

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Physico-chimique
Filière : Sciences Biologiques
Option : Pharmaco-toxicologie
Réf :.....



Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

Master

Thème

**Activité antioxydante des extraits phénoliques
d'une plante médicinale *Moringa oleifera*. Lam**

Présenté par :

GUENDOUL Soulaf & KERKOUR Lamia

Soutenu le : 30 Septembre 2021

Devant le jury composé de :

Mme BAKDI H	MAA	Présidente
Mme KHEYAR N	MCB	Promotrice
Mme LAIB Y	MAA	Examinatrice

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

On tient tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce mémoire.

Nous exprimant nos sincères remerciements à tous ceux qui nous ont accompagnés au cours de la réalisation de ce mémoire.

En deuxième lieu, nous tenons à exprimer nos profondes gratitude à notre promotrice madame Kheyar Naoual pour avoir accepté de nous encadrer, qui nous a fait l'honneur d'avoir veillé et dirigé ce travail. Ses conseils pertinents, sa compétence scientifique et sa compréhension nous ont permis de mener à terme ce travail.

A Madame BAKDI.H

On vous remercie de l'honneur que vous nous faites en acceptant à ce jury et d'en être le président. Veuillez trouver ici le témoignage de notre respectueuse et sincère reconnaissance.

A Madame LAIB.Y

On vous remercie de l'honneur que vous nous faites en acceptant d'évaluer notre travail, veuillez trouver ici le témoignage de notre reconnaissance et de notre profond respect.

A nos inoubliables enseignantes et enseignants, Merci pour votre disponibilité et votre enseignement de qualité que vous nous avez transmis pendant toutes ces années, on vous souhaite à tous beaucoup de bonheur et de réussite, autant au niveau professionnel que personnel.

Dédicace

Je remercie le bon dieu de m'avoir donné le courage pour réaliser ce travail que
je dédie :

A mes chers respectueux parents qui ont tout sacrifié pour mon bien et
qui ont éclairé mon chemin au long de mes études, qui n'ont
pas cessé de m'encourager. Que dieu leurs accorde une longue
vie.

A ma chère Sœur Souad et mes adorables frères : Fayçal et Aimen

A mes oncles et mes tantes

A mes chers grands-parents

A tous mes ami(e)s

A ma chère binôme Lamia et à toute sa famille

A tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin durant toutes mes années
d'études

A tous mes collègues de ma promotion 2020/2021

A ceux qui m'aiment

Soulaf

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents

Qui ont tout fait pour moi, pour atteindre mon objectif, pour leur patience et leur extrême gentillesse. Que dieu les protège et leurs préserve longue vie et bonne santé.

A ma sœur : Hakima

A mes frères : Hocine, Walid et Nadjim

A mon fiancé Karim

A ma famille, mes ami (es), et a tous ceux qui me sent cher et proche

A ma binôme Soulef et sa famille

Merci d'être toujours là pour moi.

Lamia

Liste des figures

Figure 01 : Arbre de <i>Moringa oleifera</i>	05
Figure 02 : Feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	05
Figure 03 : Fruit de <i>Moringa oleifera</i>	06
Figure 04 : Racines de <i>Moringa oleifera</i>	06
Figure 05 : Graines de <i>Moringa oleifera</i>	06
Figure 06: Graphique montrant l'intégration de l'action des antioxydants enzymatique.....	12
Figure 07 : Structure de l'acide hydroxybenzoïque.....	15
Figure 08: Structures chimiques des acides hydroxycinnamiques.....	15
Figure 09 : Structure de base des flavonoïdes.....	16
Figure 10 : Structures chimiques typiques des tanins.....	17
Figure 11: Mécanisme d'action des antioxydants phénoliques.....	17
Figure 12 : Les teneurs en phénols totaux des différents extraits de <i>Moringa oleifera</i>	25
Figure 13: Les teneurs en flavonoïdes des extraits de feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	27
Figure 14 : Les teneurs en tannins condensées des extraits de feuille de <i>Moringa oleifera</i> ...	28
Figure 15 : Effet scavenger contre le DPPH des extraits de <i>Moringa oleifera</i> à 1 mg/mL... 29	
Figure 16 : Effet scavenger contre le DPPH des extraits de <i>Moringa oleifera</i> à différentes concentrations.....	30
Figure 17 : Pouvoir réducteur du molybdate des extraits des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> à 1mg/ML.....	33
Figure 18 : Pouvoir chélateur des ions ferreux par les extraits des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> à 1mg/mL.....	35

Liste des tableaux

Tableau I : Autres compositions chimiques du <i>Moringa oleifera</i>	08
Tableau II : Principales classes des composés phénoliques.....	14
Tableau III : Tableau des taux d'extraction (%) par différentes méthodes.....	24
Tableau IV: Les IC ₅₀ des extraits de feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	31
Tableau V : Activité anti-radicalaire avec l'ABTS des extraits de <i>Moringa oleifera</i>	32

Liste des abréviations

Zn : Zinc

Mg : Magnésium

SOD : Superoxydedismutase

GSH : Glutathion

DPPH: 2,2-Diphényl 1-picrylhydrazyle

ABTS: 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique)

CAT : Capacité antioxydante totale

EAG : Equivalent d'acide gallique

EQ : Equivalent de quercétine

TEAC : Trolox équivalent antioxydant capacité

COVID-19 : Corona virus décembre-2019

IC₅₀ : Concentration inhibitrice médiane

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

***Introduction* 01**

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1.Moringa oleifera lam

I.1.1. Origine et historique..... 03

I.1.2. Dénomination et taxonomie..... 03

I. 1.3. Distribution géographique..... 04

I. 1.4. Description botanique..... 04

I. 1.5. Composition des différents compartiments de *Moringa oleifera*.....07

 I.1.5.1. Composition de grain..... 07

 I.1.5.2. Composition de feuilles..... 07

 I.1.5.3. Composition de la fleur..... 08

1.6. Activité biologique de *Moringa oleifera*..... 08

 I.1.6.1. Propriétés antibactériennes..... 09

 I.1.6.2. Propriétés antioxydante et anti peroxydantes..... 09

 I.1.6.3. Propriétés antidiabétiques..... 09

 I.1.6.4. Propriétés anticancéreuses..... 09

 I.1.6.5. Propriétésanti-inflammatoire..... 09

 I.1.6.6. Propriétés anti hypertensives et cardio protectrices..... 10

 I.1.6.7. Autres utilisations..... 10

I.1.7. Effets indésirables..... 10

I.2. Radicaux libres 10

I.2.1. Définition..... 11

I.2.2. Mécanisme d'action.....	11
I.2.3. Stress oxydants.....	11
I.2.4. Antioxydants.....	11
I.2.4.1. Définition.....	11
I.2.4.2. Classification.....	12
I.3. Composés phénoliques.....	13
I.3.1. Généralité.....	13
I.3.2. Classification.....	15
I.3.2.1. Acides phénoliques.....	15
I.3.2.2. Flavonoïdes.....	16
I.3.2.3. Tannins condensés.....	16
I.3.3. Mécanisme d'action des composés phénoliques.....	17

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1. Matériel végétal.....	18
II.2. Méthodes.....	18
II.2.1. Séchage, broyage et tamisage.....	18
II.2.2. Extraction de composés phénoliques.....	18
II.2.2.1. Extraction éthanoïque.....	18
II.2.2.2. Extraction aqueuse.....	19
II.2.3. Rendement d'extraction.....	20
II.2.4. Criblage phytochimique.....	20
II.2.4.1. Dosage de phénols totaux.....	20
II.2.4.2. Dosages de flavonoïdes.....	20
II.2.4.3. Dosages de tanins condensés (proanthocyanidines).....	21
II.2.5. Evaluation de l'activité antioxydante et antiradicalaire.....	21
II.2.5.1. Pouvoir réducteur du molybdate.....	21
II.2.5.2. Pouvoir chélateur.....	22

II.2. 5.3. Effet scavenger de radical DPPH.....	22
II.2. 5.4. Détermination de la capacité antioxydante en équivalent Trolox (TEAC)	23
II.2. 6. Etude statistique.....	23

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Taux d'extraction.....	24
III. 2. Criblage phytochimique.....	25
III. 2.1. Teneur en phénols totaux.....	25
III. 2.2. Teneur en flavonoïdes.....	26
III. 2.3. Teneur en tanins condensé.....	28
III.1. 3. Evaluation de l'activité antioxydante in vitro.....	29
III.1. 3.1. Effet antiradicalaire contre le radical DPPH.....	29
III.1. 3.2. La capacité antioxydante en équivalent Trolox.....	31
III.1. 3.3. Pouvoir réducteur de molybdate.....	33
III.1. 3.4. Evaluation de l'activité chélatrice du Fer.....	34
Conclusion	36

Annexes

Références bibliographiques

Introduction

Introduction

Depuis des milliers d'années, l'humanité a utilisé diverses ressources trouvées dans son environnement afin de traiter et soigner toutes sortes de maladies. Actuellement, l'organisation mondiale de la santé (OMS) estime qu'environ 80% des habitants de la terre ont recours aux préparations traditionnelles à base de plantes en tant que soins de santé primaire (**Khalil et al., 2007**).

