

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



UNIVERSITE AHMED DRAIA

جامعة أحمد دراية- أدرار

Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département des Sciences de la Matière

Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme de Master en

**Chimie**

Option : Chimie de l'environnement

**Thème**

**Caractérisation de quelques paramètres physico-chimique de *Moringa oleifera* de la région d'Adrar**

Préparé par:

*M<sup>lle</sup>* DIHAJ Mebarka

et

*M<sup>lle</sup>* SEDDIKI Halima

Devant le jury

Mr. HABCHI Abdelmadjid

Président

MCB

Université Ahmed Draia-Adrar

M<sup>lle</sup>. HENOUDA Sarra

Rapporteur

MCB

Université Ahmed Draia -Adrar

M<sup>lle</sup>. CHERGUI Yamina

Co-rapporteur

MCB

Université Ahmed Draia –Adrar

M<sup>lle</sup> BOUDAOU D Nacera

Examineur

MCB

Université Ahmed Draia -Adrar

**Année universitaire 2020/2021**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République algérienne populaire et démocratique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE AHMED DRAYA - ADRAR

BIBLIOTHÈQUE CENTRALE

Service de recherche bibliographique

N°.....B.C/S.R.B//U.A/2021



جامعة احمد دراية - ادرار

المكتبة المركزية

مصلحة البحث البليوغرافي

الرقم.....م.م/م.ب.ب/ج.أ/2021

## شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة): سودة مسارة

المشرف مذكرة الماستر.

الموسومة بـ : .....  
Caractérisation de quelques paramètres physico-chimiques du Moringa oleifera de la région d'Adrar

من إنجاز الطالب(ة): صديقي حليمة



و الطالب(ة): صباح مباركة

كلية : العلوم والتكنولوجيا

القسم : علوم المادة

التخصص : كيمياء المحيط

تاريخ تقييم / مناقشة:

أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها. وبإمكانهم إيداع النسخ الورقية (02) والايكترونية (PDF).

- امضاء المشرف:

Sof

ادرار في : 2021/06/30

مساعد رئيس القسم:



د. سميلي بلال  
رئيس قسم علوم المادة

# *Remerciements*

*Au tout puissant Allah*

*de nous avoir donné le courage et la patience  
pour mener à terme ce travail.*

*Nous adressons nos sincères remerciements et notre reconnaissance profonde à notre encadrante du mémoire Dr " Sarra HÉNOUDA " pour ses connaissances, ses conseils avisés et ses critiques constructives.*

*Nous remercions Dr " CHERGUI Yamina" notre co-encadrante pour sa collaboration.*

*Nos vifs remerciements vont également au Dr " Amina Attou" pour sa précieuse contribution.*

*Nous remercions les membres du jury pour leur collaboration à l'évaluation de ce mémoire. Veuillez recevoir nos sincères remerciements et notre profond respect.*

*Nous adressons aussi nos sincères remerciements à tous les ingénieurs du laboratoire pédagogique de l'université Ahmed DRAIA.*

*Sans oublier de remercier nos chers enseignants de l'école primaire à l'université surtout ceux du département de sciences de la matière.*

*Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire. Enfin, nous remercions nos pères et mères pour leur soutien tout au long de notre parcours, alors que Dieu les récompense en notre nom.*

## *Dédicace*

*Je remercie le bon Dieu, tout puissant de m'avoir aidé à achever ce travail, lequel je dédie à toutes les personnes qui me sont chères.*

*A mes parents aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*A mes sœurs: Naïma, Mebarka, Meriem et Samia et leurs enfants.*

*A mon frère Mohamed et à sa femme Rabiaa et leurs enfants.*

*A Ma binôme Mebarka et à sa famille.*

*J'adresse aussi mes dédicaces à mes amies avec qui j'ai passé des moments agréables, en particulier à :  
Mebarka, Fatiha, Messaouda, Meriem, Zaynab, Zohra et Fatima.*

*A toute la promotion Master II chimie de l'environnement 2021.*

*A tous ceux que j'aime et que je respecte et tous qui me connaissent de près ou de loin.*

*Halima*

# Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
"وقل اعملوا، فسيري الله عملكم ورسوله والمؤمنين"  
صدق الله العظيم

*Je remercie le bon Dieu, tout puissant de m'avoir aidé à mener ce travail, lequel je dédie à toutes les personnes qui me sont chères.*

*Je le dédie à celui que Dieu a couronné de prestige et de dignité, à mon exemple et à mon soutien dans la vie, « Mon Père », dont je porte le nom, en espérant qu'il sera toujours fier de moi.*

*A celle qui m'a élevé, illuminé mon chemin et m'a aidé par ses prières et des supplications. A qui était sa supplication le secret de mon succès: "Ma mère, ma mère, ma mère".*

*A mes chers frères et sœurs " Fatiha, Mohammad,  
Fatima, Abd Qadir, Mariam, Anfal "*

*A tous ceux que j'aime et que je respecte et tous qui me connaissent de près ou de loin.*

*Mebarka*

## **Résumé**

L'exploitation des plantes à des fins thérapeutiques ou préventives est une pratique courante depuis des milliers d'années, sachant qu'une grande partie de l'intérêt de la recherche actuelle est liée à l'étude de molécules antioxydantes d'origine naturelle, tels que les polyphénols. La présente étude s'articule autour de l'évaluation du potentiel antioxydant in vitro des composés phénoliques obtenus à partir des extraits bruts hexanique, dichlorométhane, méthanolique et aqueux de la poudre de feuilles de la plante *Moringa oleifera* de la région d'Adrar, sud-ouest Algérien, qui se caractérise par son importance nutritionnelle et médicale, amplement utilisée dans les pays africains. L'effet antioxydant a été déterminé en mesurant le pouvoir réducteur des différents extraits bruts de *Moringa oleifera*, en évaluant leur activité antiradicalaire contre le DPPH. En outre, il a été ensuite évalué en évaluant le pouvoir réducteur du fer (FRAP) des quatre extraits. Les résultats de cette étude ont montré que la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* contient des niveaux élevés d'antioxydants et l'extrait méthanolique étant le plus actif en utilisant les deux techniques (IC50:  $1.958 \pm 0.161$ mg/ml vs.  $2.673 \pm 0.034$ ). Les tests phytochimiques ont révélé la présence de plusieurs substances comme les flavonoïdes et les tanins.

**Mots clés:** *Moringa oleifera*, polyphénols, activité antioxydante, IC50, Adrar.

## الملخص

يعتبر استخدام النباتات لأغراض علاجية أو وقائية ممارسة شائعة منذ آلاف السنين، مع العلم أن جزءًا كبيرًا من اهتمام البحث الحالي مرتبط بدراسة الجزيئات المضادة للأكسدة ذات الأصل الطبيعي، مثل البوليفينول. تدور دراستنا حول تقييم إمكانات مضادات الأكسدة في المختبر للمركبات الفينولية التي تم الحصول عليها من المستخلصات الخام السداسية، وثنائي كلورو ميثان، والميثانول والمائي لأوراق نبات المورينجا أوليفيرا من منطقة أدرار، جنوب غرب الجزائر، حيث تستخدم على نطاق واسع في البلدان الأفريقية، لأهميتها الغذائية والطبية. تم تحديد تأثير مضادات الأكسدة عن طريق قياس القدرة المختزلة لمستخلصات خام المورينجا الخام المختلفة، من خلال تقييم نشاطها المضاد للجذور الحرة ضد DPPH. بالإضافة إلى ذلك، تم تقييمه من خلال قياس القوة المختزلة للحديد (FRAP) للمستخلصات الأربعة. أظهرت نتائج هذه الدراسة أن مسحوق أوراق المورينجا أوليفيرا يحتوي على مستويات عالية من مضادات الأكسدة، المستخلص الميثانولي هو الأكثر نشاطًا باستخدام كلتا الطريقتين ( $IC_{50}: 1.958 \pm 0.161 \text{mg / ml}$  مقابل  $0.034 \pm 2.673$ )، وأظهرت الاختبارات الكيميائية النباتية أن وجود العديد من المواد مثل الفلافونويد والعفص.

الكلمات المفتاحية: المورينجا أوليفيرا، نشاط مضاد للأكسدة البوليفينول،  $IC_{50}$ . أدرار.

## **Abstract**

The use of plants for therapeutic or preventive purposes has been a common practice for thousands of years, knowing that a large part of current research interest to the antioxidant molecules study from natural origin, like polyphenols. Our study revolves around the evaluation of the antioxidant potential in vitro of phenolic compounds obtained from the raw hexanoic, dichloromethane, methanolic and aqueous extracts of the leaves of the *Moringa oleifera* plant from Adrar region, southwest Algeria, widely used in African countries, characterized by its nutritional and medical importance. The antioxidant effect was determined by measuring the reducing power of various crude extracts of *Moringa oleifera*, by evaluating their anti-free radical activity against DPPH. In addition, it was then evaluated by measuring the reducing power of iron (FRAP) of the four extracts. The results of this study showed that *Moringa oleifera* leaf powder contains high levels of antioxidants. The methanolic extract is the most active extract using both techniques (IC50:  $1.958 \pm 0.161$  mg / ml vs.  $2.673 \pm 0.034$ ). Phytochemical tests revealed the presence of several substances such as flavonoids and tannins.

## **Key words**

*Moringa oleifera*, polyphenols, antioxidant activity, IC50, Adrar.

