-oxygénases et les cyclo-oxygénases), les microsomes et les macrophages au cours de l'inflammation (Milkovic *et al.*, 2019).



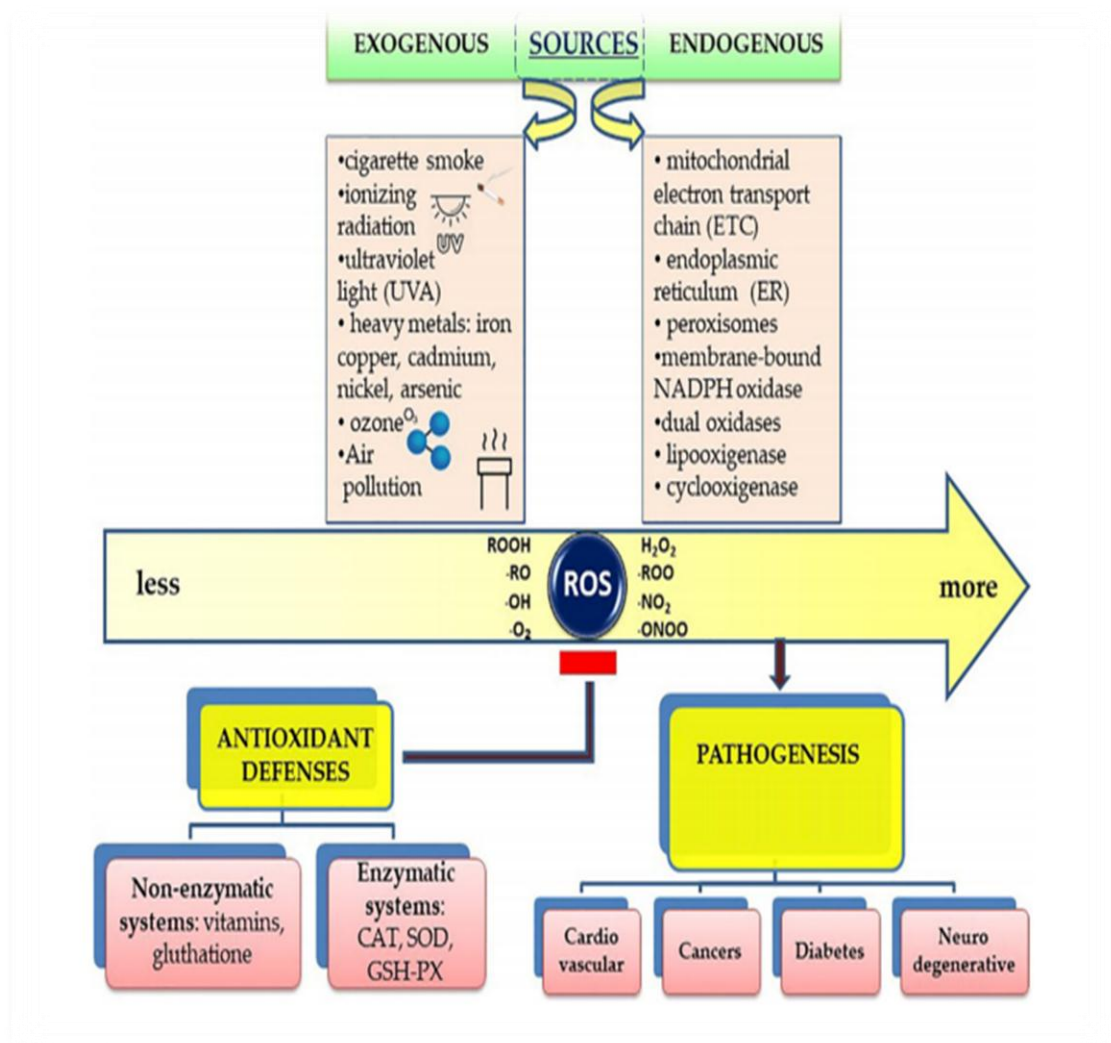
**Figure 1.** Formation d'un radical libre (Jamshidi-Kia *et al.*, 2020).

✓ **Sources externes :**

Il s'agit notamment des réactions non enzymatiques de l'oxygène aux composés organiques. Plusieurs facteurs environnementaux peuvent être impliqués dans la production des espèces réactives tels que l'exposition aux rayons ultraviolets (UV), rayons X et rayons gamma, des radiations, la fumée de cigarette, l'alcool, la pollution, certains médicaments et pesticides de solvant industriel et l'ozone (Pizzino *et al.*, 2017).

✓ **Facteurs physiologiques :**

L'état mental comme le stress, les émotions et les maladies sont également responsables de la formation de RLs (Omadanizi *et al.*, 2017).



**Figure 2.** Sources de radicaux libres et leurs effets sur le corps humain (Sharifi-rad *et al.*, 2020).

### I.2.3. Types des radicaux libres

Il existe deux types de RLs en biologie : les radicaux dérivés de l'oxygène, également appelés espèces réactives de l'oxygène (ERO), et les radicaux à base d'azote, également appelés espèces réactives de l'azote (ERN) (**tableau 1**). Ces espèces réactives sont nécessaires à un certain niveau du corps pour exécuter des fonctions physiologiques importantes (Ramos-Tovar et Muriel, 2020).

### I.3. Dommages induits par le stress oxydatif

La production excessive des espèces réactives d'oxygène provoque des lésions directes de molécules biologiques (oxydation de l'ADN, des protéines et des lipides).

**Tableau 1.** Exemples des espèces réactives d'oxygène et d'azote (Sandoval-Vargas *et al.*, 2021).

Espèces réactives de l'oxygène	Espèces réactives de l'azote
Anion superoxyde ( $O_2^{\cdot-}$ )	Oxyde nitrique ( $NO^{\cdot}$ )
Radical hydroxyle ( $OH^{\cdot}$ )	Dioxyde nitrique ( $NO_2^{\cdot}$ )
Peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ )	Peroxynitrite ( $ONOO^{\cdot}$ )

#### I.3.1. Oxydation de l'ADN

Bien que l'ADN soit la mémoire de toute composition biochimique des êtres vivants, il s'agit d'une molécule très sensible à l'attaque des espèces réactives d'oxygène. Les espèces réactives, en particulier les radicaux hydroxyles ( $OH^{\cdot}$ ), peuvent causer des dommages oxydatifs à l'ADN, qui inclut des modifications de bases, des cassures de brins et des enchainements croisés protéines-ADN. Ces modifications peuvent conduire à des mutations génétiques affectant les oncogènes et les gènes suppresseurs des tumeurs (Luo *et al.*, 2020). Parmi les quatre bases nucléotidiques de l'ADN, la guanine est la plus sensible aux attaques radicalaires du radical hydroxyle, en engendrant la 8-hydroxyguanine (8-OHG), un produit considéré comme un biomarqueur du dommage oxydatif de l'ADN (Barnes, 2020).

#### I.3.2. Oxydation des protéines

Les protéines sont également des cibles importantes pour les ERO. Les dommages oxydatifs protéiques ciblent potentiellement les acides aminés contenant du soufre, en particulier la cystéine et la méthionine, et aromatiques à cause de leur sensibilité à ces attaques due à l'abondance de groupements sulfhydryles (SH) dans leurs structures (Luo *et al.*, 2020). L'oxydation des protéines peut entraîner une modification de ses structures tridimensionnelles, une modification des propriétés physiologiques telles que les activités enzymatiques et les réseaux de transduction du signal qui sont liés à la régulation et à la fonction cellulaires, ainsi qu'une dégradation protéolytique des protéines d'une part, ou une

agrégation de protéines, un déploiement partiel et une conformation modifiée d'autre part (Bensakhria, 2018).

### **I.3.3. Oxydation des lipides**

Les lipides et principalement leurs acides gras polyinsaturés (AGPI), en particulier avec un nombre élevé de doubles liaisons, comme l'acide arachidonique et linoléiques, sont très sensibles aux ERO. La peroxydation des phospholipides dans les membranes lipidiques peut entraîner une modification de la fluidité et de la perméabilité de la membrane et inactivation des récepteurs, entraînant l'apoptose cellulaire (Luo *et al.*, 2020).

### **I.4. Maladies liées au stress oxydant**

Le stress oxydatif joue un rôle essentiel dans la pathogenèse de nombreuses maladies chroniques dégénératives (Sharifi-Rad *et al.*, 2020). En fait, de nombreuses études, tant épidémiologiques que cliniques, indiquent que le stress oxydant est potentiellement impliqué dans le développement de plus d'une centaine de différentes pathologies humaines, allant de l'athérosclérose au cancer tout en passant par les maladies inflammatoires, cardiovasculaires, neurodégénératives et le diabète (**tableau 2**). De plus, la plupart des pathologies liées au stress oxydant apparaissent avec l'âge car le vieillissement diminue les défenses antioxydantes et augmente la production mitochondriale des EOR (Favier, 2003).

**Tableau 2.** Principales affections liées au stress oxydant (Pizzino *et al.*, 2017).

---

#### **Pathologies**

---

**Maladies neurodégénératives :** Alzheimer, parkinson.

**Maladies cardiovasculaires :** Athérosclérose, hypertension

**Maladies du foie :** Fibrose, cirrhose.

**Maladies respiratoires :** bronchospasme aigu, asthme, œdème pulmonaire.

Diabète

Cancer.