En effet, beaucoup d'études épidémiologique ont démontrée qu'une alimentation riche en aliments d'origine naturelle réduit considérablement plusieurs maladies comme les accidents cardiovasculaires et certains types de cancer (**Langani et al., 2010**). Les propriétés préventives de ces aliments sont dues à la présence de vitamines (C, E et A), de caroténoïdes et de composés phénoliques (**Kulawik et al., 2013**) qui sont des molécules dotées d'un pouvoir antioxydant.

Le phénomène d'oxydation, généré par les radicaux libres, affecte aussi bien l'organisme humain que les différents groupes alimentaires existants (**Rolland et al., 2004**). Dans certaines conditions il apparait un déséquilibre dans la balance oxydants/antioxydant provoqué par une production exagérée des radicaux libres ou par diminution des défenses antioxydantes, ce qu'on appelle le stress oxydatif (**Baudin, 2006**). Pour prévenir les graves séquelles du au stress oxydant, il est nécessaire de maintenir l'équilibre entre oxydants et antioxydants, afin de préserver les performances physiologiques optimales de l'organisme, grâce à un apport externe (ex. fruits et légumes) (**Derbel et Ghedira, 2005**).

Ces dernières années, l'étude des antioxydants naturels contenus dans les plantes médicinales en relation avec leurs propriétés thérapeutiques, a suscité beaucoup d'intérêts. En effet, des ressources végétales riches en composés phénoliques, flavonoïdes, protéines, bêta-carotène, calcium, potassium, vitamines comme les feuilles de *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) peuvent être utilisées pour la prévention de nombreuses pathologies (**Gülçin, 2012**). De nombreuses études scientifiques ont rapporté les propriétés thérapeutiques de *Moringa oleifera* (**Sy-Ndiaye et al., 2016**).

Moringa oleifera Lam appartient à la famille des Moringaceae. De nombreuses études scientifiques ont rapporté ses propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires, antioxydantes, antiulcéreuses, antidiabétiques et anticancéreuses (**Koul et Chase, 2015 ; Saini et al., 2016**). Ainsi, ce travail avait pour but d'évaluer les activités antioxydante et antiradicalaire des extraits des feuilles de *Moringa oleifera*.

Dans un premier temps, un criblage phytochimique a été initié par détermination des teneurs en phénols totaux, flavonoïdes totaux et tannins condensés après avoir réalisé une étape d'extraction du matériel végétal par deux méthodes d'extraction (conventionnelle et EAU), ainsi un facteur opérationnel (concentration en éthanol) a été étudié. Deuxièmement, l'activité antioxydante *in vitro* a été déterminée par évaluation des propriétés anti-radicalaires et réductrices des extraits de *Moringa oleifera*.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I.1. *Moringa oleifera* lam**I.1.1. Origine et historique**

L'histoire de l'arbre *Moringa oleifera* remonte à 150 ans avant Jésus-Christ que les rois et les reines de l'Antiquité utilisaient les feuilles et les fruits du *Moringa oleifera* dans leur régime alimentaire pour maintenir un état de vigilance mentale et une peau saine. D'anciens guerriers mauritaniens en Inde buvaient de l'extrait de feuilles de *Moringa oleifera* sur le front et cette boisson était considérée comme une sorte d'élixir qui leur donnait de l'énergie supplémentaire et les soulageait du stress et de la douleur subis pendant la guerre. Finalement, ce sont ces braves soldats qui ont vaincu Alexandre le Grand (Sujatha et Patel, 2017).

I.1.2. Dénomination et taxonomie**➤ Classification systématique de *Moringa oleifera***

Règne : Plantae.

Sous-règne : Tracheobionta.

Super Division : Spermatophyta.

Division : Magnoliophyta.

Classe : Magnoliopsida.

Sous-classe : Dilleniidae.

Ordre : Capparales.

Famille : Moringaceae.

Genre : *Moringa*.

Espèce : *Moringa oleifera* (Laleye et al., 2015).

➤ Dénomination :

Nom scientifique : *Moringa oleifera* Lamark 1795 (Agroconsult, 2016).

Nom vernaculaire :

- En anglais : connue sous « westIndiantree », ou « DrumstickTree », ou encore « Never die tree » en référence à sa résistance à la sécheresse (Hédjiet, 2014).
- En arabe : « Rawag », ou « Shagara Al Ruwag » (Yongabi *et al.*, 2012, Yusoff, 2016).

I.1.3. Distribution géographique :

Les zones géographiques où cette plante s'est développée à l'origine, comme l'hémisphère sud, l'Inde, la Chine et le Brésil, entre autres, sont les régions où l'on rencontre actuellement des problèmes de malnutrition. Il est largement reconnu que la croissance agricole est particulièrement efficace pour réduire la faim et la malnutrition. Ainsi, une récolte d'une plantation de *Moringa oleifera* (705 arbres) de la biomasse foliaire totale estimée d'une plantation de *Moringa oleifera* permettrait de fournir un apport calorique adéquat sur une journée pour 340 humains adultes (Nemec *et al.*, 2020).

De plus, la bonne adaptabilité de *Moringa oleifera* à différents sols et climats est remarquable, ainsi que sa facilité de propagation, ce qui est directement lié à sa bonne adaptation au changement climatique dans les régions où les conditions douces sont devenues arides, comme dans la région méditerranéenne (BanceSSI *et al.*, 2020).

I.1.4. Description botanique

Le développement du *Moringa oleifera* en Inde se fait principalement dans les régions du sud du Tamil Nadu, du Kerala, de l'Andhra Pradesh et du Karnataka. L'Inde est le plus grand producteur de *Moringa oleifera*, avec une création annuelle de 1,2 millions de tonnes de produits biologiques sur un territoire de 380 km² (Paliwal et Pracheta, 2011 ; Razis *et al.*, 2014). Il se reconnaît à ses feuilles, tronc, fruit et ses racines :

➤ **Tronc :** Généralement atteindre 1,5 à 2 mètres de haut, et 20 à 40 cm de diamètre (Foidl *et al.*, 2001). Il est couvert d'une écorce lisse (Figure 01), grise à brunâtre, grossièrement lenticelle, à tranche verte en surface et jaunâtre en dessous. De ce tronc une gomme blanche est exsudé, opaque devenant rouge foncée en surface (Grubben et Denton, 2004 ; Atakpama *et al.*, 2014;).



Figure 01 : Arbre de *Moringa oleifera* (Anonyme 1)

➤ **Feuilles :** *Moringa oleifera* est un arbre à feuilles persistantes ou à feuilles caduques qui atteint généralement une hauteur de 10 à 12 mètres (**Figure02**). Les feuilles sont bipennées ou tripennées, vertes et duveteuses, et les folioles mesurent jusqu'à 1-2 cm. Les folioles sont hérissées et pratiquement chauves sur la face supérieure tandis que les rameaux sont poilus et verts (**Paliwal et Pracheta, 2011 ; Razis et al., 2014**).



Figure 02 : Feuilles de *Moringa oleifera* (Anonyme 2)

➤ **Fruits :** Ce sont des caisses trilobées (**Figure 03**); les unités jeunes sont de couleur verte. Les gousses qui se développent sont de couleur foncée, triangulaires, pendantes, et se divisent en trois parties lorsqu'elles sont sèches. La génération des produits naturels, d'une longueur de 30 à 120 cm et d'une largeur de 1,8 cm, a lieu pour la plupart en mars et avril (**Paliwal et Pracheta, 2011 ; Razis et al., 2014**).



Figure 03 : Fruit de *Moringa oleifera* (Anonyme 3)

➤ **Racines :** Sont de structure tubulaire (**Figure 04**), est formé d'un pivot central qui peut s'enfoncer dans le sol jusqu'à 1,30 mètre de profondeur, lui offrant ainsi une grande résistance à la sécheresse. Des racines secondaires issues du pivot central se ramifient ensuite latéralement jusqu'à constituer une chevelure dense (**Olson, 2001**).



Figure 04 : Racines de *Moringa oleifera*(Anonyme 4)

➤ **Graines :** Les graines sont de couleur foncée (**Figure 05**); mais peuvent être blanches si les portions sont de faible qualité. Chaque arbre peut fournir environ 15 000 à 25 000 graines par an (**Paliwal R et Pracheta, 2011 ; Razis AF et al., 2014**).