## Table des matières

Introduction .....	1
Chapitre 1: Synthèse bibliographique .....	2
Partie 01: Généralité sur la plante <i>Moringa oleifera</i> .....	3
1. <i>Moringa oleifera</i> .....	3
2. Classification systématique de <i>Moringa oleifera</i> .....	3
3. Description botanique de <i>Moringa oleifera</i> .....	3
4. Techniques de récolte de feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	7
5. Applications de <i>Moringa oleifera</i> .....	7
5.1. Utilisations alimentaires .....	7
5.2. Clarification de l'eau .....	7
5.3. Applications médicinales et thérapeutiques .....	7
5.4. Autres applications .....	7
Partie 02: Métaboles secondaires .....	8
1. Métabolites secondaires des plantes .....	8
2. Synthèse de métabolites secondaires chez les végétaux .....	8
3. Familles des métabolites secondaires .....	9
3.1. Composés phénoliques .....	8
3.2. Alcaloïdes .....	9
3.3. Terpènes .....	9
Partie 03: Activité antioxydante .....	10
1. Stress oxydatif .....	10
2. Radicaux libres .....	10
2.1. Différents types de radicaux libres .....	10
2.2. Dommages causés par les radicaux libres .....	10
3. Antioxydants .....	10
3.1 Types des antioxydants .....	11
Chapitre 2: Matériel et méthodes .....	
1. Objectif de l'étude .....	14
2. Description de la zone d'étude .....	14
3. Préparation de l'échantillon végétal .....	14
4. Tests phytochimiques (Analyse qualitative) .....	14
5. Extraction de l'huile essentielle de <i>Moringa oleifera</i> .....	18
6. Extractions à chaud .....	18
7. Evaluation de l'activité antioxydante .....	19
7.1 Méthode de DPPH .....	20
7.2 Méthode de FRAP .....	20
Chapitre 3: Résultats et discussion .....	23
1. Tests phytochimiques .....	23
2. Teneur en eau .....	23
3. Huile essentielle .....	23
4. Rendement des extraits .....	24

<b>5. Activité antioxydante .....</b>	<b>24</b>
<b>Discussion.....</b>	<b>28</b>
<b>Conclusion &amp; perspectives.....</b>	<b>31</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>39</b>
<b>Références bibliographiques</b>	

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Classification de <i>M. oleifera</i> .....	3
<b>Tableau 2:</b> Résultats du screening phytochimique des feuilles de <i>M. oleifera</i> .....	23
<b>Tableau 3:</b> Rendements des extraits de <i>M. oleifera</i> de notre étude.....	24
<b>Tableau 4:</b> Concentrations des extraits et des standards à IC50 par FRAP. ....	25
<b>Tableau 5:</b> Concentrations des extraits et des standards à IC50 par DPPH. ....	26

## Liste des figures

<b>Figure. 1:</b> <i>M. oleifera</i> .....	4
<b>Figure. 2:</b> Feuilles de <i>M. oleifera</i> .....	5
<b>Figure. 3:</b> Fleurs de <i>M. oléifera</i> .....	5
<b>Figure. 4:</b> Gousses de <i>M. oleifera</i> .....	6
<b>Figure. 5:</b> Grains de <i>M. oleifera</i> . .....	6
<b>Figure. 6:</b> Dispositif de l'extraction au Soxhlet .....	19
<b>Figure. 7:</b> Structure chimique du radical DPPH et de sa forme réduite. ....	20
<b>Figure. 8:</b> Différents extraits .....	24
<b>Figure. 9:</b> Concentrations efficaces à piégé 50%(EC50) du FRAP par les extraits étudiés et les standards (acide ascorbique et acide gallique).....	25
<b>Figure. 10 :</b> PI des antioxydants par la FRAP en fonction des concentrations des extraites et des standard (acide ascorbique et l'acide gallique).....	26
<b>Figure. 11:</b> Cconcentrations efficaces à piégé 50% (EC50) du radical DPPH par quatre extraits étudiés et les standards (l'acide ascorbique et gallique). ....	27
<b>Figure. 12:</b> PI de réduction du radical libre DPPH en fonction des concentrations des standards (acide ascorbique et acide gallique) .....	27
<b>Figure. 13:</b> PI de réduction du radical libre DPPH en fonction de la concentration des quatre extraits de <i>M. oleifera</i> étudiés .....	28

## Liste des abréviations

**%**: Pourcentage.

**°C**: Degré Celsius.

**cm**: centimètre.

**DO**: Densité Optique.

**DPPH**: 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl.

**EC50**: Concentrations Efficaces à piégé 50%.

**FeCl<sub>3</sub>**: Chlorure ferrique.

**Fe<sup>2+</sup>**: Fer ferreux.

**Fe<sup>3+</sup>**: Fer ferrique.

**FRAP**: Pouvoir Antioxydant Réducteur Ferrique.

**g**: gramme.

**h**: heure.

**IC50**: Concentration Inhibitrice 50%.

**K<sub>3</sub>Fe**: Ferricyanure de potassium.

**m**: mètre

**mg/ml**: milligramme par millilitre.

**ml**: millilitre.

***M. oleifera***: *Moringa oleifera*.

**PI**: Pourcentage d'inhibition.

**µl**: microlitre.

## Introduction

Le stress oxydatif est le résultat d'une perturbation de la signalisation et l'homéostasie redox (Jones DP., 2006), impliqué potentiellement dans le développement de nombreuses pathologies telles que les maladies cardio-vasculaires, le cancer, le diabète et le vieillissement (Govindarajan et al., 2005; Codoñer-Franch et al., 2011, Thayyil et al., 2016).

La préférence pour les antioxydants d'origine naturelle constitue aujourd'hui une voie de recherche en plein essor, afin d'atténuer la faillite du système de défense antiradicalaire naturel. De nombreuses plantes médicinales ont montré leur vertu antioxydante dans un but curatif ou préventif.

*Moringa oleifera* est une plante vivace, copieusement utilisée par les habitants des oasis du Sud-ouest Algérien. Bien que la littérature a montré l'immense valeur nutritive de ses feuilles, néanmoins très peu d'études se sont intéressées aux attributs pharmacologiques de ses feuilles dans la région.

L'objectif principal de la présente étude est d'évaluer l'activité antioxydante des extraits de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera*, et de réaliser le screening phytochimique permettant de mettre en évidence la présence de certains composés chimiques.

# **Chapitre 1**

## **Synthèse bibliographique**

## Partie 01: Généralité sur la plante *Moringa oleifera*

### 1. *Moringa oleifera*

*Moringa oleifera* est l'espèce la plus connue et la plus répandue des treize espèces du genre *Moringa*. Elle est originaire de la frontière entre l'Inde, le Pakistan et le Népal, largement cultivé dans d'autres régions tropicales (Ravindra et al., 2016).

*Moringa oleifera* est un arbre qui a plusieurs noms. En Afrique, le nom le plus courant est nébéday, un nom probablement dérivé du mot anglais « Never die », désignant sa capacité à résister à la sécheresse, se reproduire et se régénérer rapidement même après une coupe importante (Fuglie, 2001). En Inde, on l'appelle Dumstick pour appeler la forme du fruit qui ressemble à une baguette (Pousset, 1999).

### 2. Classification systématique de *Moringa oleifera*

La classification systématique de *Moringa oleifera* est présentée dans le tableau ci-dessous:

**Tableau 1:** Classification de *M. oleifera* (Bichi, 2013).

<b>Règne</b>	Végétal
<b>Embranchement</b>	Spermatophytes
<b>Sous embranchement</b>	Angiosperme
<b>Classe</b>	Dicotylédones
<b>Sous Classe</b>	Dillenidae
<b>Ordre</b>	Capparales (capparidacées)
<b>Famille</b>	Moringaceae
<b>Genre</b>	<i>Moringa</i>
<b>Espèce</b>	<i>Moringa oleifera</i>

### 3. Description botanique de *Moringa oleifera*

*Moringa oleifera* est un arbre à usages multiples, largement cultivé sous les climats tropicaux et subtropicaux du monde entier. Sa hauteur atteint les 12 m, avec une croissance rapide ainsi qu'une forte résistance à la sécheresse (Foild et al., 2001; Soulemane N et al., 2018).



**Figure.1:** *M. oleifera* (photo prise).

### **Tronc**

Le tronc peut généralement atteindre 1,5 à 2 mètres de haut, et 20 à 40 cm de diamètre (Foidl et al., 2001).

### **Feuilles**

Les feuilles (figure 2) de forme ovale et imparipennées, ayant une couleur verte claire, d'environ 1 cm de long (Saint-Sauveur A., 2010).

### **Fleurs**

Les fleurs (figure 3) sont de couleur blanc-crème, composées de cinq pétales inégaux (Rolaff et al., 2009).

### **Fruits**

Le fruit (figure 4) est une capsule, qui peut atteindre une longueur allant jusqu'à 30 à 50 cm, sa couleur est beige à grisâtre (Delpha I., 2011).

### **Grains**

Les graines ont une forme sphérique, une collure noire et sont entourées d'un péricarpe qui forme trois ailes (figure 5).

**Racines**

Les racines sont blanches, gonflées et dégagent une odeur distincte (Rolaff et al 2009).



**Figure. 2:** Feuilles de *M. oleifera* (photo prise).



**Figure. 3:** Fleur de *M. oleifera* (photo prise).



**Figure.4:** Gousses de *M. oleifera* (photo prise).



**Figure.5:** Grains de *M. oleifera* (photo prise).

#### **4. Techniques de récolte de feuilles de *Moringa oleifera***

La récolte des feuilles de *Moringa oleifera* peut être effectuée tous les 30 à 45 jours, trois à quatre mois après le semis, de préférence aux heures fraîches de la journée, tôt le matin ou tard le soir, en coupant toutes les branches feuillées à 50 cm du sol (Irénee Modeste Bidima, 2016).

#### **5. Applications de *Moringa oleifera***

##### **5.1. Utilisations alimentaires**

Toutes les parties de la plante rentrent dans l'alimentation humaine ou animale, pouvant être consommées fraîches ou réduites en poudre (Foidl *et al.*, 2001 ; Brion, 2005).

Le Moringa représente un bon fourrage pour le bétail (Foidel *et al.*, 2001). De nombreuses études ont prouvé son efficacité dans l'amélioration significative du rendement (Reyes, 2006; Ben Salem et Makkar, 2009; Paguia *et al.*, 2014).

##### **5.2. Clarification de l'eau**

Les graines de *Moringa oleifera* ont prouvé leur efficacité dans l'éclaircissement des eaux troubles, dissipant ainsi 90 à 99% des bactéries (Pamo *et al.*, 2002).

##### **5.3. Applications médicinales et thérapeutiques**

*Moringa oleifera* est une plante médicinale, à de nombreuses propriétés pharmacologiques, notamment dans le traitement des maladies métaboliques, inflammatoires et infectieuses (Ferreira *et al.*, 2007).

##### **5.4. Autres applications**

L'huile de Moringa est connue pour son utilisation comme lubrifiant (Ramachandran *et al.*, 1980 cité par Foidl *et al.*, 2001) ou source de biogaz (Malo, 2014). Elle est également utilisée dans l'industrie cosmétique en raison de sa qualité supérieure (Foidl *et al.*, 2001).

## **Partie 02: Métaboles secondaires.**

### **1. Métabolites secondaires des plantes**

On désigne par métabolite secondaire toute substance biologique qui ne participe pas directement aux processus de base de la cellule vivante. Ces composés secondaires sont présents chez toutes les plantes supérieures, regroupant plusieurs dizaines de milliers de molécules différentes, généralement rassemblées en superfamilles chimiques telles que les polyphénols, les terpènes et stérols, les alcaloïdes, les polypeptides, ... Outre, la très grande diversité chimique qu'ils représentent, ces métabolites secondaires se caractérisent couramment par de faibles concentrations au niveau des tissus végétaux (Borris et al., 1988; Hartmann, 2007; Levasseur-Garcia et al., 2013). L'homme les utilise souvent comme colorants, antibiotiques, herbicides, ... (Merzougui et al., 2015).

### **2. Synthèse de métabolites secondaires chez les végétaux**

Ils sont synthétisés à partir des précurseurs originaires du métabolisme primaire (Kabera et al., 2014). Ces composés sont souvent considérés comme n'étant pas indispensables à la vie de la plante mais plutôt ils s'impliquent dans sa défense contre le stress biotiques et abiotique, et également dans l'amélioration de l'efficacité de sa reproduction (Guitton, 2010).