Arthrite rhumatoïde

---

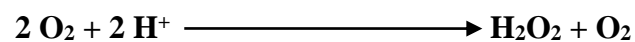
## II. Antioxydants

Un antioxydant est défini comme toute substance capable, à concentration relativement faible, d'entrer en compétition avec d'autres substrats oxydables et ainsi retarder ou empêcher l'oxydation de ces substrats (Berger, 2006). Ils peuvent prévenir la modification oxydative par neutralisation des RLs, piégeage de l'oxygène ou décomposition des peroxydes par l'intermédiaire de leurs activités antioxydantes (Habibou *et al.*, 2019). Ainsi, les organismes vivants ont-ils développé de puissantes défenses antioxydantes et une signalisation très fine. Les défenses antioxydantes reposent sur des systèmes enzymatiques (superoxydes dismutases, catalase, glutathion peroxydase) et non enzymatiques (vitamines C et E, polyphénols, etc.) (**figure 3**) (Leverve, 2009).

### II.1. Antioxydants enzymatiques

#### II.1.1. Superoxyde dismutase (SOD)

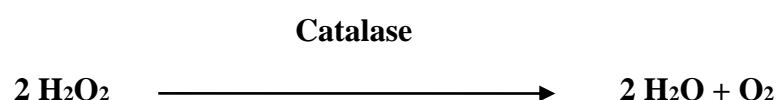
C'est une métalloenzyme ubiquitaire, elle élimine l'anion superoxyde par dismutation selon la réaction suivante :



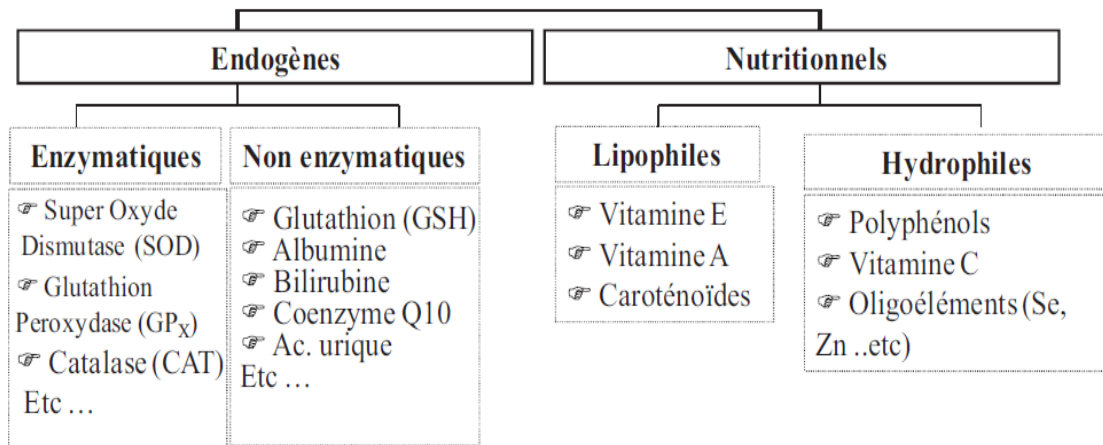
Cette réaction a pour conséquences la réduction de la disponibilité  $\text{O}_2$ , limitation de la cascade radicalaire. Le  $\text{H}_2\text{O}_2$  est pris en charge par des enzymes de relai (Bensakhria, 2018).

#### II.1.2. Catalase (CAT)

C'est une enzyme héminique ubiquitaire située à l'intérieur des globules rouges, elle élimine  $\text{H}_2\text{O}_2$  par dismutation (Bensakhria, 2018). Il existe plusieurs méthodes pour déterminer son activité péroxydasique (dismutase), généralement en mesurant l'apparition de dioxygène ou la consommation de peroxyde d'hydrogène :



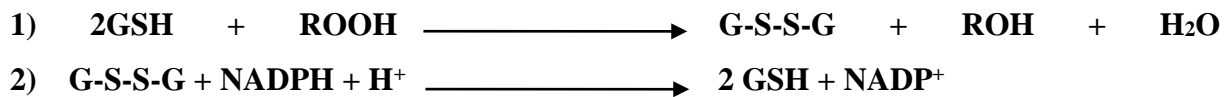
Dans les globules rouges, l'activité catalasique reflète la capacité de protection cellulaire contre le peroxyde d'hydrogène (Baudin, 2020).



**Figure 3.** Différentes sources d'antioxydants dont dispose l'organisme pour répondre aux situations de stress oxydant (Durand *et al.*, 2013).

### II.1.3. Système Glutathion peroxydase / Glutathion réductase (GPx/GR)

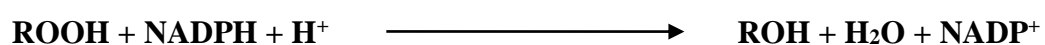
C'est une sélénoprotéine ubiquitaire (7 isoformes) élimine 70% des peroxydes organique et 94% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> par réduction selon les réactions suivantes (Bensakhria, 2018).



Le GSH devient oxyde (GSSG), mais grâce à la glutathion réductase, une flavoprotéine, et au NADPH comme source d'énergie, celui-ci peut être recyclé (Ferland, 2021).

### II.2.4. Thioredoxine peroxydases (Trx)

C'est une sélénoenzymes NADPH dépendantes éliminent le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> par réduction (Bensakhria, 2018). La Trx, caractérisée par la présence d'un groupe thiol dans son site actif, est aussi un élément clé dans la régulation des facteurs de transcription (Pincemail *et al.*, 2002).



## **II.2. Antioxydants non enzymatiques**

Pour se protéger des effets délétères des EOA, l'organisme dispose d'un ensemble complexe de défenses antioxydantes non enzymatique (Haleng *et al.*, 2007). Ils incluent toute une série de composés naturellement apportés par l'alimentation, comme par exemple la vitamine E et la vitamine C, Certains oligo-éléments comme le cuivre, le zinc, le sélénium sont indispensables pour l'activité des enzymes antioxydantes (Cu,Zn-SOD, MnSOD, SeGPx) (Pincemail *et al.*, 2002), ou encore différents thiols et polyphénols. Les agents antioxydants peuvent être aussi d'origine endogène, comme la mélatonine, le coenzyme Q ou l'acide urique. Ils peuvent enfin être d'origine synthétique, utilisés comme additifs alimentaires ou encore comme médicaments (Vamecq *et al.*, 2004).

### **II.2.1. Les polyphénols**

Ils constituent une famille importante d'antioxydants présents dans les végétaux. L'alimentation fournit environ 1g de polyphénols par jour principalement par l'apport en fruits et, dans une moindre mesure, en légumes et en céréales. Ils sont présents sous forme d'anthocyanine dans les fruits rouges et le vin rouge, sous forme de flavonoïdes dans les agrumes, l'huile de lin et sous forme d'épicatéchine dans le vin, le thé, le chocolat, les pommes, les oignons et les algues brunes. Globalement, ce sont d'excellents piègeurs des ERO et de très bons chélateurs des métaux de transition comme le fer et le cuivre (Haleng *et al.*, 2007).

## **III. LA PLANTE AVENA SATIVA L.**

### **III.1. Propriété botanique**

#### **III.1.1. Généralité**

Le genre *Avena* comprend plus de 20 espèces dont notamment *Avena sativa* L est la culture la plus importante, c'est une plante annuelle cultivée comme céréale appartenant à la famille des Poaceae (Ahmad *et al.*, 2020). Elle est largement cultivée dans les régions à climat froides tempérées du nord, principalement en Europe, en Amérique du Nord et en Afrique (Smulders *et al.*, 2018).

Le nom commun de l'*Avena sativa* est l'avoine cultivée, en anglais commun Oat. Ses valeurs nutritionnelles et caloriques sont représentées selon Ahmad *et al.* (2014) dans le tableau suivant :

**Tableau 3.** Valeur nutritionnelle pour 100 g d'*A. sativa*

---

Energy	1,628 kJ (389 kcal)
Carbohydrates	66,3 g
Dietary fibre	10 ,6 g
Fat	6,9 g
Protein	16,9 g
Pantothenic acid (B <sub>5</sub> )	1,3 mg (26%)
Folate (vit. B <sub>9</sub> )	56 µg (14%)
Calcium	54 mg (5%)
Iron	5 mg (38%)
Magnesium	177 mg (50%)
Potassium	429 mg (9%)
B -glucan (soluble fibre)	4g

---

### **III.1.2. Aspect botanique**

L'*Avena sativa* est hexaploïde (**figure 4**), a des fleurs hermaphrodites (organes mâles et femelles sur les mêmes fleurs), auto-pollinisées par le vent. C'est une monocotylédone à tige cylindrique (cauline) de 25 à 150 cm de haut, au port dressé. Les feuilles glabres font 2 à 10 mm de large et engainent les tiges. Elles présentent une ligule blanche de 2 à 5 mm au niveau de leur insertion sur la tige. Les inflorescences sont des panicules lâches. Elles mesurent 8 à 30 cm de long, portant des épillets de deux à trois fleurs, mesurant 20 à 25 mm de long. L'avoine peut produire des racines adventices au niveau des nœuds. Son système racinaire fasciculé est relativement puissant, pouvant s'enraciner jusqu'à plus de 1,5 m (Husson *et al.*, 2012).

### III.1.3. Classification

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Liliopsida

Ordre : Cyperales

Famille : Poaceae

Sous-famille : Pooideae

Genre : *Avena*

Espèce : *Avena sativa* L.



**Figure 4.** *Avena sativa* L.

### III.2. Etude phytochimique

*A. sativa* est une céréale de bonne qualité nutritionnelle, elle est riche en protéines (15,9%) lipides, vitamines, fibres et minéraux (le fer 38%, magnésium 50%, potassium 9%, calcium 5%) (Bhardwaj *et al.*, 2019). De plus, l'avoine est une bonne source de divers antioxydants tel que les vitamines E et C, acide phytique, phénolique, avenanthramides, saponine et tanines. La teneur totale en bêta-glucan de l'avoine est beaucoup plus élevée que celle des autres céréales (Smulders *et al.*, 2018). Selon Liu et ses collaborateurs, les grains d'avoine sont élevés en teneur en huile (6.9 -18.1%), avec de grande fraction d'acide palmitique (15.68 - 16.03%), acide oléique (44.09% - 46.68%), acide linoléique (32.54% - 32.88%) et acide alpha-linoléique (0.71% - 0.86%). D'autres composés phétochimique sont présents tel que les tocols (tocophérols et tocotriénols) les stérols et l'oryzanol (Liu *et al.*, 2020).