Figure 05 : Graines de *Moringa oleifera* (anonyme 5)

I.1.5. Composition des différents compartiments de *Moringa oleifera***I.1.5. 1. Composition de graines**

La graine de cette plante contient de l'huile qui peut être utilisée pour la cuisine, dans l'industrie cosmétique, ou à des fins médicinales. Le parfum extrait de l'huile de la graine est très apprécié des parfumeurs pour son pouvoir d'absorption et de rétention des odeurs, principalement pour la fabrication de déodorants (**Sandeep *et al.*, 2019**). Les graines contiennent également des fractions protéiques spécifiques pour les soins de la peau et des cheveux. En outre, le gâteau de farine de graines est utilisé pour purifier l'eau, réduisant ainsi l'apparition de maladies hydriques qui causent de nombreux décès dans les pays en développement (**Zaku *et al.*, 2015**).

I.1.5. 2. Composition des feuilles

Les feuilles peuvent être consommées fraîches en salade, dans un curry de légumes ou comme assaisonnement. Elles peuvent également être cuites dans des soupes et des ragoûts (**Brilhante *et al.*, 2017**).

Les feuilles plus anciennes doivent être débarrassées de leurs tiges dures et fibreuses car elles conviennent mieux à la poudre de feuilles sèches (**Quintanilla-Medina *et al.*, 2018**). Cette poudre est utilisée pour enrichir les aliments et peut être conservée pendant plusieurs mois à température ambiante sans perdre sa valeur nutritionnelle (**Srinivasamurthy *et al.*, 2017**).

Les feuilles de *Moringa oleifera* contiennent aussi des alcaloïdes, flavonoïdes et des composés phénoliques entre 0,67% et 3,4 % des phénols totaux et de 0,5% à 1,4% en tanins, les tanins condensés sont absents ou sous forme de traces. Les teneurs en saponines varient entre 5 et 6,4 % (**Makkar et Becker, 1996 ; Richter *et al.*, 2003 ; Siddhuraju et Becker, 2003 ; Tchiégang et Kitikil, 2004**).

I.1.5.3. Composition de la fleur

Des études faites sur l'écorce et les fleurs de *Moringa oleifera* (Tableau I) ont indiqué la présence des stérols, des glycosides, des alcaloïdes, des triterpenoïdes, des flavonoïdes, des anthraquinones, des caroténoïdes et des tannins ce qui affirme le potentiel antioxydant de cette plante (Kumbhareet *al.*, 2012 ; Alhakmaniet *al.*, 2013).

Tableau I : Autres compositions chimiques du *Moringa oleifera* (BOITEAU Pierre *et al.*, 1999).

Parties	Composition chimique	Action
Feuilles	Glycosides	Hypotenseur
	Niaziminine	Inhibition induite par un promoteur tumoral virus d'Epstein-Barr
	Carbamates	Hypotenseur
	β sitostérol	Hypocholestérolémiante
Graines	Glycérides	Remplace l'huile d'olive
	Acides oléiques (acides gras insaturés)	
	Polypeptide cationique (MO2.1)	Floculant naturel équivalent de sulfate d'alumine
Ecorce	Alcaloïdes en faible quantité	Tonique du système nerveux

I.1.6. Activités biologiques de *Moringa oleifera*

Les composés bioactifs présents dans *Moringa oleifera* lui confèrent des propriétés associées à la prévention et au traitement des maladies, telles que des propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires, antiseptiques, anticancéreuses, antidiabétiques, antioxydantes, hépatoprotectrices et cardioprotectrices (Koul et Chase, 2015 ; Saini *et al.*, 2016).

I.1.6.1. Propriétés antibactériennes, antiparasitaires et antifongiques

Les feuilles de *Moringa oleifera* sont utilisées comme antibiotiques pour la conjonctivite, les abcès et d'autres infections. Manger des graines peut prévenir une variété de maladies parasitaires et bactériennes, éliminer les vers intestinaux et soulager les douleurs d'estomac et l'amygdalite. Les racines en purée sont utilisées pour traiter les abcès et certaines infections fongiques. L'écorce broyée utilisée sur le corps est utilisée pour traiter la variole. Il est également utilisé comme antibiotique pour traiter les maux d'estomac et le vitiligo (**Atakpama et al., 2014**).

I.1.6.2. Propriétés antioxydantes et antiperoxydantes

Les antioxydants sont appréciés car ils éliminent les radicaux libres qui provoquent le stress oxydatif, des lésions cellulaires et des inflammations. *Moringa oleifera* contient des antioxydants appelés flavonoïdes, polyphénols et acide ascorbique dans les feuilles, les fleurs et les graines (**Farooq et al., 2012**). Il est recommandé d'utiliser les flavonoïdes de *Moringa oleifera* (Quercétine) pour la prévention et le traitement de la Covid19 (**Marik, 2020**).

I.1.6.3. Propriétés antidiabétiques

Le *Moringa oleifera* est riche en acide ascorbique et la myricétine, ces derniers exercent un effet antidiabétique en favorisant la sécrétion d'insuline (**Saralaya et al., 2010 ; Govardhan Singh et al., 2013**).

I.1.6.4. Propriétés anticancéreuses :

Des études ont montré l'effet anticarcinogène de plusieurs composés, à savoir l'isothiocyanate glycosylé, le carbamate de benzyle, la niazimycine et le -sitostérol, qui ont des propriétés anti tumorales contre le cancer du poumon, du sein, de la peau, de l'œsophage et du pancréas. Ces composés se trouvent à des concentrations élevées dans les feuilles et les graines de cette plante (**Thapa et al., 2019**).

I.1.6.5. Propriétés anti-inflammatoires

Le *Moringa oleifera* réduit l'inflammation en supprimant les enzymes et les protéines inflammatoires dans le corps humain (**Chaudhary et Chaurasia, 2017**). Par ailleurs l'inhalation de la poudre de feuilles entraînerait un lavage des muqueuses du sinus qui se manifesterait par des éternuements. La gomme exsudée serait également utilisée dans les rhumatismes, dans les otites et otalgies. L'écorce serait utilisée pour soigner les douleurs gingivales de la carie dentaire, les névralgies, les céphalées et l'entorse. Les racines et les

graines seraient utilisées dans les douleurs et les migraines. Les graines seraient utilisées dans l'inflammation et en particulier dans l'asthme, dans les rhumatismes (**Atakpama et al., 2014**).

I.1.6.6. Propriétés anti hypertensives et cardio-protectrices

La consommation des feuilles fraîches sous forme de tisane (un grand verre 2 fois par jour), ou de poudre ou de sauce permettrait de prévenir et de réguler l'hypertension artérielle (52,21%). Elles préviendraient aussi les maladies cardiovasculaires. La consommation de 2 graines par jour régulerait également l'hypertension artérielle. Les racines et les fleurs préparées sous forme de tisane seraient utilisées comme diurétique (**Atakpama et al., 2014**).

I.1.7. Autres utilisations de *Moringa oleifera*

Le *Moringa oleifera* a plusieurs utilisations grâce à sa composition. La poudre de graines est utilisée pour purifier l'eau, en éliminant une grande quantité de matières en suspension dans les rivières et les eaux turbides, ce qui en fait un coagulant naturel pour le traitement de l'eau. L'huile des graines peut être utilisée comme engrais dans les plantations pour favoriser la croissance d'autres espèces, en cosmétique tels que les savons et les parfums, et même pour la production de biodiesel (**Gomez et Angulo, 2014**).

I.1.7. Effets indésirables de *Moringa oleifera*

La feuille a une concentration élevée de saponines, qui peuvent être potentiellement nocives pour les végétariens, car leur consommation réduit la biodisponibilité des métaux divalents et trivalents tels que Zn et Mg (**Canett-Romero et al., 2014**). La feuille a donc été identifiée comme la partie comestible la plus sûre (**Martínez et al., 2019**).

I. 2. Radicaux libres

Il existe un intérêt croissant vis-à-vis de la biologie des radicaux libres. Ce n'est pas seulement dû à leur rôle dans des phénomènes aigus tels que le traumatisme ou l'ischémie, mais aussi à leur implication dans de nombreuses pathologies chroniques associées au vieillissement tels que le cancer, les maladies cardiovasculaires et inflammatoires et la dégénérescence du système immunitaire (**Guinebert et al., 2005**).

I. 2. 1. Définition

Les radicaux libres sont des entités chimiques (espèces, atomes, molécules ou fragments moléculaires) qui ont un (ou plusieurs) électrons « simples » non appariés sur la couche externe du squelette moléculaire. Cet électron est généré pour fournir une susceptibilité et une énergie d'accouplement suffisante, ce qui tend à attirer les électrons d'autres atomes (**Bendif, 2017**).