En réponse au stress biotique ou abiotique environnemental, des cascades réactionnelles menant à la transcription de certains gènes de facteurs de transcription spécifiques, qui déclenchent à leur tour l'activité transcriptionnelle d'autres gènes codant pour des enzymes directement impliquées dans la biosynthèse des métabolites secondaires.

### **3. Familles des métabolites secondaires**

Les métabolites secondaires bioactifs sont répartis en trois grandes familles chez les végétaux (Krief, 2003):

#### **3.1. Composés phénoliques**

Les polyphénols sont des métabolites secondaires amplement répandues dans le règne végétal (Xiuzhen et al., 2007; Quideau et al., 2011), s'impliquant dans certains critères de qualité des végétaux, entre autre la couleur, le goût, l'amertume et l'astringence (Milane, 2004; Macheix et al., 2006).

Les polyphénols ont tous en commun un cycle aromatique (C<sub>6</sub>) portant un ou plusieurs groupements hydroxyles, libres ou engagés dans une autre fonction chimique

(étherméthylque, ester,...) (Michalak, 2006). Ils sont dotés de nombreux potentiels biologiques (Naczk et Shahidi, 2004).

### **3.1.1. Classification des composés phénoliques**

Plus de 8000 composés phénoliques naturels ont été isolés (Erdman et al., 2007 ; Batra et Sharma, 2013). Les polyphénols sont repartis en plusieurs catégories selon leur structure qui varie de molécules simples aux molécules hautement polymérisés (Harnly et al., 2007), en citant par exemple, les acides phénoliques, les flavonoïdes, les tannins et les coumarines (King et Young, 1999; Tapiero et al., 2002).

### **3.1.2. Propriétés des composés phénoliques**

#### **A. Propriétés physico-chimiques**

Les polyphénols sont habituellement des molécules aromatiques solubles dans les solvants polaires tels que l'éthanol, le méthanol et l'eau (Benkrief, 1990). Alors que ceux moins polaires comme les isoflavones, les flavonones, les flavones et les flavonols sont plus solubles dans d'autres solvants organiques tels que l'éther et le chloroforme (Verykokidou-Vitsaropoulou et al., 1986).

#### **B. Propriétés biologiques**

Ils possèdent de nombreuses activités biologiques anti-inflammatoires, antibactériennes, antifongiques, antioxydantes et même anticancéreuse (Montoro et al., 2005).

### **3.2. Alcaloïdes**

Ils désignent des substances naturelles hétérocycliques, de structure complexe, dérivant des acides aminés, et doué de propriétés physiologiques même à faible concentrations (Zenk et al., 2007). Les alcaloïdes sont largement utilisés comme des antalgiques, des spasmolytiques et des antitussifs (Stöckigt et al., 2002).

### **3.3. Terpènes**

Les terpènes sont des métabolites secondaires dont l'acide mévalonique est le seul précurseur biosynthétique connu (Rouessac et Rouessac, 2004), classés selon le nombre de leurs unités isoprènes. Beaucoup de monoterpènes et les sesquiterpènes sont appelés huiles essentielles (Raven et al., 2003).

## **Partie 03: Activité antioxydante**

### **1. Stress oxydatif**

Le stress oxydatif est actuellement défini comme étant la perturbation de la signalisation et l'homéostasie redox (Jones DP., 2006), il n'est plus considéré comme perte de l'équilibre entre les pro-oxydants et les antioxydants en faveur des pro-oxydants. Un état du stress oxydatif provoque de dommages cellulaires fréquemment irréversibles tel que l'oxydation des sucres et des protéines, la peroxydation des lipides voire même des mutations génétiques (Gutteridge, 2001).

### **2. Radicaux libres**

Un radical libre est une espèce chimique, ayant une existence indépendante, instable et réactive suite à une perte d'un ou plusieurs électrons (Halliwell, 1996), provoquée par des facteurs physiques ou chimiques (rayonnements ultraviolets, radiations ionisantes, tabac, ... (Leverve, 2009).

#### **2.1. Différents types de radicaux libres**

Parmi toutes les espèces réactives oxygénées, les radicaux primaires sont un groupe restreint jouant un rôle physiologique, en citant par exemple l'anion superoxyde, le radical hydroxyle, le monoxide d'azote, .... Leur réaction sur les composés biochimiques cellulaires engendre la formation des radicaux secondaires telles que l'oxygène singulet, le peroxyde d'hydrogène et le nitroperoxyde (Favier, 2003).

#### **2.2. Dommages causés par les radicaux libres**

Le stress oxydatif est responsable de nombreuses affections neurodégénératives comme l'Alzheimer (Haider et al., 2011), les œdèmes et le vieillissement prématuré de la peau (Aurousseau, 2002; Georgetti et al., 2003; Valko et al., 2006), de certaines maladies cardiovasculaires (Nijs et al, 2006), des atteintes cancéreuses en réprimant l'apoptose et en favorisant la prolifération, l'invasion ainsi que la métastase (Halliwell, 2007).

### **3. Antioxydants**

Les antioxydants sont des molécules pouvant retarder ou empêcher l'oxydation de substances biologiques (Karou et al., 2005). Selon leur origine, ils sont répartis en antioxydants endogènes et exogènes (Mates, 2000).

### **3.1 Types des antioxydants**

#### **3.1.1 Antioxydants synthétiques**

Le butylhydroxyanisole (E320) et le butylhydroxytoluène (E321) sont les antioxydants synthétiques les plus utilisés dans l'industrie agroalimentaire, grâce à leur solubilité dans les milieux lipidiques, ils sont toxiques et/ou cancérogènes à haute dose (Gordon, 1990).

Le 2-tertiobutyl-4-hydroxyquinone est caractérisé par sa parfaite solubilité dans les matières grasses et sa haute stabilité thermique mais il est interdit en Europe à cause de sa toxicité (Coppen, 1989).

Les gallates de propyle (E310), d'octyle (E311) et de dodécyle (E312), synthétisés industriellement par estérification de l'acide gallique. Ils sont moins solubles dans les matières grasses et thermosensibles (Frankel, 1993).

#### **3.1.2 Antioxydants d'origine naturelle**

Les principaux antioxydants naturels sont les bioflavonoïdes, les caroténoïdes, les vitamines C et E, et le sélénium. Les sources sont très diverses (Elaerts, 2014):

- Vitamine C: poivron, goyave, oseille, citron, orange, kiwi, choux, papaye, fraises...
- Vitamine E: huile de tournesol, de soja, de maïs, beurre, margarine, œufs...
- Vitamine A: foie, beurre, œufs...
- Sélénium: Poissons, œufs, viandes...
- Zinc: fruits de mer, viandes, pain complet, légumes verts.
- Polyphénols (flavonoïdes et tanins en particulier): fruits.



## **Chapitre 2**

### **Matériel et méthodes**

## **Méthodologie**

### **1. Objectif de l'étude**

Le but de notre recherche est basé sur la caractérisation phytochimique de la poudre de feuille de *Moringa oleifera*, ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits bruts hexanoïque, méthanolique, dichlorométhane et aqueux de la poudre de feuille.

### **2. Description de la zone d'étude**

Notre recherche a été menée sur une partie de l'arbre de *Moringa oleifera* qui est largement utilisée par l'homme, en particulier en Afrique du Sud, où il s'agit de la poudre de feuilles. L'échantillon a été collecté durant le mois de février 2021 du Ksar Wayna dans la région de Mraguen, distante de onze kilomètres de la ville d'Adrar.

### **3. Préparation de l'échantillon végétal**

Les feuilles fraîches de *M. oleifera* sont rapidement bien lavées à l'aide de l'eau du robinet, puis égouttées pendant 30 mn. Les feuilles sont ensuite étalées sur du papier filtre et mises à sécher à l'air libre, mais à l'abri de la lumière et de la poussière, et à une température ambiante pendant une semaine. Les feuilles sèches sont débarrassées de toutes impuretés (tiges, ...), broyées à l'aide d'un broyeur électrique en poudre fine et homogène, qui a été par la suite conservée dans des bocaux en verre, dans un endroit sec.



**Figure.6:** Feuilles de *M. oleifera* avant et après broyage (photo prise).

**4. Tests phytochimiques (Analyse qualitative)** (Raffauf, 1996; Dohou et al, 2003; Judith, 2005; Bruneton, 1993; Timbo, 2003; Diallo, 2005; Bekro et al, 2007; Houghton et Raman, 1998; Kar, 2007).

Les techniques de détection utilisables dans l'objectif de réaliser un screening des substances actives doivent être rapides, simples, reproductibles et précises afin de mettre en

œuvre qu'une faible quantité de matière végétale. Ces méthodes sont donc limitées à la détection de quelques groupes chimiques. Elles n'ont d'ailleurs qu'une valeur indicative, et une confirmation ultérieure par des méthodes plus sensibles et plus sélectives est incontournable (Wagner et al., 1996).

### **4.1 Teneur en eau**

Elle est déterminée par la méthode gravimétrique qui consiste à la détermination de la perte de masse par dessiccation à l'étuve, selon la formule suivante:

$$\% \text{ Eau} = (\text{masse fraîche} - \text{masse sèche} / \text{masse fraîche}) \times 100.$$

### **4.2 Alcaloïdes**

#### **A. Macération**

10 g de poudre végétale de *Moringa oleifera* a été mis dans un erlenmeyer de 250 ml, à laquelle on ajoute 50 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dilué au 1/10 (50 ml). Agiter et macérer durant 24h à température ambiante. Filtrer, sur papier lavé avec de l'eau distillée, de manière à remporter environ 50 ml de filtrat.

#### **B. Réactions de caractérisation**

##### **• Réactif de Mayer**

1 ml de filtrat + 5 gouttes du réactif de Mayer (5 g de KI et 1,358 g de HgCl<sub>2</sub> solubilisés dans 100 ml d'eau distillée), qui provoque un précipité blanc- jaunâtre indiquant la présence des alcaloïdes.

##### **• Réactif de Wagner**

1 ml de filtrat + 5 gouttes de réactif de Wagner (2 g de KI et 1,27g d'I<sub>2</sub> solubilisé dans 100 ml d'eau distillée), qui provoque un précipité brun signalant la présence des alcaloïdes.

#### **C. Test de confirmation**

Une extraction de la poudre végétale en milieu acide a été effectuée afin de confirmer la présence des alcaloïdes, en macérant 5 g de poudre de *Moringa oleifera* dans 25 ml d'acide chlorhydrique 0,05N, durant 24h, sous agitation magnétique à température ambiante; puis filtrer et lavé à l'eau distillée. La solution obtenue est ensuite ajustée à 20 ml avec de l'eau distillée, puis refaire les mêmes tests de caractérisation précédente.