### III.3. Usage traditionnel

L'avoine a été consommée par l'homme depuis des milliers d'années. En effet, de nombreuses études ont démontré qu'une fibre particulière de l'avoine, le Beta-D-glucan, a des propriétés régulatrices sur la glycémie et également sur le taux de cholestérol sanguin. De plus les protéines de l'avoine, riches en tryptophane, participent à la production de sérotonine et mélatonine chez l'humain. Les lipides possèdent un taux important de galactolipides, qui pourraient avoir un effet bénéfique sur notre système nerveux. Enfin, l'avoine contient de nombreux antioxydants comme les avénanthramides, les tocophérols et les tocotriénols (Salgado *et al.*, 2008).

L'avoine est cultivée pour être utilisée comme grain ainsi que comme fourrage, paille pour la litière, foin, ensilage et paillettes. L'avoine est un fourrage d'hiver important, principalement nourri en vert, mais le surplus est converti en ensilage ou en foin pour être utilisé pendant les périodes de déficit fourrager. L'avoine en tant que culture fourragère a l'avantage d'être résistante à l'hiver et sert de culture dérobée. C'est l'aliment préféré de tous les herbivores et sa paille est molle et le grain est également un aliment précieux pour les chevaux, les vaches laitières, la volaille et les jeunes animaux reproducteurs (Ahmad *et al.*, 2014).

A part l'alimentation, l'avoine est actuellement utilisée dans certaines régions du monde comme plante de couverture ou encore comme engrais vert. L'avoine est très utile pour prendre et stocker l'excès d'azote et pour lutter contre l'érosion. C'est une excellente plante pour supprimer les mauvaises herbes grâce à la croissance et à l'établissement rapide du fourrage (Salgado *et al.*, 2008).

### III.4. Propriétés biologiques

L'avoine est souvent utilisée comme nématicide. Elle est considérée comme un bio-pesticide, en particulier en semis direct. Son effet est multiple : d'une part, elle n'est pas un hôte des nématodes (en particulier *Pratylenchus penetrans*). Comme elle supprime les autres plantes qui pourraient être des hôtes, elle rompt le cycle de ces nématodes. D'autre part, elle a des effets allélopathiques et biocides, que ce soit pendant sa croissance ou lors de la décomposition de ses pailles. Par ailleurs, l'avoine sécrète par son appareil racinaire des substances fongicides, toxiques pour *Fusarium*, *Gaeumannomyces* et *Rhizoctonia* (Husson *et al.*, 2012). L'avoine est utilisée dans les médecines alternatives dans les syndromes dyspeptiques, en tant que stimulant du système nerveux central et sous la forme de décoction dans les maladies respiratoires (Rancé *et al.*, 2001). L'avoine contient de nombreux antioxydants comme le vit E, acide phytique, phénoliques et avenanthramide. Qui peut être recommandée en prévention des affections cardiovasculaires. En effet, riche en fibres  $\beta$ -glucane, l'avoine contribue à diminuer le taux de cholestérol sanguin. Des études ont démontré que l'avoine a un effet positif sur le diabète, la perte de poids, la satiété et le stress oxydant et a une action anti-inflammatoire (Smulders *et al.*, 2018).

# MATÉRIELS

## ET

# MÉTHODES



## MATERIELS ET METHODES

### I. Matériel

#### I.1. Matériel végétal

Les graines d'*Avena sativa* L (*A. sativa*) ont été achetées en mars 2021 de la région de Lekhmayes, M'sila. Le matériel végétal a été broyées à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à l'obtention d'une poudre.

#### I.2. Produits et réactifs

Les réactifs chimiques utilisés dans la présente étude sont : réactif de Folin-Ciocalteu, carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), acide gallique, quercétine, chlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ), 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH), 2,6 di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT), phosphate de sodium ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ), molybdate d'ammonium ( $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ ), acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), acide ascorbique ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ) proviennent de Sigma-Aldrich (Allemagne). Les solvants sont de grade analytique et obtenus auprès de Sigma (Allemagne).

### II. Méthodes

#### II.1. Préparation de l'extrait aqueux

L'extrait aqueux d'*A. sativa* est préparé selon la méthode de Kasmi *et al.* (2017). Brièvement, 50 g de poudre de graines d'*A. sativa* sont mis à bouillir dans 500 ml d'eau distillée pendant 20 min. Après filtration, l'extrait récupéré est soumis à une centrifugation. La solution obtenue est séchée pour obtenir une poudre brun clair qui est conservée à  $-32^\circ\text{C}$  jusqu'à son utilisation.

#### II.2. Préparation de l'extrait méthanolique

L'extrait méthanolique d'*A. sativa* est préparé selon la méthode de Krimat *et al.* (2017). Une quantité de 50 g de poudre des graines est mis à macérer dans 500 ml méthanol/eau (7 :3, V/V) sous agitation pendant 24 heures, à l'ombre et à température ambiante. L'extrait

recupéré par filtration est soumis à une évaporation du méthanol sous pression réduite à 45°C dans un rotavapeur (BÜCHI). La solution obtenue est séchée pour obtenir une poudre brun clair qui est conservée à -32°C jusqu'à son utilisation.

### II.3. Dosage des polyphénols totaux

L'ensemble des composés phénoliques est oxydé par le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce dernier est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ) qui est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en mélange d'oxydes bleus de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ). Ces derniers présentent un maximum d'absorption à 765 nm dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon. Le dosage des polyphénols totaux des extraits d'*A. sativa* a été réalisé selon Delgado et al. (2019). Brièvement, un volume de 100 µl des solutions d'extraits à différentes concentrations sont ajoutées à 500 µl de réactif de Folin-Ciocalteu (10%). Après 4 min, 400 µl de  $Na_2CO_3$  (7.5 %) sont additionnés. Le mélange est laissé réagir pendant 2 heures à température ambiante, puis la lecture est faite à 765 nm. L'acide gallique (0-200 µg/ml) est le standard utilisé pour établir la courbe d'étalonnage à partir de laquelle la concentration des polyphénols totaux des extraits est calculée. Le résultat est exprimé en µg d'équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg EAG/mg d'extrait) (**figure 5**).

### II.4. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes est évaluée selon la méthode colorimétrique de Makusa et Ningsih (2020), en utilisant comme réactif spécifique le trichlorure d'aluminium ( $AlCl_3$ ). Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle libre en position susceptible de donner, en présence de chlorure d'aluminium, un complexe jaunâtre par chélation de l'ion  $Al^{+3}$ . La coloration jaune produite est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présente dans l'extrait. Brièvement, 1 ml de la solution d' $AlCl_3$  (2%) est ajouté à 1 ml de la solution de l'extrait à différentes concentrations préparées dans le méthanol. Le mélange est laissé réagir pendant 10 min puis la lecture est faite à 430 nm. La concentration des flavonoïdes dans les extraits est déduite à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec la quercétine (0-20 µg/ml) et exprimée en microgramme d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait (µg EQ/mg d'extrait) (**figure 6**).