I. 2. 2. Mécanisme d'action des radicaux libres

Les radicaux libres sont des produits chimiques très instables qui jouent un rôle dans certains traitements contre le cancer et les causes du vieillissement. Leur structure est constituée d'un seul électron, qui cherche à s'apparier en attaquant et en détruisant les molécules voisines. Le terme « dérivé d'oxygène actif » n'est pas limitatif. Il comprend les radicaux libres de l'oxygène lui-même, mais comprend également certains dérivés oxydants actifs non radicaux avec une toxicité importante, tels que le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et le peroxyde d'azote ($ONOO$) (**Haton, 2005**). Parmi ces radicaux libres on trouve : l'anion radical superoxyde ($O_2^{\cdot-}$), le radical perhydroxyle (HO_2^{\cdot}), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et le radical peroxyde (RO_2^{\cdot}).

I.2. 3. Stress oxydant

Dans tous nos tissus sains, les défenses antioxydantes peuvent détruire l'excès de radicaux libres produits. On dit que la balance oxydant/antioxydant est en équilibre. Cependant, dans certains cas, génération excessive de radicaux libres ou diminution de la capacité antioxydante. Le déséquilibre entre la production d'espèces réactives de l'oxygène (EOA) et les défenses antioxydantes de l'organisme appelé stress oxydatif (**Bendif, 2017**).

Le stress oxydant a été décrit réellement comme un facteur étiologique crucial impliqué dans diverses maladies chroniques humaines telles que le cancer, les maladies et neurodégénératives, inflammation, diabète mellites et vieillissement (**Uttara B et al., 2009**).

I.2.4. Antioxydants**I.2.4.1. Définition**

Les antioxydants sont des substances capables de neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme et permettent de maintenir au

niveau de la cellule des concentrations non cytotoxiques. Les antioxydants sont des systèmes enzymatiques ou non-enzymatiques (Mohammedi, 2013).

I.2.4.2. Classification des antioxydants

➤ Antioxydants enzymatiques

Les enzymes antioxydantes sont la première ligne de défense de l'organisme contre les radicaux libres. C'est l'une des cellules et des systèmes antioxydants. Elle est dédiée à l'élimination des résidus simples d'oxygène et existe sous des formes oxydées ou réduites. Ces enzymes jouent un rôle actif dans la protection de l'organisme. Contre les effets néfastes des radicaux libres, l'organisme produit des enzymes antioxydantes : la Super Oxydation Dismutase (SOD), le Glutathion (GSH) et les Suppléments (CAT) peuvent apporter à l'organisme de nouvelles réserves, et les minéraux participent à la synthèse de ces enzymes (Bendif, 2017).

Grâce à son activité stimulante, différentes enzymes assurent l'apparition rapide d'un grand nombre de réactions chimiques (Figure 06) dans le corps ou à l'extérieur, de sorte que les enzymes sont les véritables moteurs de tous les processus vitaux (Karim, 2016).

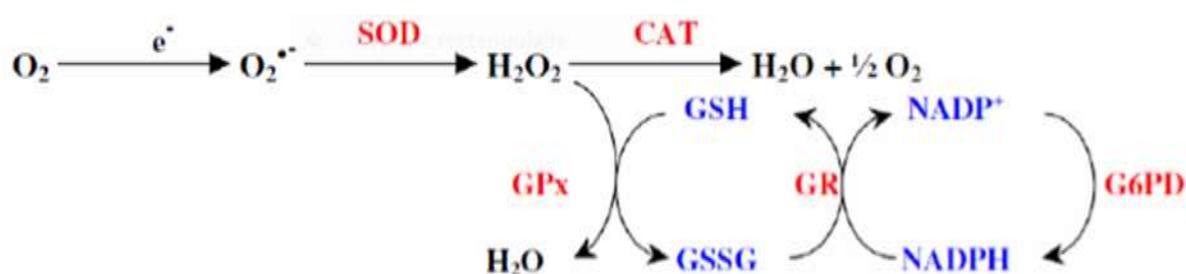


Figure 06: Graphique montrant l'intégration de l'action des antioxydants enzymatique (Chaima.B, 2018).

➤ Antioxydants non enzymatiques

Ce sont des molécules de faible poids moléculaire, liposolubles ou hydrosolubles, généralement avec des groupes thiols, qui aident à compléter les défenses antioxydantes de l'organisme. Les composés hydrosolubles sont principalement représentés par le glutathion, l'acide ascorbique (vitamine C), l'acide urique et la bilirubine, tandis que les antioxydants liposolubles sont principalement représentés par la vitamine E et la coenzyme Q 10. La liaison

à l'albumine et aux protéines métalliques peut également avoir un effet antioxydant constant (Yzydorczyk, 2011).

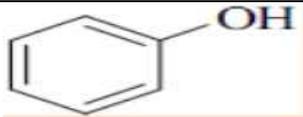
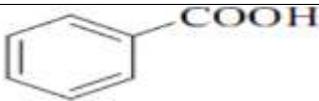
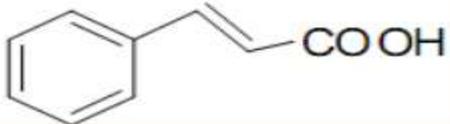
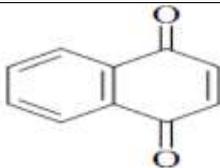
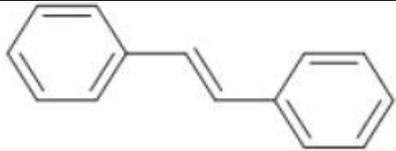
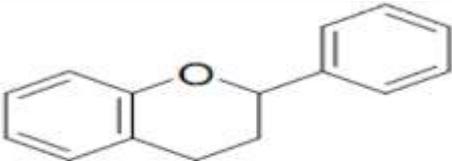
I. 3. Composés phénoliques

I.3.1. Généralités

Les composés phénoliques, ou polyphénols sont des phytomicronutriments synthétisés par les végétaux et qui appartiennent à leur métabolisme secondaire. Ils participent à la défense des plantes contre les agressions environnementales (Gee et Johnson, 2001). Ces molécules jouent un rôle majeur au niveau de la croissance des végétaux et dans la lutte contre des agents pathogènes et des infections (El Gharras, 2009). Les polyphénols, qui forment une immense famille de plus de 8000 composés naturels, sont divisés en plusieurs catégories: les flavonoïdes qui représentent plus de la moitié des polyphénols; les tanins qui sont des produits de la polymérisation des flavonoïdes; les acides phénoliques, les coumarines, les lignines et d'autres classes existent en nombres considérables (Dacosta, 2003).

Les composés phénoliques peuvent-être répartis selon, la complexité de leur squelette de base, le degré de modification de ce squelette et les liaisons possibles de ces composés avec d'autres molécules, en une dizaine de classes (Tableau II) différentes (Macheix *et al.*, 2005 ; Pietta, 2000).

Tableau II : Principales classes des composés phénoliques (Rezaire, 2012)

Sauvete carboné	Classe	Structure de base
C_6	Phénols simples	
C_6-C_1	Acides hydroxybenzoïques	
C_6-C_3	Acides hydroxycinnamiques coumarines	
C_6-C_4	Naphtoquinones	
$C_6-C_2-C_6$	Stilbènes	
$C_6-C_3-C_6$	Flavonoïdes	
$(C_6-C_3)_2$	Lignanes	
$(C_6-C_3)_n$	Lignines	
$(C_6-C_3-C_6)_n$	Tanins condensés	

I.3.2. Classification

I.3.2.1. Acides phénoliques

Les acides phénoliques constituent la classe majeure des composés phénoliques se trouvent surtout dans les aliments d'origine végétale. Ce sont les composés non flavonoïdes (ne possèdent pas de squelette flavone) et ils ont une origine commune qui est l'acide aminé aromatique, la phénylalanine. On distingue deux classes appartenant à cette sous-famille (**Figure 07**) :

➤ Les acides hydroxybenzoïques (**Figure 07**) sont à la base de structures complexes comme les tanins hydrolysables présents dans les mangues, et les fruits rouges comme les fraises, les framboises ou encore les mûres (**Manachet *et al.*, 2004**)

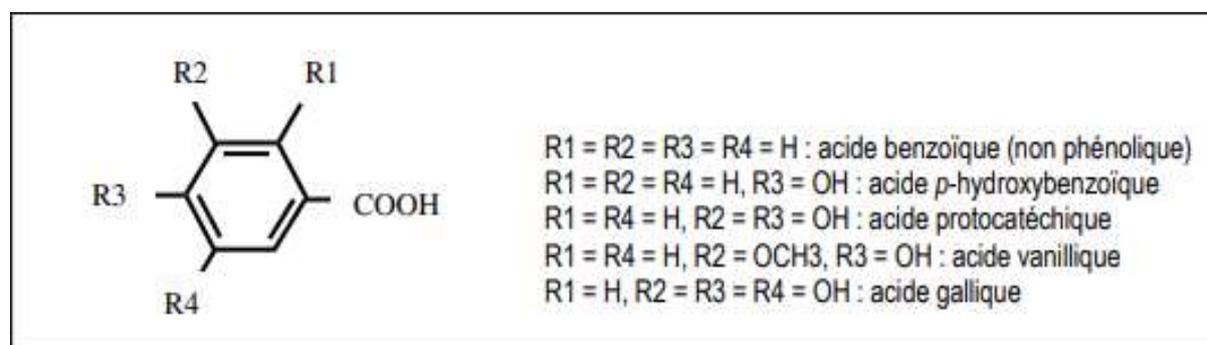


Figure 07 : Structure de l'acide hydroxybenzoïque (**Thompson J. C., et Mottola H. A., 1984**).