### **4.3 Dérivés anthracéniques y compris les quinones et les anthraquinones**

**Extrait chloroformique:** à 1 g de poudre végétale de *Moringa oleifera*, ajouter 10 ml de chloroforme et chauffer au bain marie pendant 3 mn, filtrer à chaud et compléter à 10 ml si nécessaire.

**Hydrolysât:** ajouter 10 ml d'eau distillée et 1 ml d'acide chlorhydrique concentré, à une partie du résidu de la poudre végétale épuisée par le chloroforme. Maintenir le tube à essai dans le bain marie bouillant durant 15 mn. Refroidir sous un courant d'eau et filtrer. Compléter à 10 ml avec l'eau distillée.

#### **Caractérisation**

**Dérivés anthracéniques libres:** 1 ml d'extrait chloroformique + 1 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  dilué. Agiter; la coloration plus ou moins rouge indique la présence d'anthraquinones libres.

#### **Dérivés anthracéniques combinés**

##### **O-hétérosides (anthraquinones)**

Ajouter 5 ml de chloroforme à 5 ml d'hydrolysât, agiter puis soutirer la phase organique et l'introduire dans un tube à essai, ajouter 1 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  dilué, agiter. Une coloration rouge plus ou moins intense divulgue la présence des anthraquinones.

##### **O-hétérosides à génines réduites**

Ou bien 3 à 4 gouttes de  $\text{FeCl}_3$  à 10 % sont ajoutés à 5 ml d'hydrolysât, au bain marie, chauffer durant 5 mn. Refroidir, agiter avec 5 ml de chloroforme. Soutirer la phase chloroformique et l'introduire dans un tube à essai, ajouter 1 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  dilué et agiter. Une coloration rouge plus intense indique la présence de produits d'oxydation des anthranols ou anthrones.

##### **C-hétérosides**

Reprendre la phase aqueuse conservée au cours de la caractérisation des O-hétérosides par 10 ml d'eau distillée et ajouter 1 ml de  $\text{FeCl}_3$  à 10%. Maintenir le tube à essai dans un bain marie bouillant durant 30 mn, refroidir et agiter avec 5 ml de chloroforme, soutirer la phase chloroformique dans un tube à essai. Ajouter 1 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  dilué et agiter. La présence de génines de C-hétérosides est réélé par une coloration rouge plus ou moins intense.

### **4.4 Saponosides**

Elle se fait sur le décocté à 10% de la poudre végétale. Dans une série de 10 tubes à essai, répartir 1, 2, ..., 10 ml d'extrait et ajuster le volume à 10 ml dans chaque tube. Agiter, ensuite

dans le sens de la longueur pendant 15 secondes en raison de 2 agitations par seconde, mesurer la hauteur de la mousse dans chaque tube après un repos de 15 mn. Celui (X) dans lequel la hauteur fait 1 cm indique la valeur de l'indice de mousse qui est déterminée selon la formule suivante:

$$\text{Indice de mousse} = \text{hauteur de mousse (en cm) dans le X}^{\text{e}} \text{ tube} \times 5 / 0,0X.$$

### **4.5 Coumarines**

Dans un tube à essai, mettre 1 g de la plante humide, à l'aide du papier imbibé d'une solution de NaOH, couvrir le tube et le placer dans un bain marie durant quelques minutes, puis ajouter 0,5 ml de NH<sub>4</sub>OH (10%). Sur un papier filtre, poser deux tâches et les examiner sous la lumière ultraviolette. La fluorescence des tâches témoigne la présence des coumarines.

### **4.6 Stérols et triterpènes: réaction de Lieberman-Burchard**

La mise en évidence des stérols et triterpènes est effectuée en macérant à l'éther, la poudre végétale durant 24 h, après évaporation à sec, l'extrait éthérique est ensuite repris avec 1 ml de l'anhydride acétique puis 1 ml de chloroforme, déposer de l'acide sulfurique au fond du tube, contenant l'extrait. Leur présence est révélée par l'apparition d'un anneau rouge-brunâtre ou violet à la zone de contact des deux liquides, la couche surnageante devenant verte ou violette.

### **4.7 Tanins**

**Préparation de l'infusé:** 5 g de la poudre sèche a été infusée pendant 15 mn, dans 100 ml de l'eau distillée (infusé à 5%).

#### **Tanins catéchiques**

A 30 ml d'infusé, 15 ml de réactif de Stiasny (10 ml de formol à 40% plus 5 ml HCl concentré) ont été ajoutés, puis chauffer au bain marie à 90°C durant 15 mn. La présence des tanins catéchiques est indiquée par l'apparition d'un précipité.

#### **Tanins galliques**

Filtrer et saturer le filtrat d'acétate de sodium pulvérisé, ajouter 1 ml d'une solution de FeCl<sub>3</sub> à 1%. La présence de tanins galliques (non précipités par le réactif de Stiasny) est indiquée par l'apparition d'une teinte bleu noire.

#### **4.8. Flavonoïdes**

##### **Anthocyanes**

Ajouter 5 ml d'acide sulfurique puis 5 ml de NH<sub>4</sub>OH à 5 ml d'infusé à 5% ayant une coloration plus ou moins foncée. La mise en évidence des anthocyanes est basée sur le changement de la couleur; si la coloration s'accroît suite à l'ajout de l'acide puis tourne au bleu violacé en milieu basique, cela signale la présence d'anthocyane.

##### **Réaction à la cyanidine**

Nous introduisons dans un tube à essai 5 ml d'infusé, ajouter 5 ml d'alcool chlorhydrique (alcool à 95°, eau distillée, HCl concentré à parties égales en volume); 1 ml d'alcool iso amylique puis quelques copeaux de magnésium. Il se produit une réaction de précipitation pendant quelques minutes. Une coloration, au niveau de la couche surnageante d'alcool iso amylique signale la présence d'un flavonoïde libre (génine); rose orangée indique la présence des flavones, rose- violacée indique celle des flavanones et une coloration rouge montre la présence des flavonones ou des flavanonols

Sans ajouter de copeaux de magnésium à la réaction cyanidine puis chauffer durant 15 mn au bain marie, l'apparition d'une coloration rouge cerise ou violacée montrant la présence de leucoanthocyanes, alors que les catéchols donnent une teinte brun-rouge.

#### **5. Extraction de l'huile essentielle de *Moringa oleifera***

L'extraction de l'huile essentielle de feuilles et de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* a été effectuée par hydrodistillation, consistant à introduire directement 100 g de masse végétale sèche dans un alambic rempli d'eau porté ensuite à ébullition durant 3h. L'huile essentielle condensée sur une surface froide, se sépare de l'eau par différence de densité (Fekih, 2015). Ainsi le rendement est déterminé selon la formule suivante:

$$R\% = \text{PH} / \text{PP} \times 100$$

Où PH: poids de l'huile essentielle extraite en g.

PP: poids de la plante sèche en g.

#### **6. Extractions à chaud**

L'extraction est une étape cruciale avant l'analyse quantitative et qualitative proprement dite. On a choisi l'extraction au SOXHLET en fonction de sa simplicité et sa disponibilité au niveau de notre laboratoire (Allaf, 2008). En outre, elle favorise l'extraction relativement complète des métabolites présents dans la matière végétale.

50 g de poudre de feuille *Moringa oleifera* a été soumis à une extraction successive au Soxhlet, en utilisant des solvants organiques de polarité croissante; le n-hexane, le dichlorométhane; le méthanol, et l'eau distillée, chauffé chacun à sa température d'ébullition, permettant alors de fractionner grossièrement ses divers métabolites naturels. L'élimination du solvant a été réalisée à l'aide d'un évaporateur rotatif. Le résidu est à chaque pesé et gardé au congélateur jusqu'à utilisation. Le rendement de chaque extrait est calculé selon la formule suivante:

$$\text{Rendement (\%)} = \frac{P1-P2}{ME} \cdot 100$$

Où: **P2**: poids du ballon vide.

**P1**: poids du ballon après évaporation.

**ME**: masse de la prise d'essai.



**Figure.7:** Dispositif expérimental de l'extracteur Soxhlet.

### **7 Evaluation de l'activité antioxydante**

Deux méthodes ont été utilisés pour évaluer la capacité antioxydante in vitro des quatre extraits de la poudre de feuille de *Moringa oleifera*, il s'agit du pouvoir piègeur du radical DPPH et celui réducteur du fer.

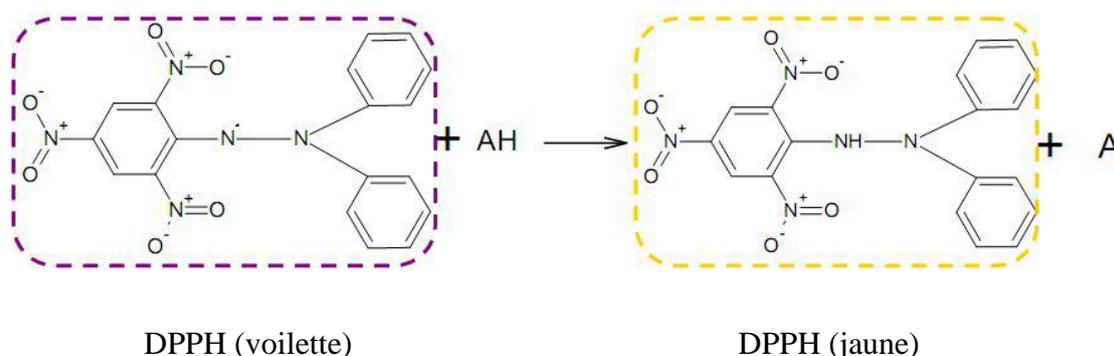
### 7.1 Méthode de DPPH

La molécule de DPPH est un radical libre stable, dont la solution est caractérisée par une coloration violette, une fois mélangée avec une substance donneuse d'atomes d'hydrogène antioxydante, elle se transforme en coloration jaune indiquant la présence de la forme réduite (figure 8) (Brand-Williams, 1995).

50 µl des solutions de différents extraits de *Moringa oleifera* préparés ou celles du standard (acide ascorbique et acide gallique) a été mélangée avec 1950 µl de la solution DPPH préparée, en dissolvant 2,4 mg de DPPH dans 100 ml de méthanol ( $6 \times 10^{-5}$  M), le mélange est laissé à l'obscurité durant 30 min et la décoloration par rapport au contrôle négatif contenant la solution de DPPH et du méthanol est mesurée à 517 nm, l'intensité de la couleur est proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu réactionnel (Mansouri et al., 2005). L'activité antiradicalaire est estimée selon l'équation suivante:

$$\% \text{ d'activité antiradicalaire} = \frac{\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}}{\text{Abs contrôle}} \times 100$$

Puis une valeur critique est calculée, il s'agit de l'IC<sub>50</sub> : concentration inhibitrice de 50% de DPPH utilisé.