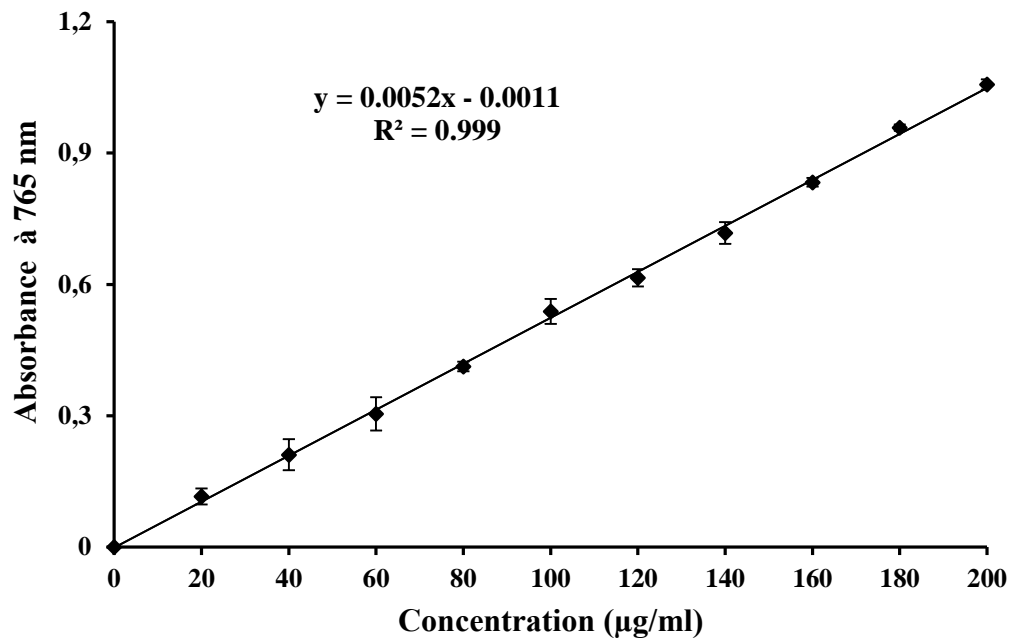


Figure 5. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

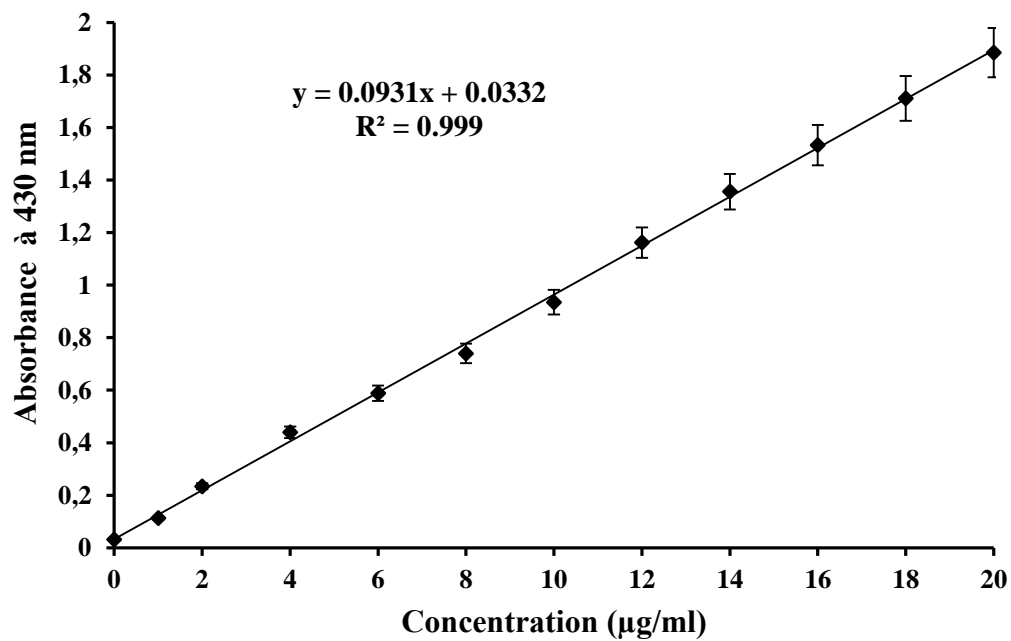


Figure 6. Courbe d'étalonnage de la quercétine.

## II.5. Activité antioxydante des extraits d'*A. sativa*

### II.5.1. Effet piègeur du radical libre DPPH•

L'activité antiradicalaire des extraits aqueux et méthanolique a été évaluée par le test de DPPH (Zabadi *et al.*, 2018). Le DPPH (diphényl picryl-hydrate) est un radical libre stable caractérisé par une couleur violette en solution dans le méthanol. Dans ce test les antioxydants réduisent le DPPH ayant une couleur violette en diphényl picryl-hydrazine, de couleur jaunâtre dont l'intensité de la couleur est proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu. Pratiquement, 500 µl d'extrait à différentes concentrations (0-2000 µg/ml) sont mis dans 500 µl de solution méthanolique de DPPH (0.1 mM). Le mélange est incubé à l'obscurité pendant 30 minutes et la décoloration par rapport au contrôle contenant uniquement la solution du radical DPPH est mesurée à 517 nm contre un blanc d'éthanol. Le BHT est utilisé comme antioxydant standard. L'activité antiradicalaire est déterminée selon l'équation suivante :

$$\text{Activité antiradicalaire (\%)} = [(A_C - A_T) / A_C] \times 100$$

**A<sub>C</sub>** : absorbance du contrôle.

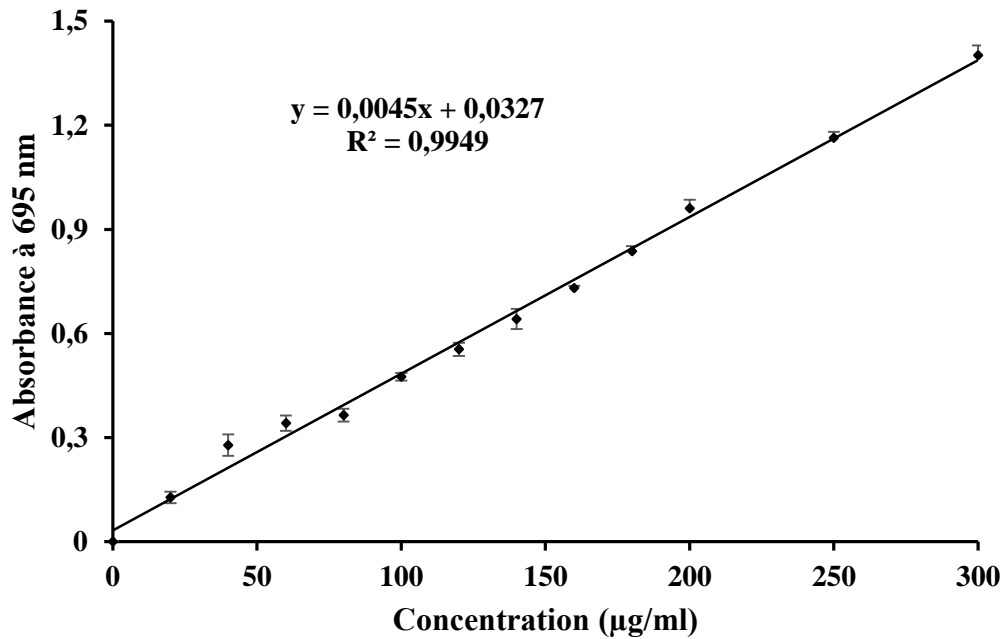
**A<sub>T</sub>** : Absorbance du test.

La concentration ayant la capacité de piéger 50% du radical DPPH (IC<sub>50</sub>) est déterminée.

### II.5.2. Capacité antioxydante totale (TAC)

La capacité antioxydante totale (TAC) des extraits est évaluée par la méthode de phosphomolybdate (Gamage *et al.*, 2021). Ce test est basé sur la réduction de molybdène par les antioxydants non enzymatiques ce qui entraîne la formation du complexe phosphate/Mo<sup>5+</sup> de couleur verte (Sudha *et al.*, 2011). Un volume de 100 µl des solutions d'extraits ou d'acide ascorbique est ajouté à 900 µl d'un réactif composé d'acide sulfurique (0.6 M), de phosphate de sodium (28 mM) et de molybdate d'ammonium (4 mM). Le mélange est incubé à 95°C pendant 90 min. Après un repos de 6 minutes à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 695 nm contre un blanc contenant 100 µl de l'eau distillée à la place de l'extrait. La capacité antioxydante totale est calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage (**figure 7**) établie avec l'acide ascorbique (0 - 300 µg/ml) et est exprimée en

microgramme d'équivalent d'acide ascorbique (Vc) par milligramme d'extrait ( $\mu\text{g Evc} / \text{mg}$  d'extrait).



**Figure 7.** Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique.

## II.6. Analyses statistiques

Les résultats des tests sont exprimés en moyenne  $\pm$  SD. Les valeurs des  $IC_{50}$  et des  $EC_{50}$  sont calculées à partir de la courbe [% inhibition =  $f(\text{concentrations})$ ]. Les comparaisons multiples et la détermination des taux de signification sont faites par le test ANOVA univarié suivi du test de Tukey. Les différences sont considérées statistiquement significatives au seuil de 0,05 ( $p \leq 0,05$ ).

# RESULTATS ET DISCUSSION



## RESULTATS ET DISCUSSION

### I. RESULTATS

#### I.1. Préparation des extraits d'*Avena sativa* L

Après extraction aqueuse et méthanolique, les filtrats obtenus sont séchés et deux poudres fines hygroscopiques de couleur brun clair sont obtenues. L'extrait méthanolique des grains d'*A. sativa* a donné un rendement de 1.96 %, qui est presque similaire à celui de l'extrait aqueux (1.68 %).

#### I.2. Dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes

Afin de caractériser les extraits préparés à partir des graines d'*A. sativa*, un dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes a été effectué. Les résultats montrent que l'extrait méthanolique est plus riche en polyphénols que l'extrait aqueux (**tableau 4**), par contre l'extrait aqueux est plus riche en flavonoïdes.

**Tableau 4.** Teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes des extraits aqueux et méthanolique d'*A. sativa*.