➤ Les acides hydroxycinnamiques (**Figure 08**) sont plus abondants que les acides hydroxy benzoïques. Ils sont principalement composés d'acide *P*-coumarique, caféique, férulique et sinapique (**El Gharras, 2009**)

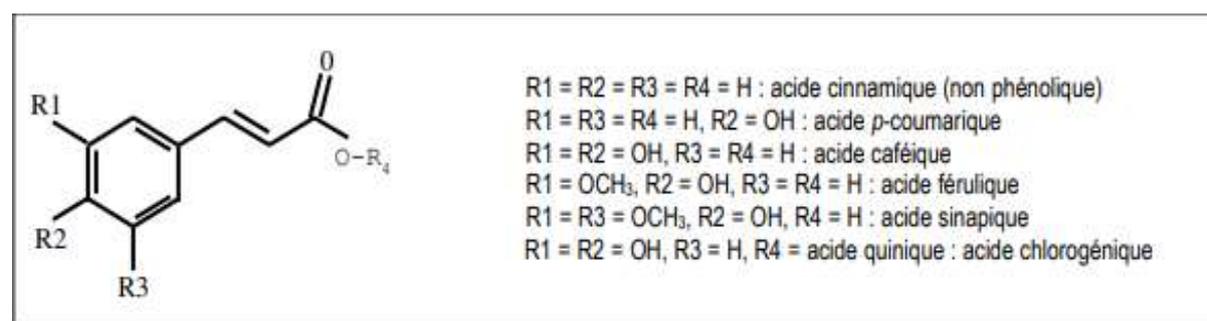


Figure 08: Structures chimiques des acides hydroxycinnamiques (**Chung, J. H *et al.*, 1991**)

I.3.2.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des substances très répandues dans le règne végétal (**Bouhrara, 2016**), elles ont en commun la structure du diphenylpropane (C6-C3-C6), les trois carbones servant de jonction entre les deux noyaux benzéniques notés A et B forment généralement un hétérocycle oxygéné C (**Kahlouche, 2014**)

Les flavonoïdes peuvent être subdivisés en différents sous-groupes (**Figure 09**) en fonction du carbone de l'anneau C sur lequel est fixé l'anneau B et du degré d'insaturation et d'oxydation de l'anneau C.

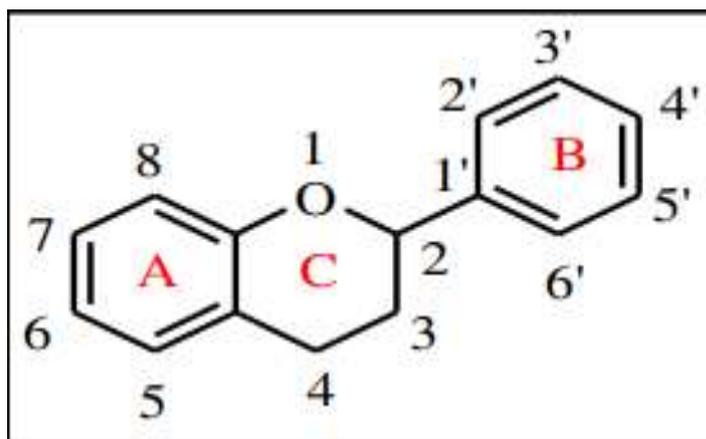


Figure 9 : Structure de base des flavonoïdes (**Korkina et Afanas'ev, 1997**).

I.3.2.3. Tannins

Les tanins (**Figure 10**) sont des composés ayant une masse moléculaire élevée comprise entre 500 et 3000 Dalton. Ils sont généralement dans de nombreux végétaux tels que les écorces d'arbre et les fruits. Leur structure complexe est formée d'unités répétitives monomériques qui varient par leurs centres asymétriques, leur degré d'oxydation (**Bruneton J, 2009**). Les tanins sont classés en deux groupes:

- Les tanins hydrolysables
- Les tanins condensés ou tanins non hydrolysable.

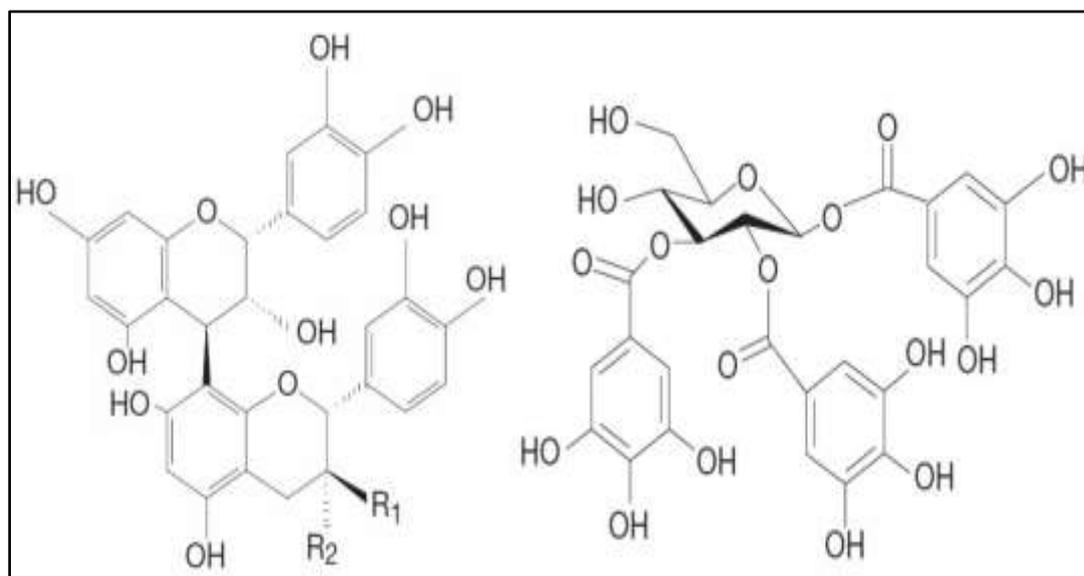


Figure 10 : Structures chimiques typiques des tanins (Achat, 2013).

I.3.3. Mécanisme d'action des composés phénoliques:

Les antioxydants (composés phénoliques) sont des capteurs des radicaux libres. Ces derniers cèdent formellement un radical hydrogène via la rupture homolytique de la liaison O-H, les produits de cette réaction sont la forme réduite (RH) du radical néfaste le radical $ArO\cdot$. Bien que cette réaction donne naissance à un autre radical libre, celui-ci est moins réactif (Portes, 2008).

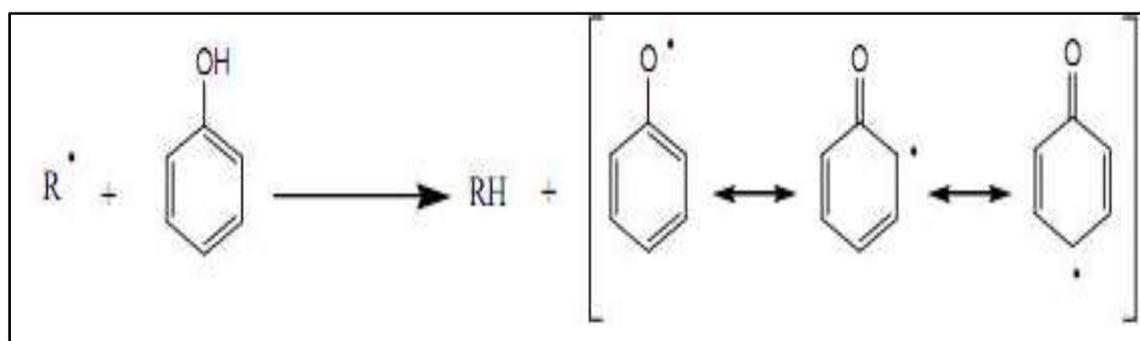


Figure 11: Mécanisme d'action des antioxydants phénoliques (Portes, 2008).

Chapitre III

Matériels et méthodes

II. Matériel végétal

Les feuilles de *Moringa oleifera* ont été récoltées durant le mois d'Octobre 2019 dans la région d'Oued Souf au sud de l'Algérie. Le choix de cette plante se justifie par leur utilisation traditionnelle et leur effet thérapeutique mis en évidence par plusieurs auteurs (**Argolo et al., 2012; Ndiaye et al., 2018**).