**Figure.8:** Structure chimique du radical DPPH et de sa forme réduite.

### 7.2 Méthode de FRAP

Elle consiste en une réduction du Fe<sup>3+</sup> présent dans le complexe ferrocyanure de potassium en Fe<sup>2+</sup>, où 1.25 ml d'une solution tampon phosphate à 0.2 M (pH= 6.6) a été ajouté à 0.5 ml de l'extrait de *Moringa oleifera* à différentes concentrations, rajouter 1.25 ml d'une solution de K<sub>3</sub>Fe (CN)<sub>6</sub> à 1%. Puis, incuber à 50°C durant 20 min, ensuite refroidir à température ambiante. Verser 2.5 ml d'acide trichloracétique à 10% afin de stopper la réaction, centrifuger à 3000g durant 10 min.

Prélever 1.25 ml du surnageant, additionner 1.25 ml d'eau distillée et 250  $\mu$ l d'une solution de  $\text{FeCl}_3 (6\text{H}_2\text{O})$  à 0.1%. Le virement de la couleur jaune du  $\text{Fe}^{3+}$  en bleu vert du  $\text{Fe}^{2+}$  prouve une réaction positive dont l'intensité est mesurée, contre un blanc réalisé de la même façon à la place de l'échantillon on met du méthanol, à 700 nm (Yildirim et al., 2001).

## **Chapitre 3**

### **Résultats et discussion**

## Résultats

### 1. Tests phytochimiques

L'analyse qualitative de la poudre de feuilles de *M. oleifera* vise à mettre en évidence certains types de métabolites secondaires, qui a été faite par des réactions de colorations dont les résultats préliminaires sont regroupés dans le tableau 2.

**Tableau 2:** Résultats du screening phytochimiques préliminaire des feuilles de *M. oleifera*.

Test	Résultat
Dérivés anthracéniques libre	-
O. hétérosides	-
O. hétérosides à génies réduits	-
Saponosides	+/-
Coumarines	+/-
Stérols et terpènes	+
Tanins cachectiques	+
Tanins galliques	+
Présence anthocyane	+ /-
Présence de flavones	+
Catéchols-leuco-anthocyane	+
Alcaloïdes	+/-
HE	-/dégagement d'odeur

- : absence.      + : présence.      +/- : présence faible.

L'étude phytochimique indique que les feuilles de *M. oleifera* sont riches surtout en alcaloïdes et en polyphénols représentés par les flavonoïdes et les tanins.

### 2. Teneur en eau

Après trois essais de calcul de la teneur en eau des feuilles, on a trouvé qu'elles sont riches en eau avec une teneur de  $78.16 \pm 0.76\%$ .

### 3. Huile essentielle

Nous avons suivi la méthode de l'hydrodistillation pour extraire l'huile essentielle, et on a trouvé un rendement en huile essentielle dans les feuilles de *M. oleifera* de 0,0752%.

#### 4. Rendement des extraits

Le rendement des différents extraits de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* sont résumés dans le tableau ci-dessous:



**Figure. 9:** Différents extraits de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* (photo prise).

**Tableau 2:** Rendements des extraits de *M. oleifera*.

Extrait	Rendement (%)
Hexanique	4,58
Dichlorométhane	1,58
Méthanolique	5,28
Aqueux	14

On remarque que l'extrait aqueux a le rendement le plus élevé suivi des fractions méthanoliques, hexane (puis le dichlorométhane à extraite le moins de substances (14%, 5.28%, 4,58% et 1,58% respectivement).

#### 5. Activité antioxydante

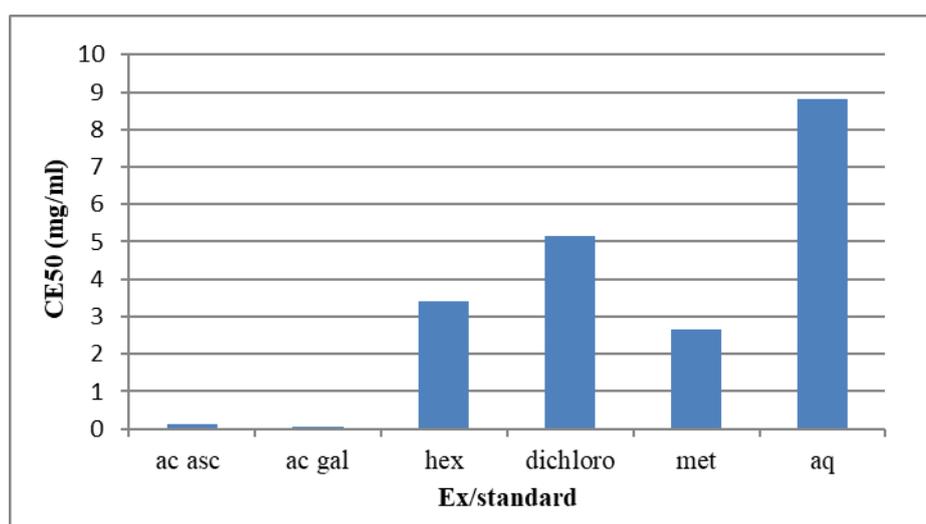
##### 5.1 Activité antioxydant des extraits de *M. oleifera* par FRAP

Les résultats de cette méthode sont représentés par le calcul d'une concentration efficace à 50% (CE<sub>50</sub>), c'est-à-dire une concentration de l'extrait qui peut réduire la moitié de la quantité

de fer qui est dans le milieu réactionnel. Plus cette valeur est petite plus l'extrait est efficace, ayant une bonne activité de réduction de l'ion fer. Les résultats de nos extraits et des standards sont présentés comme suit:

**Tableau 4:** CE<sub>50</sub> des extraits et des standards (acide gallique et ascorbique).

Extrait/standard	CE <sub>50</sub> (mg/ml)
Acide ascorbique	0.111±0.013
Acide gallique	0.065±0.007
Hexanique	3.419±0.112
Dichlorométhane	5.14±0.379
Méthanolique	2.673±0.034
Aqueux	8.802±0.401

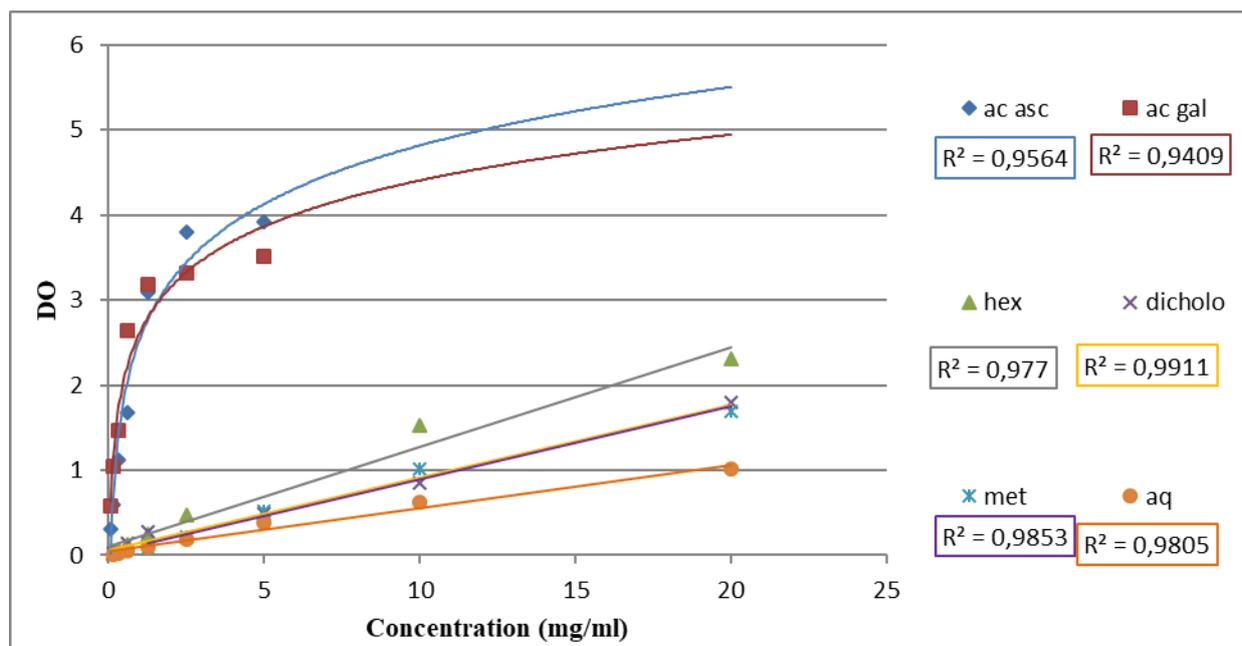


**Figure. 10:** EC<sub>50</sub> des extraits étudiés et des standards (acide ascorbique et acide gallique).

Les résultats obtenus montrent une activité antiradicalaire considérable des quatre extraits de *M. oleifera* avec des CE<sub>50</sub> entre 2,673 et 8,802 mg/ml, permettant de les classer en ordre décroissant d'activité comme suit:

Extrait méthanolique > extrait hexane > extrait dichlorométhane > extrait aqueux.

Ils montrent également que l'acide gallique est plus actif que l'acide ascorbique malgré que ce dernier est le plus utilisé comme standard pour l'activité antioxydante.



**Figure.11** : DO en fonction de la concentration de la FRAP des extraites et des standard (acide ascorbique et l'acide gallique).

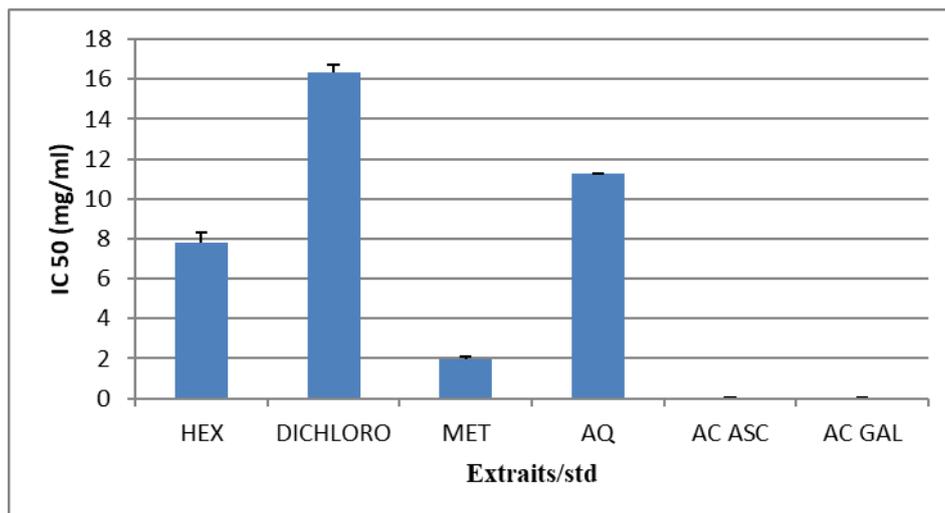
En compare l'activité antioxydante des extraits avec l'activité antioxydante des standards, on peut dire que l'activité antioxydante des quatre extraits de *Moringa oleifera* est inférieure à celle des standards (acide ascorbique et l'acide gallique).