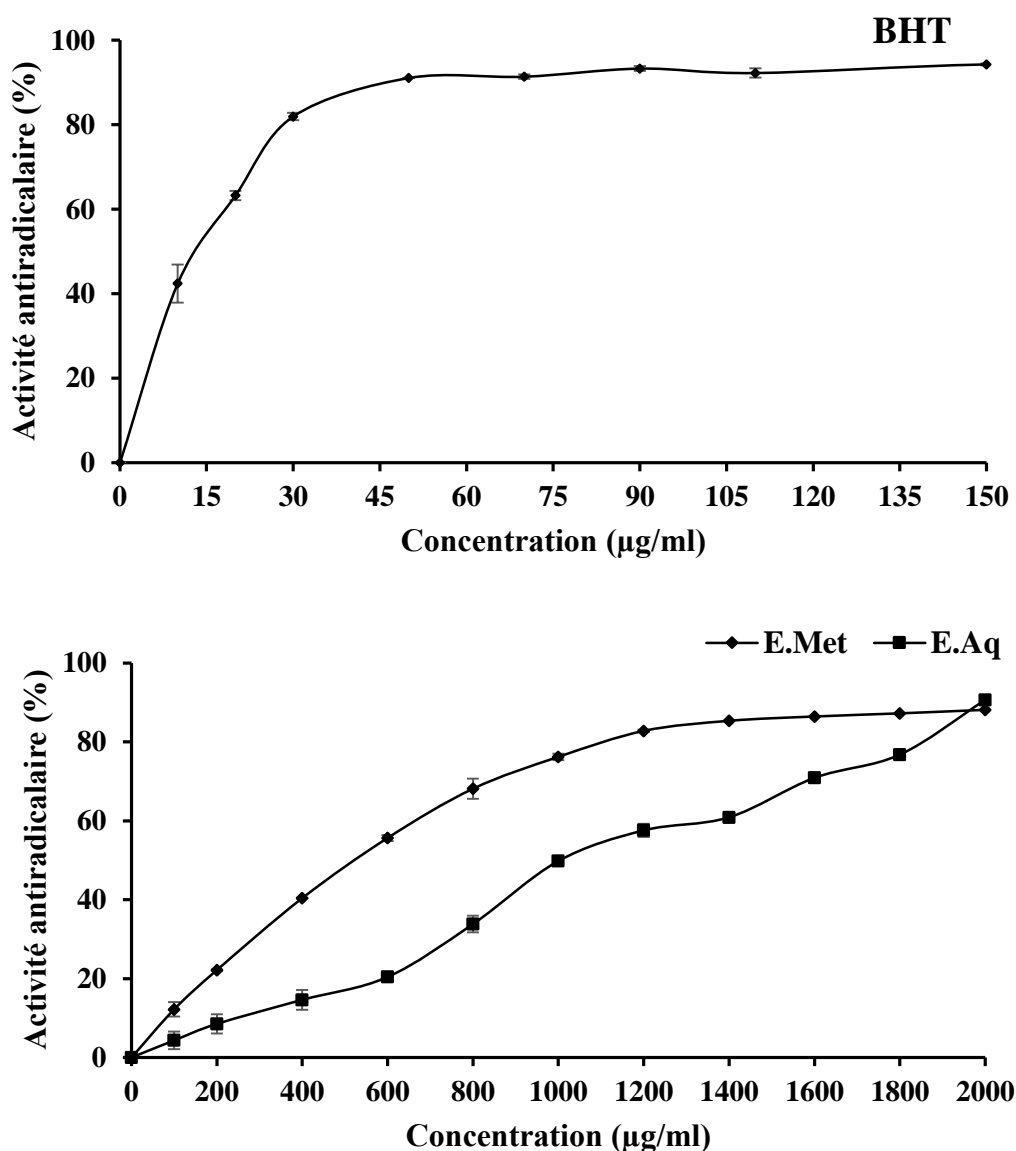
Extraits	Polyphénols	Flavonoïdes
	( $\mu\text{g}$ EAG / mg d'extrait)	( $\mu\text{g}$ EQ / mg d'extrait)
<b>E. Aq</b>	21.76 $\pm$ 2,28	0.52 $\pm$ 0.2
<b>E. Met</b>	24.05 $\pm$ 1.73	0.47 $\pm$ 0.01

Les valeurs représentent la moyenne de 3 essais  $\pm$  SD.

### I.3. Activité antioxydante des extraits d'*Avena sativa*

#### I.3.1. Effet piègeur du radical DPPH

Les résultats obtenus montrent que les extraits aqueux et méthanolique d'*A. sativa* possèdent un effet piègeur remarquable vis-à-vis du radical DPPH, avec une activité antiradicalaire concentration-dépendante (**figure 8**). L'extrait méthanolique a exercé une activité maximale de 85.35 % à la concentration de 1400 µg/ml. Cet effet est meilleur que celui de l'extrait aqueux 60.89 %.



**Figure 8.** Activité antiradicalaire de l'extrait méthanolique (**E. Met**) et de l'extrait aqueux (**E. Aq**) des grains d'*A. sativa* et de l'antioxydant de référence (**BHT**) vis-à-vis du radical DPPH. Chaque valeur représente la moyenne de 3 essais  $\pm$  SD.

Le **tableau 5** montre les concentrations inhibitrices à 50% (IC<sub>50</sub>) de deux extraits et du BHT. Pour mieux caractériser le pouvoir antiradicalaire, deux autres paramètres sont introduits :

- **Calcul de l'EC<sub>50</sub>** qui prend en considération la concentration de DPPH dans le milieu réactionnel [concentration effective à 50%, EC<sub>50</sub> = (IC<sub>50</sub>/µg de DPPH/ml)].
- **Calcul du pouvoir antiradicalaire (PAR)** qui est inversement proportionnel à l'EC<sub>50</sub> (APR = 1/ EC<sub>50</sub>) (Prakash *et al.*, 2007).

**Tableau 5.** Valeurs des IC<sub>50</sub>, EC<sub>50</sub> et PAR des extraits d'*A. sativa* et du BHT.

Echantillon	IC <sub>50</sub> (µg/ml)	EC <sub>50</sub> (µg/µg DPPH)	PAR
<b>E. Aq</b>	1093.48 ± 54.58	14.02 ± 0.70	0.07 ± 0.00
<b>E. Met</b>	549.88 ± 12.00	07.05 ± 0.15	0.14 ± 0.00
<b>BHT</b>	13.54 ± 01.56	0.17 ± 0.02	5.81 ± 0.68

Les valeurs représentent la moyenne de 3 essais ± SD.

### I.3.2. Capacité antioxydante totale

Le test au phosphomolybdate est très utilisé pour déterminer la capacité antioxydante totale (CAT) des extraits de plantes. Les résultats montrent clairement que l'extrait aqueux possède une capacité antioxydante plus importante que celle de l'extrait méthanolique. Les résultats obtenus sont présentés dans le **tableau 6**.

**Tableau 6.** Capacité antioxydante total des extraits aqueux et méthanolique d'*A. sativa*.

Extrait	E. Aq	E. Met
<b>TAC</b> (mg EVc / mg d'extrait)	109.65 ± 4.75	45.06 ± 1.87

Les valeurs représentent la moyenne de 3 essais ± SD.

---

**II. DISCUSSION**

Les antioxydants sont des substances vitales qui possèdent la capacité de protéger le corps des dommages causés par les radicaux libres qui provoquent un stress oxydatif (Tepal, 2016), Notre intérêt s'est orienté vers l'activité antioxydante d'*Avena sativa* dans le cadre de la recherche de nouveaux antioxydants d'origine naturelle, afin d'épargner l'utilisation des antioxydants synthétiques dont certains d'entre eux peuvent être toxiques ou carcinogènes (Amarti *et al.*, 2011).

**II.1. Préparation des extraits d'*Avena sativa***

Dans notre étude, l'eau et le méthanol ont été choisis comme solvants d'extraction, plusieurs études ont montré que l'eau et le méthanol donnent des rendements meilleurs que l'autres solvants du fait de leur polarité (Déogratias et Liévin, 2015). Ainsi que leur mélange à différents ratios est plus utilisé pour une haute récupération de composés phénoliques (Bouزيد *et al.*, 2011). L'extraction a été réalisée sur la poudre de la céréale, il est généralement admis que sous une forme broyée, la matière végétale présentera une plus grande surface de contact avec le solvant, et la pénétration à l'intérieur des cellules est plus facile (Khoddami *et al.*, 2013). L'extraction aqueuse est faite par décoction à température élevée pendant 20 min, l'augmentation de la température augmente le taux d'extraction mais à une limite de 60°C (Penchev *et al.*, 2010), une extraction aux delà de cette température et à un temps d'extraction trop long peut mener à la perte des composés phénoliques et leurs dégradations à cause de la sensibilité de ces molécules à la chaleur (Menyar *et al.*, 2012). De plus, le déroulement de la macération sous agitation pendant un temps étalé (24 h) et à température ambiante permet d'obtenir le maximum des composés et de prévenir leur dénaturation ou modification probable dues aux températures élevées utilisées dans d'autres méthodes d'extraction.

Dans notre cas, le rendement des deux extraits est presque similaire, ça peut être en raison de la polarité proche entre l'eau et le méthanol. Les résultats de taux d'extraction obtenus avec l'extrait méthanolique et l'extrait aqueux, sont inférieurs à ceux obtenus par Xiao *et al.* (2015) qui ont déterminé un rendement des deux extraits de 6.67% et 12.55% respectivement. En outre, le rendement d'extraction obtenue dans l'extrait méthanolique est si proche à celle de Kaur *et al.* (2016). Cependant l'extrait méthanolique a donné un rendement moins important par rapport à l'étude de Meziani *et al.* (2021), réalisée par macération avec 70 % d'éthanol.

Cette différence peut être liée à la nature du solvant ainsi qu'à la méthode d'extraction utilisée. En effet, la solubilité des composés phénoliques contenus dans l'extrait méthanolique et ses fractions est affectée par la polarité des solvants utilisés (Garcia-Salas *et al.*, 2010).

Bien qu'il est difficile de mettre en places des comparaisons avec les données bibliographiques à cause de la multiplicité des paramètres qui influencent les taux d'extractions pour une même espèce végétale, De nombreux facteurs influencent le rendement, la teneur, les caractéristiques physico-chimiques et la composition chimique de l'espèce, les conditions environnementales, la technique d'extraction, le séchage, la période et le milieu de récolte, les pratiques culturales et l'âge du matériel végétal (El oualilalami *et al.*, 2013).

### **II.2. Dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes**

Le dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes a été réalisé par des méthodes colorimétriques ; le Folin-Ciocalteu et le trichlorure d'aluminium respectivement. Ces deux méthodes sont considérées comme les meilleures méthodes de détermination des polyphénols et des flavonoïdes des extraits de plantes (Djeridane *et al.*, 2010), car elles sont simples et reproductibles. Dans notre étude, l'extrait méthanolique obtenue est plus riche en polyphénols que l'extrait aqueux, qui est en accord avec les résultats de Xiao *et al.* (2015). La faible teneur des extraits aqueux en composés phénoliques pourrait être due à la polyphénol oxydase qui oxyde les composés phénoliques dans les extraits aqueux, alors que dans le méthanol, l'enzyme est inactive (Lapornik *et al.*, 2005). Des études récentes ont montré que plusieurs facteurs peuvent influencer la teneur en composés phénoliques, tels que des facteurs géographiques, climatiques, génétiques, ainsi que le degré de maturation de la plante et la durée de stockage (Tomas-barberan *et al.*, 2001). Sandhu et ses collaborateurs (2017) ont obtenu avec l'extrait méthanolique des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes inférieures à nos résultats. En outre, la teneur en polyphénols obtenue dans l'extrait aqueux est très proche de celles trouvées par Akkol *et al.* (2011). Malgré la différence du mode d'extraction et le type de solvant par rapport à ce qui a été utilisé par Meziani *et al.* (2021), nous observons que le taux des polyphénols et des flavonoïdes est inférieur à celui de la présente étude.