II.2. Méthodes :**II.1. Séchage, broyage et tamisage**

Les feuilles de *Moringa oleifera* ont été séchées pendant 1 mois à l'abri de la lumière puis pendant 24 heures à 37 C. L'intérêt du séchage est d'éviter tout effet nocif dû à l'excès d'humidité qui favorise la fermentation microbienne et le développement des moisissures. Il empêche aussi l'action de polyphénols-oxydases et de glycosidases qui dégraderait les composés phénoliques (**Escribano-Bailon et Santos-Buelga, 2003**). Les échantillons ont ensuite été pulvérisés à l'aide d'un broyeur électrique, afin d'obtenir une poudre, de façon que les particules puissent passer à travers un tamis. Une poudre très fine a été récupérée à la fin du tamisage et préservée dans des flacons en verre étiquetés fermés hermétiquement pour protéger la poudre contre l'humidité et l'attaque par les moisissures et dans l'obscurité afin d'empêcher la photo-oxydation.

II.2. Extraction des composés phénoliques

Afin d'optimiser l'extraction des composés phénoliques, deux méthodes d'extraction (conventionnelle et EAU) ont été utilisées et un facteur opérationnel (concentration en éthanol) a été étudié.

II.2.1. Extraction éthanolique

L'extraction des composés phénoliques est réalisée suivant le protocole de **Romani et al.2006**). 50 g du broyat obtenu de la résine ont été macérées dans 500 mL d'éthanol à différentes concentrations (100%, 75% et 50%) pendant 24 heures sous agitation. La suspension obtenue a subi une décantation pendant 24 heures, afin de récupérer le surnageant. Ce dernier a été séché à l'étuve à 40°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

II.2.2. Extraction aqueuse

L'extraction aqueuse a été effectuée par deux méthodes différentes : Extraction avec de l'eau chaude (infusion) et extraction par la méthode préconisée en médecine traditionnelle qui est la décoction.

➤ Extraction par infusion

C'est la forme de préparation la plus simple, elle se prépare en versant de l'eau bouillante sur les parties de plantes fraîches ou séchées et les bien tremper afin d'extraire leurs principes actifs. En laissant reposer la mixture pendant 5 à 10 minutes. Elle convient pour l'extraction de parties délicates ou finement hachées des plantes: feuilles, fleurs, graines, écorces et racines, ayant des constituants volatiles ou thermolabiles comme les huiles essentielles (**Baba-Aïssa, 1999; Kraft et Hobbs, 2004**).

Cette extraction est effectuée comme suit: 5g de matière végétale broyée sont ajoutés à 50 ml d'eau bouillante. Le mélange est conservé à température ambiante pendant 4 heures pour permettre le processus de perfusion. Le mélange est d'abord filtré sur un papier filtre Whatman n°1, puis centrifugé à 5000 rpm pendant 10 min, le surnageant est récupéré puis filtré sur papier filtre. Le filtrat est récupéré dans un flacon stérilisé et surgelé à -80°C, ensuite lyophilisé. Le lyophilisat est conservé dans un flacon en verre fermé à température ambiante.

➤ Extraction par décoction

Cette méthode est utilisée lorsque la ou les drogues utilisées sont constituées de racines, tiges, écorces, graines ou baies ; qui sont les parties les plus coriaces des plantes. Fractionnées en petits morceaux, les drogues sont placées dans de l'eau fraîche, qui sera portée à ébullition. Une fois celle-ci atteinte, il est nécessaire de laisser frémir à petit bouillon pendant 5 à 20 minutes. La solution obtenue est appelée décocté (**Perry, 2013**), qui peut être stocké à froid quelques semaines dans des pots en verre à l'obscurité. Cette méthode d'extraction a été effectuée selon le protocole décrit par **Mrabti et al. (2017)**.

Un extrait aqueux est préparé par ajout de 5 gramme de la matière végétale dans 50 ml d'eau distillée. Après une agitation manuelle, le mélange est chauffé dans un bain-marie à 100°C pendant 30 minutes et il est laissé refroidir à température ambiante. Une filtration est réalisée sur un papier filtre Whatman suivie d'une centrifugation à 5000 rpm pendant 10 min.

Le surnageant est récupéré puis filtré sur papier filtre. Le filtrat est lyophilisé, puis conservé à l'abri de la lumière jusqu'au moment d'utilisation.

II. 3. Rendement d'extraction

Le taux d'extraction pour les deux méthodes utilisées dans cette étude a été calculé comme

$$\boxed{\text{Taux d'extraction (\%)} = [(P1-P0)/E] \times 100}$$

Où :

P1 : poids d'extrait après évaporation du solvant (g).

P0 : poids vide du cristalliseur ou boîte de Pétri (g).

E : poids de la poudre(g).

II.4. Criblage phytochimique

II.4.1. Dosage des phénols totaux

L'estimation de la teneur en phénols totaux est réalisée selon la méthode du *Folin-Ciocalteu*, décrite par Kähkönen et ses collaborateurs (1999). Cette méthode est basée sur la réduction du réactif de *Folin-Ciocalteu* (jaune), qui est un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et de l'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$), en présence des polyphénols en un mélange bleu d'oxyde de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). La coloration bleue produite est proportionnelle aux taux des composés phénoliques présents dans la solution (Cicco *et al.*, 2009).

Un volume de 200 μ L d'extrait (100 μ g/mL) et 1mL de réactif de *Folin-Ciocalteu* (10%) ont été introduits dans un tube de centrifugation et additionnés de 800 μ L de carbonate de sodium (7,5%). Le mélange a été incubé pendant 30 mn à température ambiante et à l'obscurité. Les absorbances ont été mesurées à 760 nm contre un blanc sans extrait. Les teneurs en polyphénols totaux ont été exprimées en milligrammes équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait sec (mg EAG/ g d'extrait) en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique (Annexe 1).

II.4.2. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes, dans les différents extraits de *Moringa oleifera*, a été estimée selon la méthode utilisant le trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$), rapportée par Maksimovic *et al.* (2005). Cette méthode repose sur la capacité des flavonoïdes à chélater les métaux tel que

l'aluminium, utilisé sous forme de chlorure d'aluminium et à former un complexe de coloration jaunâtre.

Un volume de 2 mL d'extrait a été additionné à 1 mL de la solution de trichlorure d'aluminium (133 mg AlCl_3 + 400 mg acétate de sodium dans l'eau distillée) et l'absorbance lue à 430 nm. La concentration en flavonoïdes a été exprimée en milligrammes d'équivalent de quercétine (Annexe 2) par gramme d'extrait sec (mg EQ/ g d'extrait).

II.4. 3. Dosage des tannins condensés (proanthocyanidines)

Le dosage des proanthocyanidines a été estimé par le test de la vanilline en milieu acide selon le protocole proposé par **Sun et ses collaborateurs (1998)**. Elle est basée sur l'interaction des proanthocyanidines (flavanol-3) avec la vanilline en milieu acide et la formation d'un complexe de couleur rouge qui est quantifié spectrophotométriquement à 500nm.

1mL d'extrait est mélangé avec 3mL de la solution méthanolique de la vanilline 4% et 1 mL de l'acide sulfurique (H_2SO_4) absolu. Après incubation pendant 20 min à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 500 nm. La teneur en proanthocyanidines des extraits a été exprimée en milligramme d'équivalent de catéchine (Annexe 3) par gramme d'extrait sec (mg EC/ g d'extrait).

II.5. Evaluation de l'activité antioxydante et antiradicalaire

II.5.1. Pouvoir réducteur du molybdate

Le pouvoir réducteur du molybdène peut servir comme un indicateur significatif de la capacité antioxydants totale des extraits telle qu'elle est décrite par **Prieto *et al.* (1999)**. Cette technique est basée sur la réduction du molybdène Mo(VI) présent sous forme d'ions molybdate MoO_4^{2-} en molybdène Mo(V) MoO_2^+ en présence d'antioxydants pour former un complexe vert de phosphate/ Mo(V) à pH acide(**Alam *et al.*, 2013**).

Un volume de 0,3 mL de chaque extrait est ajouté à 3 mL d'une solution contenant 0,6 M d'acide sulfurique, 28 mM de phosphate de sodium et 4 mM de molybdate d'ammonium. Le mélange est incubé à 95°C pendant 90 min et l'absorbance est mesurée à 695 nm. Le pouvoir réducteur du molybdate est exprimé en mg d'équivalent acide ascorbique par g d'extrait sec (mg EAA/ g ES) en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue avec différentes concentrations d'acide ascorbique dans les mêmes conditions que les échantillons (annexe 1).

II.5.2. Pouvoir chélateur du fer

Le principe de chélation du fer, par les extraits, est basé sur l'inhibition de la formation du complexe (Fe²⁺-ferrozine) après leur incubation avec le fer divalent. Les molécules de ferrozine forment des complexes avec le Fe²⁺ donnant une coloration violet foncée ayant un maximum d'absorption à 562 nm. Cependant, en présence d'agents chélateurs, la formation de ces complexes est atténuée aboutissant à une diminution de la couleur rouge (**Bourgouet al., 2008**).