## 5.2 Piégeage du radical libre DPPH

L'utilisation du DPPH pour évaluer l'activité antiradicalaire des extraits est simple et reproductible car ce radical libre est relativement stable. En premier lieu, on trace les courbes de pourcentages de piégeage du DPPH en fonction de la concentration de différents extraits, puis on calcule une valeur critique appelée  $IC_{50}$  qui définit la concentration qui inhibe ou piège 50% du DPPH dans le milieu réactionnel. Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous:

**Tableau 5:**  $IC_{50}$  des extraits et des standards (acide gallique et ascorbique).

Extrait/standard	$IC_{50}$ (mg/ml)
Extrait hexane	7.827±0.515
Extrait dichlorométhane	16.336±0.415
Extrait méthanolique	1.958±0.161
Extrait aqueux	11.239±0.041
Ac ascorbique	0.063±0.001
Ac gallique	0.023±0.004

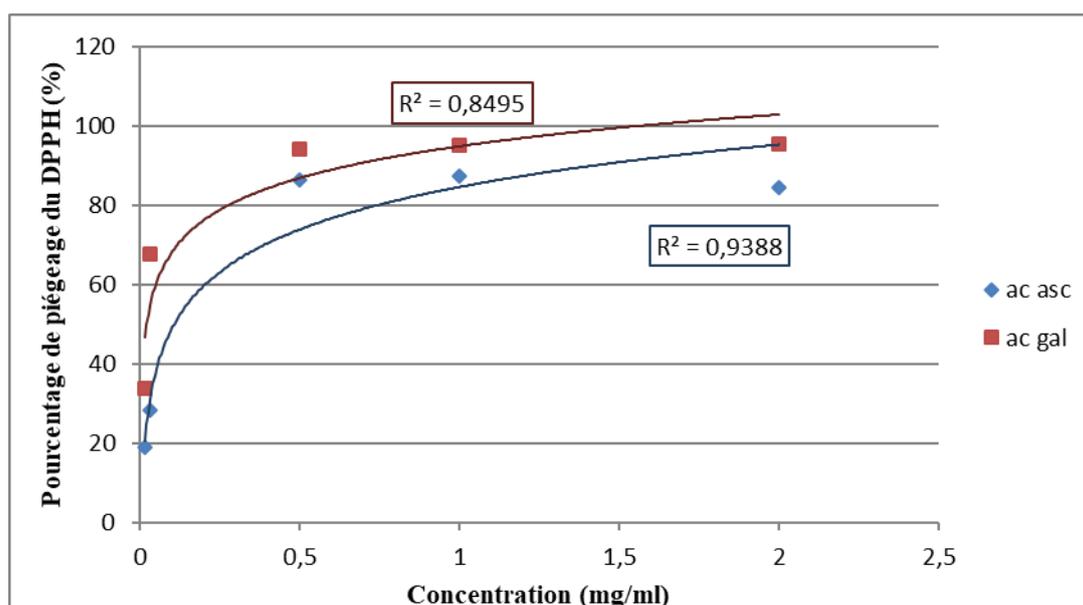


**Figure.12:** IC<sub>50</sub> des quatre extraits de *M. oleifera* et des standards.

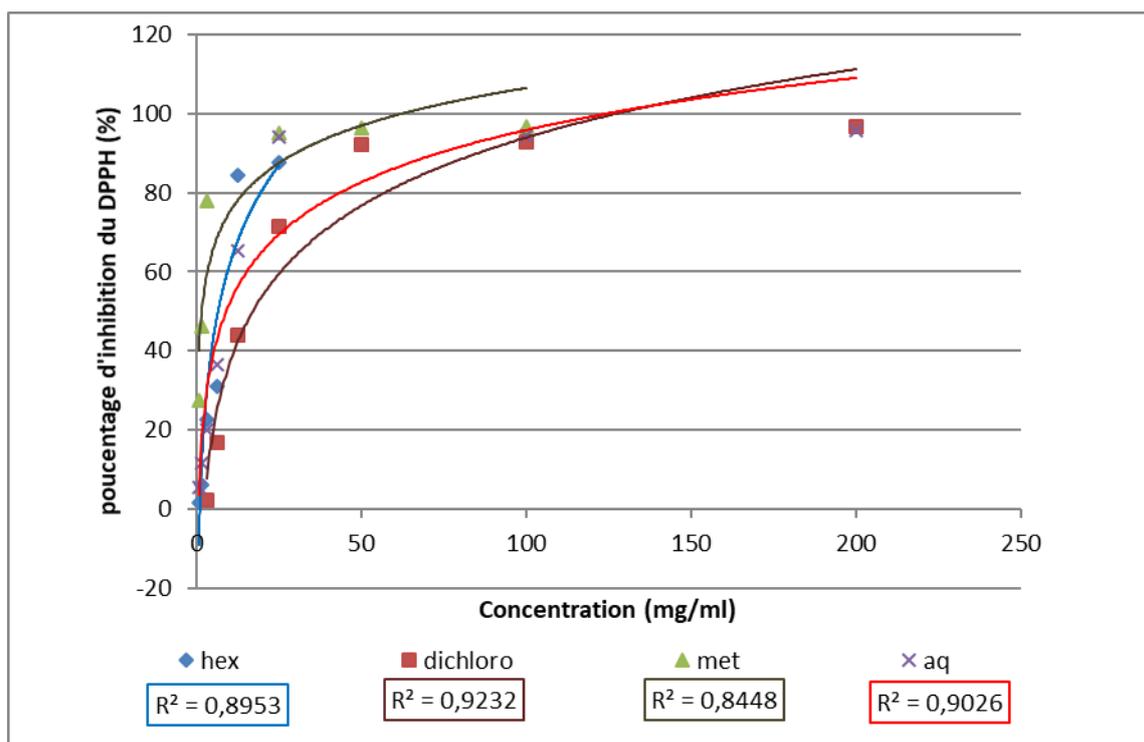
Les résultats obtenus des IC<sub>50</sub> montrent une activité antiradicalaire considérable des quatre extraits de feuilles de *M. oleifera* avec des IC<sub>50</sub> qui ne dépassent pas les 17mg/ml.

L'extrait méthanolique étant le plus actif avec une IC<sub>50</sub> de  $1.958 \pm 0.161$ mg/ml, suivi par l'extrait hexanique puis l'extrait aqueux et enfin l'extrait dichlorométhane contenant les composés les moins actifs. Mais malgré ça nos extraits restent moins actifs que les standards pour toutes les concentrations utilisées.

En évaluant l'activité antioxydante par le test de piégeage du radical libre DPPH, on remarque également que l'acide gallique est plus actif que l'acide ascorbique.



**Figure.13:** Pourcentage de piégeage du radical libre DPPH en fonction des concentrations des standards (acide ascorbique et acide gallique).



**Figure. 13:** Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration des quatre extraits de la poudre des feuilles de *M. oleifera*.

On peut classer en ordre décroissant de la concentration inhibitrice de 50% du radical libre DPPH, nos extraits comme suit :

Extrait méthanolique > extrait hexane > extrait aqueux > extrait dichlorométhane

### Discussion

Le screening phytochimique a été réalisé afin de mettre en évidence la présence de composants phytochimiques pouvant être responsable de l'activité antioxydante des extraits hexanoïque, dichlorométhane, méthanolique et aqueux de la poudre de feuille de *Moringa oleifera*. Il a montré que les feuilles de *M. oleifera* sont riches surtout en alcaloïdes et en polyphénols représentés par les flavonoïdes et les tanins. Des résultats similaires ont été rapportés par d'autres études (Bachioua et al., 2017; Rezgui et al., 2019). Cette richesse en molécules actives pourrait expliquer leur large utilisation en thérapie traditionnelle.

Les résultats obtenus en ce qui concerne la teneur moyenne en eau des feuilles fraîches de *M. oleifera* de la région d'Adrar, ont montré sa richesse en eau, ce qui est légèrement supérieur à celle des feuilles fraîches de la région de Dakar, rapportée par Toury et al., et Ndong et al., (78% vs. 74,7% et 73.6% respectivement) ou bien celle du Bénin (Houndji et al., 2013, 78% vs. 73%, et fait de *Moringa oleifera* une véritable source d'eau. Cette différence semble être le résultat du changement climatique d'une région de récolte à une autre. Selon la

littérature, la réduction de feuilles de *Moringa oleifera* en poudre n'influence pas leur composition chimique et reste une bonne pratique pour une meilleure conservation (Ndong et al., 2007).

L'extraction de l'huile essentielle de feuilles de *Moringa oleifera* par hydrodistillation à plusieurs reprises, est caractérisée par un faible rendement (0.0752%). BOUSBIA, (2011) rapporte un rendement en huile essentielle, dans les mêmes conditions, de l'ordre de 1,1%. Selon Dorosso Sonate et al., et Hadji-Minaglo, les plantes renferment le plus souvent des teneurs très faibles en huile essentielle inférieures à 1%. Il est à signaler que cette teneur pourra aller jusqu'à 15% comme celle du giroflier, ce qui est rare et exceptionnelle.

De façon générale, les différences de composition des mêmes espèces provenant de diverses régions, semblent être dues à leur climat d'origine, cela veut dire que les conditions climatiques de la région de récolte influencent qualitativement et quantitativement d'une façon considérable la composition en métabolites secondaires des différentes parties de la plante, car il y a des métabolites plus résistants ou plus fragiles aux changements du biotope de la plante.

D'après les résultats de l'extraction de la poudre de feuille de *Moringa oleifera*, l'extrait aqueux est caractérisé par le rendement le plus élevé, alors que l'extrait dichlorométhane a le rendement le plus faible. Ce qui rejoint les résultats rapportés par Awa et al., (2018) (extrait aqueux 12% vs. dichlorométhane 4,8%, type d'extraction liquide-liquide). Ces différences semblent être attribuées aux variations quantitatives et qualitatives des composés phénoliques présents dans les extraits dues à la solubilité et la polarité des groupes chimiques dans les différents solvants organiques. Par conséquent, le rendement des quatre extraits examinés, dépend de la polarité du solvant utilisé pour l'extraction. Selon la littérature, les solvants polaires sont les meilleurs solvants pour extraire les composés antioxydants de feuilles de *Moringa oleifera* (Siddhuraju et al., 2003).

Une étude réalisée par Charoensin (2014) avait également mis en évidence l'activité antioxydante de l'extrait dichlorométhane de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* mais avec une CI50 du DPPH de  $2,31 \pm 0,02$  mg/ml plus faible que celle obtenue lors de notre étude ( $16,34 \pm 0,42$  mg/ml).