### II.3. Activité anti oxydante

L'activité antioxydante des métabolites secondaires des plantes, en particulier des constituants phénoliques, est basée sur leur capacité à donner un atome d'hydrogène ou des électrons, chélater des ions métalliques ou piéger les radicaux libres (Rakić *et al.*, 2014). Dans les systèmes biologiques, les espèces d'oxygène réactives (ERO) peuvent oxyder des acides nucléiques, des protéines, ou lipides et s'ensuivre dans l'amorce de nombre de maladies dégénératives (Hussain *et al.*, 2018). Plusieurs méthodes ont été développées pour l'évaluation de l'efficacité d'un antioxydant, parce que de nombreux métabolites actifs et divers mécanismes réactionnels sont impliqués dans le processus de stress oxydatif. Il n'y a pas une méthode commune par laquelle l'activité antioxydante peut être mesurée quantitativement et de façon bien précise (Jindal *et al.*, 2012). Dans le présent travail ; l'activité antioxydante des extraits méthanolique et aqueux d'*Avena sativa* a été évaluée par deux tests différents : l'effet piègeur du radical DPPH et la capacité antioxydante totale.

#### II.3.1. Activité anti-radicalaire

La méthode la plus couramment utilisée pour déterminer la capacité antioxydante est le radical DPPH. C'est une méthode, rapide et sensible (Lekouaghet *et al.*, 2020). L'activité antiradicalaire des extraits obtenus à partir des graines d'*A. sativa* est comparée à celle du BHT et exprimée en IC<sub>50</sub>. Ce paramètre IC<sub>50</sub> exprime la quantité de chaque extrait nécessaire pour inhiber les radicaux libres à 50%. Cependant, elle est inversement proportionnelle à la capacité antioxydante d'un composé et, par conséquent, plus la valeur IC<sub>50</sub> est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est élevée (Lekouaghet *et al.*, 2020). Les IC<sub>50</sub> sont calculées à partir les équations des courbes qui déterminent le pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration de l'inhibiteur. Les résultats ont montré que les extraits aqueux et méthanolique piègent les radicaux DPPH. En comparaison avec l'antioxydant standard, nos extraits s'avèrent moins actifs.

Nos résultats ne concordent pas avec ceux enregistrés par Cai *et al.* (2011) qui ont étudié l'activité antioxydante sur plusieurs fractions (extraits hexanique, d'acétate d'éthyle et butanolique) d'*A. sativa* qui ont donné des valeurs d'IC<sub>50</sub> de l'ordre de ((19.9 ± 1.0), (2.5 ± 0.4) et (7.1 ± 0.9) mg/ml). En revanche, dans une étude faite par Xiao *et al.* (2015) sur l'*A. sativa*, les extraits aqueux et méthanolique ont montrés une valeur d'IC<sub>50</sub> de 9.13 ± 0.74 mg/ml et 3.71 ± 0.30 mg/ml respectivement, qui sont supérieures de notre résultat. Cette

différence dans les valeurs des IC<sub>50</sub> peut être attribuée à la différence dans la concentration de DPPH utilisée dans le test et le temps d'incubation d'une part et à l'influence des autres facteurs intrinsèques et extrinsèques qui peuvent affecter la composition chimique des plantes d'autre part (Sharma *et al.*, 2009).

L'activité antiradicalaire des deux extraits d'*A. sativa* pourrait être attribuée à la présence de composés polyphénoliques. Il a déjà été exposé que les composés polyphénoliques sont responsables de l'activité antiradicalaire, dû à la facilité de leur donation de l'atome de l'hydrogène à un radical libre actif. Des études concernant le test DPPH montrent que les extraits contiennent des molécules antioxydantes qui ont la capacité de céder l'hydrogène et par conséquent réduisant et décolorant le DPPH, c'est un phénomène de transfert des électrons célibataires qui sont localisé dans l'orbitale externe du DPPH (Sonboli *et al.*, 2010).

### II.3.2. Capacité antioxydante totale

Les résultats de la capacité antioxydante totale des extraits méthanolique et aqueux sont exprimés en µg équivalents d'acide ascorbique par mg d'extrait. L'extrait aqueux des graines d'*A. sativa* possède une capacité antioxydante totale supérieure à celle développée par l'extrait méthanolique. L'extrait aqueux est deux fois plus actif que l'extrait méthanolique.

Selon la bibliographie disponible, il n'existe pas de travaux antérieurs sur la capacité antioxydante totale des extraits aqueux et méthanolique de la plante *A. sativa*, pour cela, les résultats de cette étude ont été comparés à ceux obtenus par d'autres espèces du même genre. Saeed *et al.* (2018) ont montré que l'extrait méthanolique d'*Avena fatua* présente une valeur de 75 µg EAA /mg poids sec ; elle est supérieure à nos résultats. Par ailleurs, Singh *et al.* (2019), ont testé la capacité antioxydante de l'extrait éthanolique, et ont montré que l'extrait éthanolique d'*A. sativa* possède une bonne capacité antioxydante totale. La variabilité de l'activité antioxydante entre les deux espèces peut être expliquée par la teneur en composés phénoliques probablement en raison de leurs propriétés rédox, ce qui leur permet d'agir en tant qu'agents réducteurs.

Le pouvoir réducteur au phosphomolybdate, met en évidence la capacité d'une molécule à réduire un oxydant dû à la présence de groupement hydroxyle dans les composés phénoliques qui peuvent servir de donneurs d'électrons (Bougandoura et Bendimerad, 2013).

CONCLUSION  
ET  
PERSPECTIVES

### CONCLUSION ET PERSPECTIVES

De nos jours, il existe une tendance croissante à utiliser des produits naturels dérivés de plantes en raison des préoccupations concernant les effets secondaires des composés synthétiques nocifs pour la santé humaine et l'environnement. De ce fait, la réflexion s'est développée auprès des industriels visant à diminuer leurs utilisations, avoir recours aux composés aromatiques naturels des plantes et à envisager divers procédés d'extraction pertinents. Dans cette étude, nous avons évalué la propriété antioxydante des extraits méthanolique et aqueux d'*Avena sativa*.

La quantification par des méthodes spectrophotométriques nous a permis de déterminer les teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes par le réactif du Folin-ciocalteu et du trichlorure d'aluminium, respectivement. Les résultats obtenus ont montré que l'extrait méthanolique est plus riche en polyphénols et l'extrait aqueux est le plus riche en flavonoïdes.

L'activité antioxydante des deux extraits évalués *in vitro* par le test DPPH montre que les deux extraits possèdent une forte activité antiradicalaire. En outre, le test de la capacité antioxydante totale (TAC) montre que les deux extraits ont exercé une bonne capacité antioxydante.

L'ensemble de ces résultats obtenus *in vitro* ne constitue qu'une première étape dans la recherche de substances d'origine naturelle biologiquement active. A la suite de ces résultats, il serait intéressant d'approfondir notre étude afin :

- D'appliquer d'autres tests antioxydants (*in vitro* et *in vivo*) pour avoir une indication plus affinée sur la capacité antioxydante de l'échantillon à tester.
- D'atteindre la structure exacte des molécules en utilisant des techniques instrumentales les plus sophistiquées telles que la spectrométrie de masse.
- De préparer des extraits de céréales alimentaires qui peuvent être utilisés dans les produits alimentaires (yaourt, pains, biscuits...), créant ainsi une valeur ajoutée pour les fabricants et les avantages pour les consommateurs.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Ahmad, M., Dar, Z. A., & Habib, M. (2014).** A review on oat (*Avena sativa* L.) as a dual-purpose crop. *Scientific Research and Essays*, 9(4), 52-59.

**Ahmad, M., Jehangir, I. A., Rizvan, R., Dar, S. A., Iqbal, S., Wani, S. H., Mehraj, U., & Hassan, R. (2020).** Phylogenetic Relationship of Oats (*Avena sativa* L): A Guide to Conservation and Utilisation of Genetic Resources. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 9(11), 831-845.

**Akkol, E. K., Süntar, I., Orhan, I. E., Keles, H., Kan, A., & Çoksari, G. (2011).** Assessment of dermal wound healing and *in vitro* antioxidant properties of *Avena sativa* L. *Journal of cereal science*, 53(3), 285-290.

**Amarti, F., El Ajjouri, M., Ghanmi, M., Satrani, B., Aafi, A., Farah, A., Khia, A., Guedira, A., Rahouti, M., & Chaouch, A. (2011).** Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle de *Thymus zygis* du Maroc. *Phytothérapie*, 9(3), 149.

**Barnes, P. J. (2020).** Oxidative stress-based therapeutics in COPD. *Redox biology*, 33, 101544.

**Baudin, B. (2020).** Doser les enzymes du stress oxydant, oui ou non?. *Revue Francophone des Laboratoires*, 2020(522), 62-65.

**Bensakhria, A. (2018).** Le stress oxydatif. *Toxicologie générale*, 70-86.

**Berger, M. M. (2006).** Manipulations nutritionnelles du stress oxydant: état des connaissances. *Nutrition clinique et métabolisme*, 20(1), 48-53.

**Bhardwaj, R. D., Kapoor, R., & Grewal, S. K. (2019).** Biochemical characterization of oat (*Avena sativa* L.) genotypes with high nutritional potential. *LWT*, 110, 32-39.

**Bhatt, S., Nagappa, A. N., & Patil, C. R. (2020).** Role of oxidative stress in depression. *Drug discovery today*, 25(7), 1270-1276.

**Bougandoura, N., & Bendimerad, N. (2013).** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L.) Briq. *Nature & Technology*, (9), 14.