Le pouvoir chélateur du fer, par les extraits de la plante, a été évalué selon la méthode de **Dinis et al. (1994)**. Il s'agit d'introduire, dans un tube à essai, 100 µL d'extrait ou de standard, 200 µL de FeCl₂ (0,2 mM) et 500 µL d'eau distillée. Après agitation, 200 µL de ferrozine (5mM) sont ajoutés à ce milieu réactionnel. Le mélange est incubé pendant 10 min à température ambiante permettant ainsi la complexion du fer résiduelle et la formation d'un chromophore rouge (Fe (II)-Ferrozine) ayant un maximum d'absorption à 562 nm.

Le pourcentage d'inhibition est calculé selon la formule suivante :

$$\% \text{ de Chélation du fer} = (A_C - A_E) / A_C \times 100$$

Où :

A_C: absorbance du contrôle.

A_E: absorbance de l'échantillon.

II.5.3. Effet scavenger du radical DPPH

Ce test est basé sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical synthétique DPPH[•] (2,2-diphenyl-1-picryl hydrazyl) de coloration violette (forme oxydée) pour le réduire en DPPH-H (2,2-diphenyl-1-picryl hydrazine) de coloration jaune-verte (**Molyneux, 2004**).

L'activité antiradicalaire des extraits est déterminée en utilisant la méthode décrite par **Balasundram et al. (2007)**. Un volume de 300 µL de la solution d'extrait ou de la molécule de référence est additionnée à 1 mL de la solution DPPH (6.10⁻⁵M). Après 30 minutes d'incubation à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 517 nm. Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH[•] est exprimé par la formule suivante:

$$\% \text{ scavenger de radical DPPH} = [(A_T - (A_E - A_B)) / A_T] \times 100$$

Où :

A_T: absorbance de témoin (méthanol + DPPH).

A_E: absorbance de l'échantillon (extrait + DPPH).

A_B: absorbance du blanc de l'échantillon (extrait+ méthanol).

II.5.4. Détermination de la Capacité Antioxydante en Équivalent Trolox (TEAC)

La méthode mesurant la Capacité Antioxydante en Équivalent Trolox (TEAC) a été utilisée pour déterminer le potentiel antioxydant des huiles essentielles. Cette méthode pratique est utilisable dans divers solvants pour un grand nombre de composés d'efficacités différentes. La diminution de l'absorbance de la solution du radical cationique d'ABTS⁺ traduit l'effet de l'échantillon antioxydant, par comparaison avec une courbe d'étalonnage réalisée à partir du Trolox, dont la structure moléculaire cyclique est similaire à celle de la vitamine E (**Re et al., 1999**).

Le pouvoir anti-radicalaire contre le radical cationique ABTS⁺ est mesuré selon la méthode de **Re et al. (1999)**. La solution du radical ABTS⁺ (2,45 mM) est obtenue par un mélange de la poudre ABTS avec une solution de persulfate de potassium (7 mM). Ce mélange est ensuite incubé à l'obscurité pendant 16 h (température ambiante). La solution d'ABTS⁺ est ensuite diluée avec l'éthanol afin d'obtenir une absorbance de $0,7 \pm 0,02$ à 734 nm. Un volume de 20 µl d'extrait à différentes concentrations est additionné de 2 ml de la solution d'ABTS⁺. La quantité d'antioxydant ayant un pouvoir anti-radicalaire est déterminée à partir de la courbe d'étalonnage réalisée avec le Trolox (annexe 4).

II.6. Etude statistique

Toutes les données représentent la moyenne de trois essais avec \pm l'écart type. L'analyse statistique des résultats est effectuée avec l'application « ANOVA » à l'aide d'un logiciel Graph Pad Prism 5.0 (Graph Pad, San Diego, CA, USA) et le seuil de signification est fixé à $p < 0,05$.

Chapitre III
Résultats et discussions

III. Résultats et discussion :

III.1. Taux d'extraction :

Les techniques d'extraction, à partir des plantes médicinales, des antioxydants phytochimiques constituent une étape cruciale, car elle est déterminante de la qualité et de la quantité de principes actifs recherchés, qui reflètent directement leurs activités pharmacologiques.

Dans ce présent travail, afin d'optimiser l'extraction des composés phénoliques de feuilles de *Moringa oleifera*, deux paramètres sont pris en considération, à savoir le type de la méthode d'extraction et la concentration du solvant. Les rendements d'extraction obtenus sont reportés dans le tableau III :

Tableau III : Tableau des taux d'extraction (%) par différentes méthodes

Extraits	Taux d'extraction (%)
Ethanol 100%	8,79
Ethanol 70%	12,38
Ethanol 50%	21,46
Décoction	11,54
Infusion	11,57

Il ressort d'après l'observation des taux d'extraction (Tableau III) qu'ils varient en fonction de la concentration du solvant et la méthode d'extraction utilisée pour la même matrice végétale qui est les feuilles de *Moringa oleifera*. Les résultats des rendements obtenus par extraction solide-liquide à l'éthanol donnés par le tableau III montrent que le rendement le plus élevé est enregistré en utilisant l'éthanol à 50% (21,46%) suivi par l'éthanol à 70% (12,38%), tandis que l'extraction par décoction et infusion a révélé un taux d'ordre de 11,5%. En analysant ces résultats, on constate que l'extraction à l'éthanol est plus efficace que celle à l'eau distillée, ceux qui concordent avec les travaux menés par (Bourgou *et al.*, 2016). En effet, la différence des taux d'extraction obtenus peut être attribués, à la différence de solubilité des composé actifs extraits, à leur degré de polymérisation et à la technique d'extraction : Temps d'extraction, température, solvant à alimenter, le nombre d'extractions répétées de l'échantillon, sont les paramètres cruciaux affectant le rendement d'extraction (Amessis-Ouchemoukh *et al.*, 2014 ; Kheyar-Kraouche *et al.*, 2018).

III.2. Criblages phytochimiques

Les concentrations des phénols totaux, des flavonoïdes et les tannins condensés sont déterminées à partir des courbes d'étalonnages tracées en utilisant comme standard l'acide gallique ($y = 0,005x + 0,115$, $R^2 = 0,991$), la quercétine ($y = 0,022x + 0,087$, $R^2 = 0,997$) et la catéchine ($y = 0,003x - 0,021$, $R^2 = 0,995$), respectivement (Annexe 1). Les concentrations sont exprimées en mg EAG /g d'extrait pour les phénols totaux, en mg EQ /g d'extrait pour les flavonoïdes et en mg EC /g d'extrait pour les tannins condensés.

III.2.1. Teneurs en polyphénols totaux

Les résultats du dosage des phénols totaux à partir de différents extraits de la plante sont représentés dans la figure 12.

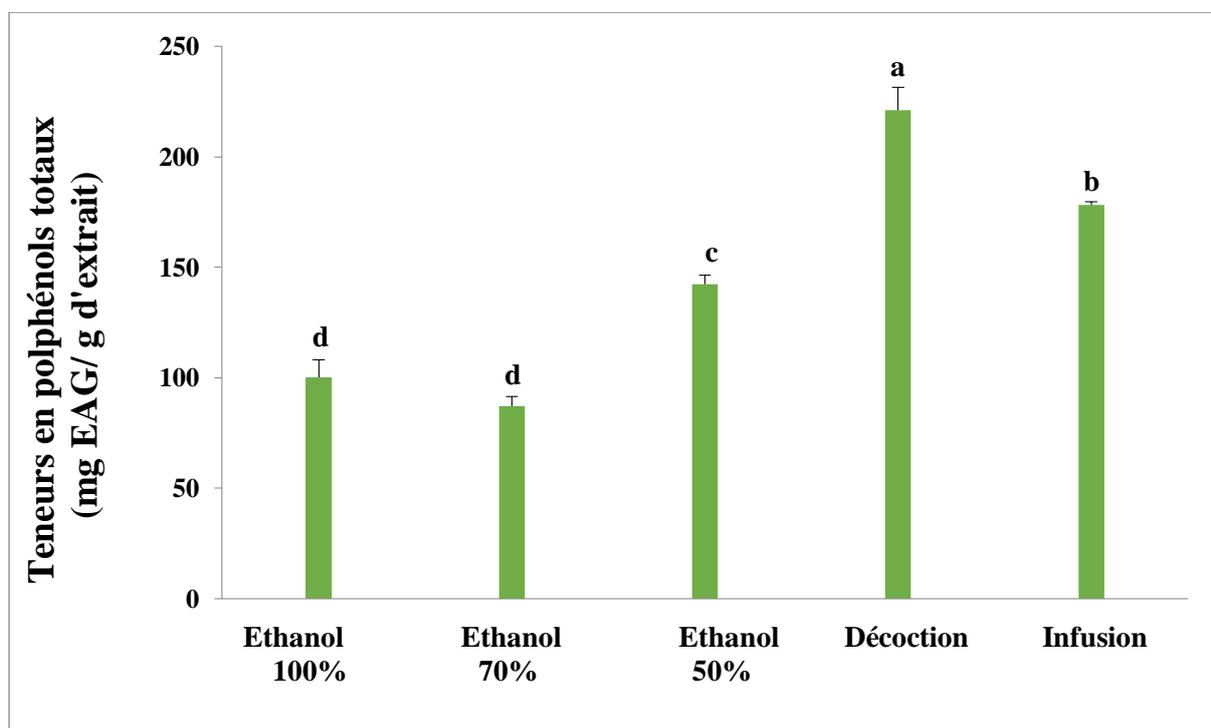


Figure 12. Les teneurs en phénols totaux des différents extraits de *Moringa oleifera*

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec \pm l'écart-type.