Ce potentiel antioxydant évalué fait de *Moringa oleifera* une plante à diverses vertus thérapeutiques vu le lien étroit existant entre le stress oxydatif, radicaux libres et de nombreuses maladies (Adjanohoun et al., 1989 ; Anwar et al., 2007; Mishra et al., 2011; Charoensin et al., 2014).

En effet, les dosages réalisés par Djermoune et Henoune, (2015) ont montré une grande variabilité de teneurs en divers acides phénoliques; d'où ces différences quantitatives mais également qualitatives de la composition des extraits et aussi des pouvoirs antioxydants.

Enfin, nos résultats de l'activité antioxydante des extraits de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* sont très prometteurs, et cela malgré les petites différences remarquées par rapport aux études antérieures, des différences qui peuvent être principalement dues conditions climatiques et environnementales ainsi que la nature des équipements du laboratoire utilisé.

### Conclusion & perspectives

La présente étude portant sur les différentes propriétés actives et utilisations de *Moringa oleifera*, cette dernière étant une plante à usages multiples et susceptible de prendre en Algérie plus d'importance qu'elle ne l'est actuellement en tant que molécules médicamenteuses indigènes qui ne sont pas actuellement soutenus par la recherche pharmacologique, nécessitant une meilleure exploitation.

L'évaluation du pouvoir antioxydant des quatre extraits de la poudre de feuille de *M. oleifera* à travers les deux techniques utilisées à savoir l'activité antiradicalaire du DPPH et du pouvoir réducteur de fer, a montré qu'elle peut être exploitée comme des molécules antioxydantes naturels bon marché. L'activité antioxydante des quatre extraits de la poudre de feuilles de *M. oleifera* peut être attribuée à la présence de polyphénols. En outre, ses feuilles sont très riches en eau ce qui leur permet d'être une bonne source en cas de déshydratation.

L'ensemble de résultats remportés durant cette étude ne constitue que des résultats préliminaires, sollicitant d'autres investigations, et il ouvre de distincts perspectives :

En premier lieu, confirmer ces résultats en utilisant d'autres techniques telle que le  $\beta$ -carotène.

La seconde perspective est de fractionner et caractériser les composés de différents extraits.

La dernière est d'évaluer l'activité antioxydante *in vivo*.

### Références bibliographiques

#### A

**Adjanohoun EJ, Adjakidje V, Ahy MRA, et al., 1989:** Contribution aux Etudes Ethnobotaniques et Floristiques en République du Bénin. Médecine Traditionnelle et Pharmacopée ACCT ; pp. 656-659.

**Anwar F, Latif S, Ashraf M, Gilani AH. 2007:** *Moringa oleifera*: A food plant with multiple medicinal uses. *Phytother. Res.* 21:17-125

#### B

**Babu PVA, Sabitha KS, Shyamaladevi CS.** Therapeutic effect of green tea extract on oxidative stress in aorta and heart of streptozotocin diabetic rats. *Chemico-Biological Interactions*, 162(2): 114-120 .

**Bajpai M, Pande A, Tewari SK, Prakash D.2005:** Phenolic contents and antioxidant activity of some food and medicinal plants. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 56(4):287-291.

**Bekro Y.A. et al., 2007:** Etude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthamiana*. *Sciences et Natures* 4 (2) ; Ed: HEREND & ZARUCCHI ; p: 217-225.

**Benkrief R. 1990:**Inventaire ethnobotanique des plantes médicinales de l'Est Algérien: étude chimique de " Hammada articulata"(Moquin) Iljin ssp. *Scoparia* Pomel.Etude chimique de 3 plantes néo-calédoniennes à monoterpénoïdes. Thèse docs. Pharmacognosie. Univ. Paris Descartes, Paris 5. France.

**Bethdoerr et al., Cameron.2005:** POUDRE DE FEUILLES DE MORINGA. [www.echotec.org](http://www.echotec.org).

**Binder, C.J., Witztum, J.L., Lassmann, H., 2011:** Oxidative damage in multiple sclerosis lesions. *Brain* 134, 1914-1924.

**Borris, R.P., Blaskó, G., Cordell, G.A., 1988:** Ethnopharmacologic and phytochemical studies of the Thymelaeaceae, *J. Ethnopharmacol*, 24, 41-91

**Bruneton j. 1993:** Pharmacognosie, Phytochimie: Plantes médicinales ; Ed 2: TEC et DOC (Paris); p: 914.

#### C

**Codoñer-Franch P, Valls-Bellés V, Arilla-Codoñer A, Alonso-Iglesias E. 2011:** Oxidant mechanisms in childhood obesity: the link between inflammation and oxidative stress. *Translational Res.*, 158(6): 369-384. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trsl.2011.08.004>.

**Coppen, P.P., 1989:**The use of antioxidants. In: Rancidity in foods. Eds: Allen J. C. and Hamilton R. J. Elsevier, Amsterdam, 83-104.

### D

**Delpha, I. 2011:**Le Moringa (*Moringa oleifera lam*): utilisations actuelles et intérêt pharmacologique.

**De Saint Sauveur Armelle et Mélanie Broin, 2010:** Produire et transformer les feuilles du Moringa, .Moringanews/M Moringa association of Ghana. P 18-43.

**Defraigne, J.-O., Pincemail, J., 2008:**Stress oxydant et antioxydants : mythes et réalités. Revue médicale de Liège 63, 10-19.

**DIALLO A. 2005:** Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Syzygium guineense*. Université BAMAKO, MALI ; p: 38-47.

**Dohou N. et al., 2003:** Screening Phytochimique d'une Endémique IBÉRO-MAROCAINE: Thymelaea lythroïdes; Bull. Soc. Pharm. Bordeaux 142; p: 61 -78.

**Dorosso Sonate J. 2002:** Composition chimique des huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone soudanienne du Burkina Faso : valorisation. Université Ouagadougou.

### E

**Erdman J.W., Balentine D., Arab L., Beecher G., Dwyer J.T., Folts J., Harnhy J., Hollman P., Keen C.L., Mazza G., Messina M., Scalbert A., Vita J., Williamson G. et Burrow J. 2007:** Flavonoïds and Heart Health: proceeding of the ILSI NorthAmerica Flavonoïds Work shop, May 31 June/LJYTE211234567890 1, 2005, Washington DC1-4. Am. Soc. Nutr. 718-737.

**Elaerts, v., 2014:** Les alicaments naturels. Lulu.com.

### F

**Frankel, E., 1993:** In search of better methods to evaluate natural antioxidants and oxidative stability in food lipids. Trends in Food Science & Technology 4, 220-225.

**Favier, A., 2003:** Le stress oxydant. L'actualité chimique 108.

**Fuglie, Lowell J. 2002:** L'arbre de la vie: les multiples attributs du Moringa. Dakar, Sénégal. CTA ; New York : Church World Service. 177 p.

**Ferreira P.M.P., Carvalho A.F.F.U., Sousa D.F., Ferreira J.M., Martins A.R., Martins A.M.C., et Queiroz M.G.R. 2007:** Water extracts of Moringa oleifera seeds: a toxicological approach. Revista Eletrônica Pesquisa Médica. 1 (4): 45 – 53.

**Foidl N., Makkar H.P.S. et Becker K. 2001:** Potentiel de *Moringa oleifera* en agriculture et dans l'industrie. Potentiel de développement des produits du Moringa. Dar el Salaam. Tanzanie.

**Fekih N. 2015:** Propriétés chimiques et biologiques des huiles essentielles de trois espèces du genre *Pinus* poussant en Algérie. Tlemcen : Université Abou Bekr Belkaid.

### G

**Georgetti, S.R., Casagrande, R., Di Mambro, V.M., Azzolini, A.E., Fonseca, M.J., 2003:** Evaluation of the antioxidant activity of different flavonoids by the chemiluminescence method. *Aaps Pharmsci* ,5- 111.

**Gordon, M., 1990:** The mechanism of antioxidant action in vitro, *Food antioxidants*. Springer, pp. 1-18.

**Goudable, J., Favier, A., 1997:** Radicaux libres oxygénés et antioxydants. *Nutrition clinique et métabolisme* 11, 115-120.

**Guitton, Y. 2010:** Diversité des composés terpéniques volatils au sein du genre *Lavandula*: aspects évolutifs et physiologiques, Université Jean Monnet-Saint-Etienne.

**Govindarajan R, Vijayakumar M, Pushpangadan P. 2005:** Antioxidant approach to disease management and the role of "Rasayana" herbs of Ayurveda. *J. Ethnopharmacol.*, 99: 165-178. DOI:10.1016/j.jep.2005.02.035.

**Gutteridge, J.M.C., (2001):** Free radicals in disease processes: a compilation of cause and Consequence. *Free Radical Research Communications* 19 (3), 171 158.

### J

**Jones DP. 2006:** Redefining oxidative stress. *Antioxid Redox Signal*. 2006 Sep-Oct;8(9-10):1865-79. doi: 10.1089/ars.2006.8.1865. PMID: 16987039.

**JUDITH M.D, 2005:** Etude phytochimique et pharmacologique de *Cassia nigricans* utilisé dans le traitement des dermatoses au TCHAD ; Thèse de doctorat en pharmacie de l'Université de BAMAKO, MALI ; p: 57- 64.

### H

**Halliwell, B., 2007:** Oxidative stress and cancer: have we moved forward? *Biochemical Journal* 401, 1-11.

**Haider, L., Fischer, M.T., Frischer, J.M., Bauer, J., Höftberger, R., Botond, G., Esterbauer, Halliwell, B., 1996:** Mechanisms involved in the generation of free radicals. *Pathologiebiologie* 44, 6-13.

**Hartmann, T. 2007:** "From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism." *Phytochemistry* 68(22): 2831-2846.

**Houndji B. V. S., Ouetchehou R., Londji S. B.M, Eamouzou K. S. Boniface Yehouenou et Ahohuendo C. B. 2013:** Caractérisations microbiologiques et physico-chimiques de la

poudre de feuilles de *Moringa oleifera* (Larn.), w1 légume feuille traditionnel au Bénin. P3-J

### O

**Houghton P.J. et Raman A. 1998:** Laboratory handbook for the fractionation of natural extracts; Ed: CHAPMAN & HALL, New York; p: 208.

### I

**Irénée modeste Bidima. 2016:** Production et transformation du Moringa.

### K

**Kabera J.N., Semana E., Mussa A.R. et He X. 2014.** Plant secondary metabolite: Biosynthesis, classification, function and pharmacy and pharmacology 2.377-392.

**Kaloustian J, Hadji-Minaglo F.** La connaissance des huiles essentielles : qualitologie et aromathérapie. Paris. Edition Springer. 2012.

**KAR A.; 2007:** Pharmacognosy and Pharmabiotechnologie; Ed 2: new age international publishers; p: 1-30.

**Krief, S. 2003:** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation de chimpanzés (*pan troglodytes 2schweinfurthii*) en Ouganda activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Ecologie et Chimie des substances naturelles. Muséum National d'Histoire Naturelle. MNHN Paris. France. 346p.