**Bouyahya, A., Abrini, J., Et-Touys, A., Lagrouh, F., Dakka, N., & Bakri, Y. (2018).** Analyse phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des échantillons du miel marocain. *Phytothérapie*, 16(S1), S220-S224.

**Bouzi W, Yahia M, Abdeddaim M, Aberkane MC and Ayachi A (2011).** Evaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne des extraits de *L'Aubepine Monogyne*. *Leb Sci J*, 12, 59-69.

**Cai, S., Huang, C., Ji, B., Zhou, F., Wise, M. L., Zhang, D., & Yang, P. (2011).** *In vitro* antioxidant activity and inhibitory effect, on oleic acid-induced hepatic steatosis, of

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

fractions and subfractions from oat (*Avena sativa L.*) ethanol extract. *Food chemistry*, 124(3), 900-905.

**Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002).** Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*, 10(3), 178-182.

**Cicco, N., Lanorte, M. T., Paraggio, M., Viggiano, M., & Lattanzio, V. (2009).** A reproducible, rapid and inexpensive Folin–Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchemical journal*, 91(1), 107-110.

**Delgado, A. M., Issaoui, M., Chammem, N (2019).** Analysis of Main and Healthy Phenolic Compounds in Foods. *Journal of AOAC international*, 102(5), 1356-1364.

**Déogratias, M. N., & Liévin, B. M. (2015).** Etude des propriétés antitrepanocytaires et de la thermo dégradation des colorants extraits de l'*Hibiscus Sabdariffa*, plante légumière à vertu thérapeutique [Survey of anti drepanocytary properties and thermo degradation of dyes extracted from Hibiscus Sabdariffa, an edible plant with therapeutic virtues]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 10(1), 384.

**Di Meo, S., & Venditti, P. (2020).** Evolution of the knowledge of free radicals and other oxidants. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2020, 9829176.

**Durand, D., Damon, M., & Gobert, M. (2013).** Le stress oxydant chez les animaux de rente: principes généraux. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 48(5), 218-224.

**El oualilalami A, El-Akhal F., Ouedrhiri W., Ouazzani Chahid. F, Guemmouh R, Greche H (2013).** Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de deux plantes aromatiques du centre nord marocain : *Thymus vulagris* et *Thymus satureioidis* les technologies de laboratoire, Volume 8, N°31

**Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., & Abdelly, C. (2008).** Phenolic composition of *Cynara cardunculus L.* organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*, 331(5), 372-379.

**Favier, A. (2003).** Le stress oxydant. *L'actualité chimique*, 108(10), 863-832.

**Ferland, J. (2021).** Effets du sevrage et de la supplémentation en antioxydants sur le statut métabolique, oxydatif et inflammatoire chez les porcelets.

**Gamage, D. G. N. D., Abeysinghe, D. C., Wijesekara, R. G. S., Prathapasinghe, G. A., Dharmadasa, R. M., & Someya, T. (2021).** Assessment of Phytochemical Contents and Total Antioxidant Capacity of Five Medicinal Plants with Cosmetic Potential under Three Different Drying Methods. *World Journal of Agricultural Research*, 9(1), 24-28.

**Garcia-Salas, P., Morales-Soto, A., Segura-Carretero, A. et Fernandez-Gutierrez, A. (2010).** Phenolic-Compound-Extraction Systems for Fruit and Vegetable Samples. *Molecules*, 15 : 8813-8826.

**Gómez-Caravaca, A. M., Gómez-Romero, M., Arráez-Román, D., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2006).** Advances in the analysis of phenolic

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41(4), 1220-1234.

**Habibou, H. H., Idrissa, M., Ikhiri Khalid, P., & Benjamin, O. (2019).** Activité Antioxydante des Extraits Méthanoliques de Différents Organes de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. *European Scientific Journal, ESJ*, 15(12), 159.

**Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., & Chapelle, J. P. (2007).** Le stress oxydant. *Revue médicale de Liège*, 62(10), 628-38.

**Huang, D., Ou, B., Prior, R.L (2005)** The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*. 53:1841-1856.

**Hussain, P. R., Rather, S. A., & Suradkar, P. P. (2018).** Structural characterization and evaluation of antioxidant, anticancer and hypoglycemic activity of radiation degraded oat (*Avena sativa*)  $\beta$ -glucan. *Radiation Physics and Chemistry*, 144, 218-230.

**Husson O., Charpentier H., Michellon R., Razanamparany C., Moussa N., Enjalric F., Naudin K., Dramnanaa R. et Seguy L., 2012 :** Avoines *Avena sativa* et *Avena strigosa*. Fiches techniques plantes de couverture : Graminées annuelles. Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Ed : GSDM/CIRAD.8p.

**Jamshidi-Kia, F., Wibowo, J. P., Elachouri, M., Masumi, R., Salehifard-Jouneghani, A., Abolhasanzadeh, Z., & Lorigooini, Z. (2020).** Battle between plants as antioxidants with free radicals in human body. *Journal of Herbmed Pharmacology*, 9(3), 191-199.

**Kasmi, M., Aourach, M., El Boukari, M., Barrijal, S., Essalmani, H (2017).** Efficacité des extraits aqueux des plantes aromatiques et médicinales contre la pourriture grise de la tomate au Maroc. *Comptes Rendus Biologies*, 340(8), 386-393.

**Kaur, D., Kamboj, A., & Shri, R. (2016).** Comparative evaluation of anxiolytic effects of various extracts of oats (*Avena sativa*), rice bran (*Oryza sativa*) and spinach (*Spinacia oleracea*) in experimental animals. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 7(10), 4110.

**Khoddami, A., Wilkes, M., Roberts, T (2013).** Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. *Molecules*, 18(2), 2328–2375.

**Krimat, S., Metidji, H., Tigrine, C., Dahmane, D., Nouasri, A., Dob, T (2017).** Analyse chimique, activités antioxydante, anti-inflammatoire et cytotoxique d'extrait hydrométhanolique d'*Organums glandulosum Desf.* *Phytothérapie*. (2017), 1-8.

**Lapornik B., Prošek M., et Wondra A.G. (2005).** Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering* 71: 214–222.

**Lekouaghet, A., Boutefnouchet, A., Bensusici, C., Gali, L., Ghenaiet, K., & Tichati, L. (2020).** In vitro evaluation of antioxidant and anti-inflammatory activities of the hydroalcoholic extract and its fractions from *Leuzea conifera L.* roots. *South African Journal of Botany*, 132, 103-107.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Leverve, X. (2009).** Stress oxydant et antioxydants?. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 44(5), 219-224.

**Liu, J., Jin, S., Song, H., Huang, K., Li, S., Guan, X., & Wang, Y. (2020).** Effect of extrusion pretreatment on extraction, quality and antioxidant capacity of oat (*Avena Sativa L.*) bran oil. *Journal of Cereal Science*, 95, 102972.

**Luo, J., Mills, K., le Cessie, S., Noordam, R., & van Heemst, D. (2020).** Ageing, age-related diseases and oxidative stress: what to do next?. *Ageing research reviews*, 57, 100982.

**Makusa, A. D., Ningsih, P (2020).** Analysis of Total Flavonoid Levels in Young Leaves and Old Soursop Leaves (*Annona muricata L.*) Using UV-Vis Sepctrofotometry Methods. *Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education*, 2(1), 11-17.

**Menyar. B, A., Seffen, M., Aliakbarian, B., Casazza, A.A., Perego, P AND Converti, A. (2012).** Phenolics extraction from *Agave americana* (L.) leaves using high temperature, high-pressure reactor. *Food and bioproducts processing*, 90: 17–2.

**Merouane, A., Noui, A., Ali, K. N. B., & Saadi, A. (2014).** Activité antioxydante des composés phénoliques d’huile d’olive extraite par méthode traditionnelle. *International journal of biological and chemical sciences*, 8(4), 1865-1870.

**Meziani, S., Menadi, N., Mehida, H., Ougad, S., Saidani, S., & Labga, L. (2021).** Evaluation of phenolic compound and antioxidant capacity of two varieties of oats (*Avena sativa L*) bran oats and whole grain (black and prevision oats). *Food and Environment Safety Journal*, 20(1).

**Milkovic, L., Cipak Gasparovic, A., Cindric, M., Mouthuy, P. A., & Zarkovic, N. (2019).** Short overview of ROS as cell function regulators and their implications in therapy concepts. *Cells*, 8(8), 793.

**Omodanisi, E. I., Aboua, Y. G., & Oguntibeju, O. O. (2017).** Assessment of the anti-hyperglycaemic, anti-inflammatory and antioxidant activities of the methanol extract of *Moringa oleifera* in diabetes-induced nephrotoxic male wistar rats. *Molecules*, 22(4), 439.

**Penchev, P., Angelov, G., & Condoret, J. S. (2010).** Extraction des agents antioxydants (acide rosmarinique) à partir de la mélisse (*Melissa officinalis L.*). *Revue de génie industriel*, 5, 115-123.

**Pérez, M. B., Calderon, N. L., & Croci, C. A. (2007).** Radiation-induced enhancement of antioxidant activity in extracts of rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*). *Food chemistry*, 104(2), 585-592.

**Pincemail, J., Bonjean, K., Cayeux, K., & Defraigne, J. O. (2002).** Mécanismes physiologiques de la défense antioxydante. *Nutrition clinique et métabolisme*, 16(4), 233-239.

**Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., ... & Bitto, A. (2017).** Oxidative stress: harms and benefits for human health. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017, 8416763.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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

**Rakić, S., Janković, S., Marčetić, M., Živković, D., & Kuzevski, J. (2014).** The impact of storage on the primary and secondary metabolites, antioxidant activity and digestibility of oat grains (*Avena sativa*). *Journal of Functional Foods*, **7**, 373-380.