**Karou Damintoti, Aly Savadogo, Antonella Canini, Saydou Yameogo, Carla Montesano, Jacques Simpure, Vittorio Colizzi, Alfred S. Traore. 2005:** Antibacterial activity of alkaloids from *Sida acuta*. African Journal of Biotechnology. 4 (12), 1452-1457.

**Karou SD, Tchacondo T, Ouattara L, Anani K, Savadogo A, Agbonon A, Ben Attaia M, De Souza C, Sakly M, Simpure J, 2011:** Antimicrobial, antiplasmodial, haemolytic and antioxidant activities of crude extracts from three selected Togolese medicinal plants. Asian Pacific J. Tropical Med., 4(10): 808-813.

### L

**Levasseur-Garcia C., Kleiber D., Surel O., 2013:** Utilisation de la spectroscopie infrarouge comme élément d'aide à la décision pour la gestion du risque fongique et Mycotoxique. Cah. Agric. 22: 216-27.

**Leverve, X., 2009:** Stress oxydant et antioxydants ? Cahiers de nutrition et de diététique 44,219-224.

### M

**Malo T.,2014** : Effet de la fertilisation sur la croissance et la production de *Moringa oleifera* local et *Moringa oleifera* PKM-1 dans la Région des Cascades (Burkina Faso). Mémoire de fin de cycle Institut du Developpemet Rural Université Polytechnique de Bobo –Dioulasso.

**Mangambu M., Mushagalusa K., and Kadima N. 2014:** Contribution à l'étude photochimique de quelques plantes médicinales antidiabétiques de la ville de BukavuEt ses environs (Sud-Kivu, RD Congo). *J. Appl. Bios.* 75(1), 6211-6220.

**Mansouri A., Embarek G., Kokkalou E. et Kefalas P., 2005:** Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*); *Food Chemistry* 89; p: 411-420).

**Merzougui I. and Tadj H. 2015:** Etude de l'effet antibactérien et antioxydant *D'Ammoides verticillata* de la région de Tlemcen. Mém. Ingén. Agro. Univ. Abou-Bakr Belkaïd. Tlemcen. 82p.

**Milane H. 2004:** La quercitrine et ses dérivés: molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs de radicaux libres; études et applications thérapeutiques, Université Louis Pasteur (Strasbourg).

**Mishra G, Singh P, Verma R, Kumar S, Srivastav S, Jha KK, Khosa RL 2011.**Traditional uses, phytochemistry and pharmacological properties of *Moringa oleifera* plant: An overview. *DerPharmacia Lettre* 3:141-164

**Montoro P., Braca A., Pizza C. and De Tommasi N. 2005:** Structure–antioxidant Activity Relationship of flavonoids isolated from different plant species. *Food Chem.*92(2): 349-355.

**Muniz M.N. 2006:** Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs: la (+)-anatoxine-a et la (±)-camptothécine. Thèse Doc. Chem. Univ. Joseph Fourier. Grenoble 1. France.186p.

**Mustapha Hassan Bichi. 2013:** A review of the application of *Moringa oleifera* seeds extract in water treatment. *Civil and environmental research.* Vol.3, No.8. ISSN 2225-0514.

### N

**BOUSBIA N. 2011:** Extraction des huiles essentiels riche en antioxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaire. (Thèse de doctorat en chimie) Université d'Avignon et l'école nationale supérieur d'agronomie, Alger.

**Nacz M. and Shahidi F. 1989:**The effect of methanol–ammonia– water treatment on the content of phenolic acids of canola. *Food Chem.* 31: 159-164.

**Nijs, J., Meeus, M., De Meirleir, K., 2006:** Chronic musculoskeletal pain in chronic fatigue syndrome: recent developments and therapeutic implications. *Manual therapy* 11, 187-191.

Ndong. M et al., Valeur nutritionnelle du *Moringa oleifera*, étude de la biodisponibilité du fer, effet de l'enrichissement de divers plats traditionnels senegalais avec la poudre des feuilles. The African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development (AJFAND). Volume 7 No 3. 2007

### O

**Ouattara L, Koudou J, Zongo C, Barro N, Savadogo A, Bassole IHN, Ouattara AS, Traore AS. 2011:** Antioxidant and antibacterial activities of three species of *Lannea* from Burkina Faso. J. Appl. Sci 11(1): 157-162.

### P

**Pamo E.T., Boukila B., Tendonkeng F., Kana J. R., Tonfack L.B., et Momo M.C.S., 2005:** Influence de la fumure organique, du NPK et du mélange des deux fertilisants sur la croissance de *Moringa oleifera* Lam. dans l'ouest Cameroun. Livestock Research for Rural Development 17 (3).

**Pincemail J., B.K., Cayeux K., et Defraigne J-O, 2002.** Mécanismes N physiologiques de la défense antioxydante. Nutrition Clinique et Métabolisme 16, 233- 239.

**Pousset J. 1999:** le *Moringa oleifera* est une plante miracle. disponible sur <http://www.Essentialdrugs.org>

### R

**Raffauf R. F., 1996:** Plant Alkaloids: A Guide to their Discovery and Distribution; Ed: FOOD PRODUCTS PRESS; p: 189- 190.

**Rajangam J., Azahakia M. R. S., Thangaraj T., Vijayakumar A. et Muthukrishnan N 2001:** Production et utilisation du *Moringa* en Inde: la Situation actuelles, 9p. Disponible sur <http://www.moringanews.org>

**Ramachandran, C., K. Peter, et al. 1980:** "Drumstick (*Moringa oleifera*): multipurpose Indian vegetable." Economic botany 34(3): 276-283

**Raven P.H., Evert R.F. and Eichhorn S. 2003:** Biologie végétale. Ed. 3 De Boeck Paris. 968 p.

**Ravindra C., Joshi B. ; Vasantharaj D., Rashmi K. 2016:** A review of the insect and mite pests of *Moringa oleifera* Lam. Agriculture for Développement, 29 (2016)

**Roloff A., Weisgerber H., Lang U., Stimm B., 2009:** *Moringa oleifera* Lam., 1785 : Enzyklopädie der Holzgewächse – 40. Erg.Lfg. 6/05. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISBN: 978-3-527-32141-4

**Rouessac F. and Rouessac A. 2004:** Analyse chimique. Méthodes et techniques Instrumentales modernes, Ed. 6 Dunod. Paris. 453p.

### S

**Santos-Gomes PC, Seabra RM, Andrad EPB., Fernandes-Ferreira M. 2002:** Phenolic antioxidant compounds produced by in vitro shoots of sage (*Salvia officinalis* L.). *Plant Science*, 162(6): 981-987.

**Siddhuraju P, Becker K. 2003.** Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam) leaves. *J. Agric. Food Chem.*, 51(8):2144-2155.

**Soulemane N., Lègba C. E., Aglinglo A. L., Houdégbé CA., Gbedomon RC., Fassinou Hotegni V N., and Dako E G A., 2018:** Fiche technique synthétique pour la production du Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). Laboratory of Genetics, Horticulture and Seed Science (GBioS), pp.1-5.

**Stöckigt J., Sheludko Y., Unger M., Gerasimenko I., Warzecha H. and Stöckigt D. 2002:** High-performance liquid chromatographic, capillary electrophoretic and Capillary electrophoretic electrospray ionization mass spectrometric analysis of Selected alkaloid groups. *J. Chromatogr A.* 967: 85-113.

### T

**Tapiero H., Tew K.D., Ba G. N. and Mathe G. 2002:** Polyphenols: Do they play a role in the prevention of human pathologies? *Biomed. Pharmacoth.* 56: 200-207.

**Thayyil AH, AMuthu K, Ibrahim M. 2016:**In vivo antioxidant and lipid peroxidation effect of various extracts from aerial parts of *Chomelia asiatica* (Linn) in rat fed with high fat diet. *African J. Pharm. Pharmacol.*, 10(38): 810-816, DOI: 10.5897/AJPP2016.4673.

**Timbo B. 2003:** Etude phytochimique et des activités biologiques de *Trichilia emetica*, Université BAMAKO, MALI; p: 47-53.

**Toury J, Giogi R, Favier JC, Savina JF. 1963:**Tables de composition des aliments de l'Ouest Africain. Dakar ORANA.

### V

**Verykokidou-Vitsaropoulou E. and Vajias C. 1986:**"Mentholated flavones from *Teucrium polium*. *Planta Med.* 52 (05): 401-402.

### X

**Xiuzhen H., Shen T. and Hongxiang L. 2007.**Dietary polyphénols and their Biological significance. *Inter. J. Mol. Sci.* 8: 950-988.

**Annexes**

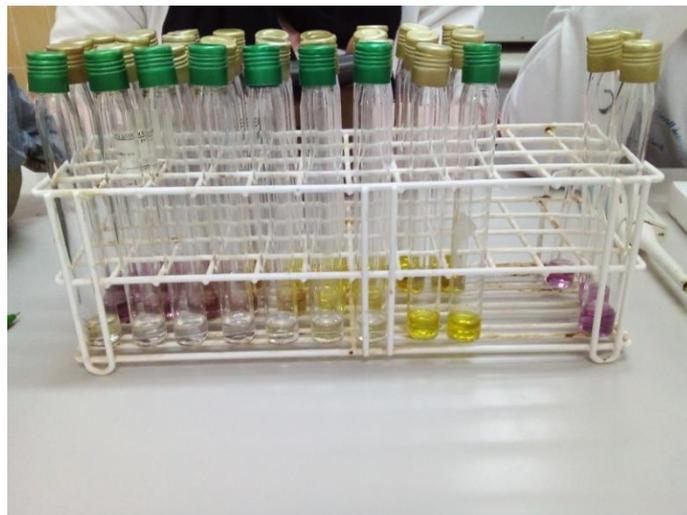
**Teneur en eau**

**Matériel**

Balance analytique de précision, étuve réglée à 110°C, erre de montre, pince, spatule métallique, capsules en verre, Dessiccateur.

**Technique**

- Nous avons opéré sur un échantillon homogène concassé.
- Faire une prise d'essai de 1 à 2 g (peser au mg près).
- Dessécher de façon à obtenir une masse constante après plusieurs pesées consécutives.
- Le refroidissement avant pesé se fait dans un dessiccateur renfermant un desséchant (Chlorure de calcium, anhydride phosphorique)



**Photo 01: Gamme des concentrations de DPPH.**



**Photo 02: Gamme des concentrations de FRAP.**



**Photo 03: ROTAVAP.**



**Photo 04: Spectromètre.**



**Photo 05: Etuve.**



**Photo 06: Broyeur électrique.**



**Photo 07: Effeillage de feuilles de *M. oleifera***



**Photo 08 : Broyage des feuilles de *M. Oleifera*.**



**Photo 09 : Filtration des extraits**