**Ramos- Tovar, E., & Muriel, P. (2020).** Free radicals, antioxidants, nuclear factor- E2- related factor- 2 and liver damage. *Journal of Applied Toxicology*, **40**(1), 151-168.

**Rancé, F., Dargassies, J., Dupuy, P., Schmitt, A. M., Guerin, L., & Dutau, G. (2001).** Faut-il contre-indiquer l'utilisation des émoullients à base d'avoine chez l'enfant atopique?. *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique*, **41**(5), 477-483.

**Saeed, A., Marwat, M. S., Chohan, A. M., Shah, A. H., Naz, R., Gul, J., ... & Saeed, A. (2018).** Antioxidant activity in seeds of avena fatua and chenopodium album weeds associated with wheat crop. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, **24**(3).

**Salgado, P., Cuong, V. C., Van Thu, T., & Ly, N. T. H. (2008).** Production et utilisation de l'avoine fourragère (*Avena strigosa* et *Avena sativa*) au nord du Vietnam: une solution pour résoudre le déficit fourrager en hiver. (Proposition pour la prise en compte de l'avoine fourragère dans la liste officielle d'espèces fourragères du Vietnam), 95P.

**Sandhu, K. S., Godara, P., Kaur, M., & Punia, S. (2017).** Effect of toasting on physical, functional and antioxidant properties of flour from oat (*Avena sativa L.*) cultivars. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, **16**(2), 197-203.

**Sandoval- Vargas, L., Silva Jiménez, M., Risopatron Gonzalez, J., Villalobos, E. F., Cabrita, E., & Valdebenito Isler, I. (2021).** Oxidative stress and use of antioxidants in fish semen cryopreservation. *Reviews in Aquaculture*, **13**(1), 365-387.

**Sharifi-Rad, M., Anil Kumar, N. V., Zucca, P., Varoni, E. M., Dini, L., Panzarini, E. (2020).** Lifestyle, oxidative stress, and antioxidants: Back and forth in the pathophysiology of chronic diseases. *Frontiers in physiology*, **11**, 694.

**Sharma, O. P., & Bhat, T. K. (2009).** DPPH antioxidant assay revisited. *Food chemistry*, **113**(4), 1202-1205.

**Singh, S., Kaur, M., Sogi, D. S., & Purewal, S. S. (2019).** A comparative study of phytochemicals, antioxidant potential and in-vitro DNA damage protection activity of different oat (*Avena sativa*) cultivars from India. *Journal of Food Measurement and Characterization*, **13**(1), 347-356.

**Smulders, M. J., van de Wiel, C. C., van den Broeck, H. C., van der Meer, I. M., Israel-Hoevelaken, T. P. M., Timmer, R. D., ... & Gilissen, L. J. (2018).** Oats in healthy gluten-free and regular diets: A perspective. *Food Research International*, **110**, 3-10.

**Sonboli, A., Mojarrad, M., Ebrahimi, S. N., & Enayat, S. (2010).** Free radical scavenging activity and total phenolic content of methanolic extracts from male inflorescence

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

of *Salix aegyptiaca* grown in Iran. *Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR*, 9(3), 293.

**Sudha, G., Priya, M. S., Shree, R. I., & Vadivukkarasi, S. (2011).** *In vitro* free radical scavenging activity of raw pepino fruit (*Solanum muricatum* aiton). *Int J Curr Pharm Res*, 3(2), 137-140.

**Tepal, P. (2016).** Phytochemical screening, total flavonoid and phenolic content assays of various solvent extracts of tepal of *Musa paradisiaca*. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 20(5), 1181-1190.

**Tomás- Barberán, F. A., & Espín, J. C. (2001).** Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(9), 853-876.

**Vamecq, J., Vallée, L., Storme, L., Gelé, P., & Bordet, R. (2004).** Les acteurs immédiats du stress oxydatif. *La Lettre du pharmacologue (Boulogne)*, 18(1), 16-23.

**Xiao, Y., Rui, X., Xing, G., Wu, H., Li, W., Chen, X., ... & Dong, M. (2015).** Solid state fermentation with *Cordyceps militaris* SN-18 enhanced antioxidant capacity and DNA damage protective effect of oats (*Avena sativa* L.). *Journal of Functional Foods*, 16, 58-73.

**Zbadi, R., Mohti, H., & Moussaoui, F. (2018).** Stress oxydatif: évaluation du pouvoir antioxydant de quelques plantes médicinales. *Médecine thérapeutique*, 24(2), 134-141.

## Résumé

L'objectif de cette étude est l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux (E. Aq) et méthanolique (E. Met) des graines d'*Avena sativa*. Les extraits ont été analysés pour leur teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes en utilisant la méthode de Folin-Ciocalteu et de trichlorure d'aluminium respectivement. Les résultats montrent la richesse de l'E. Met en polyphénols ( $24.05 \pm 1.73 \mu\text{g EAG} / \text{mg d'extract}$ ) par rapport à l'E. Aq qui est le plus riche en flavonoïdes ( $0.52 \pm 0.2 \mu\text{g EQ} / \text{mg d'extract}$ ). L'activité antioxydante des deux extraits a été évaluée *in vitro* par le test du radical DPPH et de la capacité antioxydante totale (TAC). Les résultats montrent que l'E. Met et l'E.Aq possèdent une forte activité anti-radicalaire vis-à-vis du radical DPPH avec des  $\text{IC}_{50}$  de  $549.88 \pm 12.00 \mu\text{g/ml}$  et  $1093.48 \pm 54.58 \mu\text{g/ml}$  respectivement. De même, une bonne capacité antioxydante a été obtenue par les deux extraits ( $45.06 \pm 1.87 \mu\text{g EAA/mg d'E. Met}$  et  $109.65 \pm 4.75 \mu\text{g EAA/mg d'E.Aq}$ ). En conclusion, les résultats obtenus montrent que l'*A.sativa* possède un potentiel prometteur antioxydant et constitue une source importante pour identifier des substances bioactives, mettent en évidence que nos extraits peuvent offrir « une valeur ajoutée » dans plusieurs secteurs tels que les aliments fonctionnels et les nutraceutiques pour les valoriser.

**Mots clés :** *Avena sativa*, stress oxydatif, antioxydant, polyphénols.

## ملخص

تهدف هذه الدراسة الى تقدير النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصين المائي والميثانولي المتحصل عليهما من بذور *Avena sativa*. تم تحليل المستخلصان لمعرفة محتويهما من عديدات الفينول و الفلافونويدات باستعمال طريقة Folin-Ciocalteu و  $\text{AlCl}_3$  على التوالي. اظهرت النتائج ان المستخلص الميثانولي يحتوي على أكبر كمية من مركبات عديدات الفينول ( $24.05 \pm 1.73$  ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك/مغ مستخلص) في حين ان المستخلص المائي يحتوي على كمية أكبر من الفلافونويدات ( $0.52 \pm 0.2$  ميكروغرام مكافئ كيرستين/مغ مستخلص). تم تقدير النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصين باستعمال كل من اختبار جذر DPPH والقدرة المضادة للأكسدة TAC. اظهرت النتائج ان المستخلصان الميثانولي و المائي يمتلكان نشاط قوي لإزاحة جذر DPPH بقيمة  $\text{IC}_{50}$  تقدر بـ  $549.88 \pm 12.00$  ميكروغرام/مل و  $1093.48 \pm 54.58$  ميكروغرام/مل على الترتيب. بالإضافة الى ذلك بينت النتائج ان المستخلصان يمتلكان قدرة جيدة مضادة للأكسدة مقدرة بـ  $45.06 \pm 1.87$  ميكروغرام من حمض الأسكوربيك/مغ من المستخلص المائي و  $109.65 \pm 4.75$  ميكروغرام من حمض الأسكوربيك/مغ من المستخلص المائي على التوالي. في الختام، تظهر النتائج المتحصل عليها أن *A.sativa* تمتلك قدرة مضادة للأكسدة مما يجعلها مصدرا هاما لهذه المركبات التي بإمكانها ان توفر "قيمة مضافة" لتعزيز العديد من القطاعات مثل الأطعمة الوظيفية والمغذيات.

**الكلمات المفتاحية:** *Avena sativa*, الاجهاد التأكسدي، مضادات الاكسدة، عديدات الفينول.

## Abstract

The aim of this study is to evaluate the antioxidant activity of aqueous (E. Aq) and methanolic (E. Met) extracts obtained from *Avena sativa* seeds. The extracts were analysed for their total polyphenols and flavonoids contents using the Folin-Ciocalteu and aluminum trichloride methods respectively. The results showed that the Met.E is rich in polyphenols ( $24.05 \pm 1.73 \mu\text{g EGA} / \text{mg of extract}$ ) compared to Aq.E which is richer in flavonoids ( $0.52 \pm 0.2 \mu\text{g EQ} / \text{mg of extract}$ ). The antioxidant activity of the two extracts was evaluated *in vitro* using DPPH radical and total antioxidant capacity tests. The results showed that the Met.E and Aq.E exhibited a good scavenging activity against DPPH radicals with  $\text{IC}_{50}$  values of  $549.88 \pm 12.00 \mu\text{g} / \text{ml}$  and  $1093.48 \pm 54.58 \mu\text{g} / \text{ml}$  respectively. In addition, the Met.E and the Aq.E possess an important antioxidant capacity ( $45.06 \pm 1.87 \mu\text{g}$  equivalent of ascorbic acid / mg of Met.E, and  $109.65 \pm 4.75 \mu\text{g}$  equivalent of ascorbic acid / mg of the Aq.E). In conclusion, the results obtained show that *A. sativa* has a promising antioxidant potential and constitutes an important source for identifying bioactive substances, revealing that our extracts can provide "added value" to enhance several sectors such as functional foods and nutraceuticals.

**Keywords:** *Avena sativa*, oxidative stress, antioxidant, polyphenols.