-Les valeurs désignées avec les mêmes lettres indiquent que la différence n'est pas significative ($P > 0,05$).

Les résultats des teneurs en phénols totaux (Figure 12) obtenus par extraction aqueuse montrent que la plus forte teneur est enregistrée par l'extrait obtenu par décoction ($582,7 \pm 21,96$ mg EAG/g d'extrait), suivi par l'infusion ($340,78 \pm 16,68$ mg EAG/g d'extrait).

Ces valeurs sont plus élevées comparativement à celles obtenues dans les extraits éthanoliques. En effet, les travaux menés par (Bourgou *et al.*, 2016) montrent que l'eau apparaît comme étant le solvant le plus efficace à extraire une teneur élevée en polyphénols, ce qui concorde avec les résultats de cette étude. Les résultats de l'extraction éthanolique obtenus indiquent que le meilleur taux a été exhibé par l'extrait éthanolique à 50%. En effet, l'addition de l'eau distillée à l'éthanol augmente de façon remarquable son pouvoir d'extraction. Nos résultats sont en accord avec ceux de plusieurs auteurs qui ont révélé que les solvants mixtes sont très efficaces à extraire les composés phénoliques. Selon (Mohammedi *et Arik*, 2011) l'utilisation de solvants mixtes aboutit à un fort enrichissement des extraits en composés phénoliques. Cette supériorité des solvants mixtes est due à l'augmentation de la solubilité des composés phénoliques dans les extraits obtenus par des solvants mixtes comparés à celui obtenu par un solvant pur (Trabelsi *et al.*, 2010). Cette augmentation peut être due à l'augmentation de la basicité et de l'ionisation des polyphénols dans de telles solutions. Par contre, des études antérieures ont montré que l'utilisation de solvants organiques très purs peut entraîner la déshydratation et l'effondrement des cellules végétales, ainsi que la dénaturation des protéines de la paroi cellulaire, rendant ainsi l'extraction des composés phénoliques difficile (Garcia *et al.*, 2015). Dans ce contexte, (Sahin and Samli, 2013) ont rapporté que le meilleur rendement d'extraction des composés phénoliques étant obtenu en utilisant un mélange 50%- 50% d'éthanol-eau. Ces auteurs soulignent un effet de synergie entre les solvants, puisque l'eau agit comme un agent gonflant de la matrice végétale, tandis que l'éthanol induit la rupture du lien entre les solutés et la matrice.

III.2.2 Teneurs en flavonoïdes :

L'évaluation des teneurs en flavonoïdes à partir des différents extraits de la plante a permis de déterminer les différentes teneurs données dans la figure 13.

A la première lecture des résultats, nous avons remarqué que les flavonoïdes des extraits de feuilles de *Moringa oleifera* sont concentrés principalement au niveau des extraits éthanoliques par rapport aux extraits aqueux. Les résultats montrent que la concentration optimale des flavonoïdes ($85,24 \pm 1.1$ mg EQ/g d'extrait) est obtenue par l'éthanol à 70%. Nous remarquons que ces résultats ne concordent pas avec les résultats d'extraction des polyphénols. Ceci est en accord avec les travaux de (Iloki-Assanga *et al.*, 2015), où il a été constaté que la teneur maximale d'extraction a été trouvée aux concentrations significativement différentes pour chaque composé de la matrice. La faible valeur des

flavonoïdes obtenu par la décoction et l'infusion par rapport à la teneur obtenue par les polyphénols, indique que les extraits aqueux contiennent d'autres composés phénoliques tels que les tannins, les acides phénoliques qui possèdent d'autres structures chimiques que celles des flavonoïdes. Les feuilles de *Moringa oleifera* est très riches en divers polyphénols (Anwar *et al.*, 2005) et (Rani *et al.*, 2018), Nos résultats indiquent des quantités différentes à celles obtenues par (Sultana et Anwar, 2008) et (Awa Ndiaye SY *et al.*, 2018), dont la teneur en flavonoïdes était d'ordre de 4,59 mg/g de matière sèche.

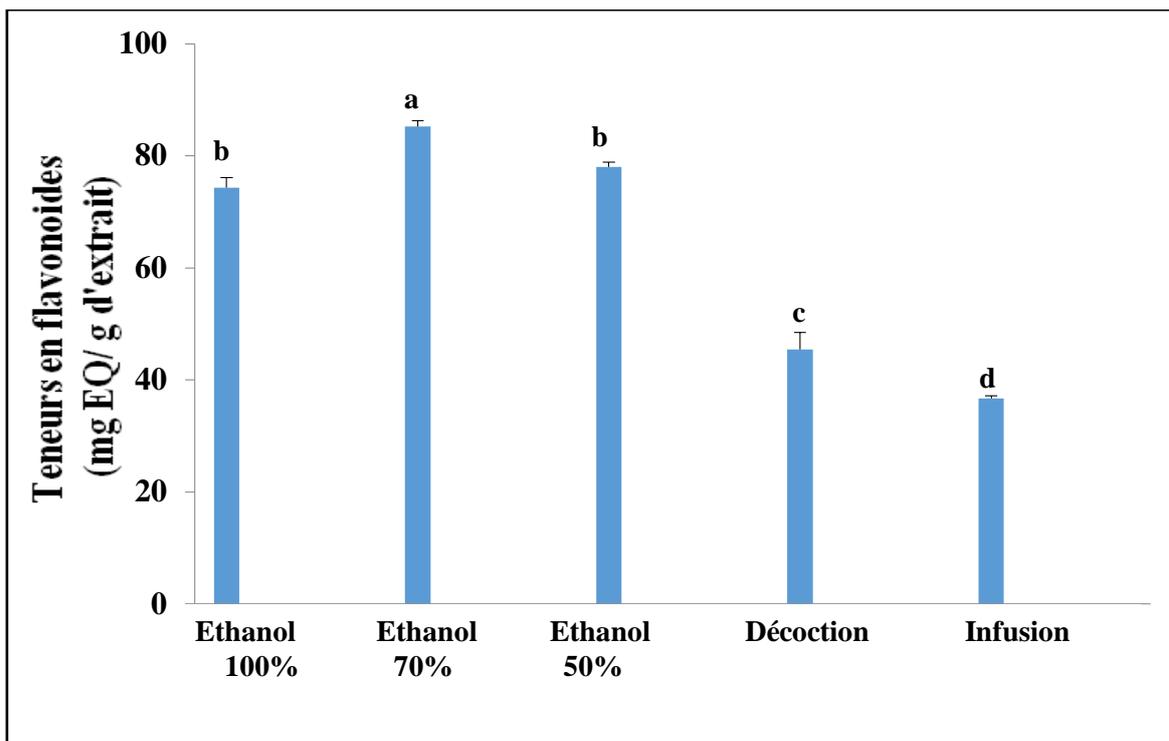


Figure 13: Les teneurs en flavonoïdes des extraits de feuilles de *Moringa oleifera*

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec \pm l'écart-type
-Les valeurs désignées avec les mêmes lettres indiquent que la différence n'est pas significative ($P > 0,05$).

A la lumière des résultats obtenus, nous constatons qu'il y a une répartition hétérogène de ces composés entre les différents extraits. Cela s'expliquerait d'une part, par la diversité structurale des flavonoïdes (Ghedira, 2005) et d'autre part, par le fait que ces composés ne se trouvent pas à l'état libre dans les tissus des végétaux ; par conséquent, leur combinaison avec d'autres composés, qu'ils soient polaires ou apolaires peut influencer leur solubilité (Macheix *et al.*, 2005).

III.2.3. Teneurs en tannins condensés

Les tannins condensés ou proanthocyanidines sont des polymères des flavan-3-ols, reconnus pour leurs activités biologiques. D'après la figure 14, on remarque que les teneurs moyennes en proanthocyanidines varient de $582,7 \pm 21,96$ à $152,44 \pm 6,62$ à mg EC/g d'extrait. Tous les extraits de plante testés renferment les proanthocyanidines et les meilleurs taux sont retrouvés dans l'extraction aqueuse par décoction et infusion.

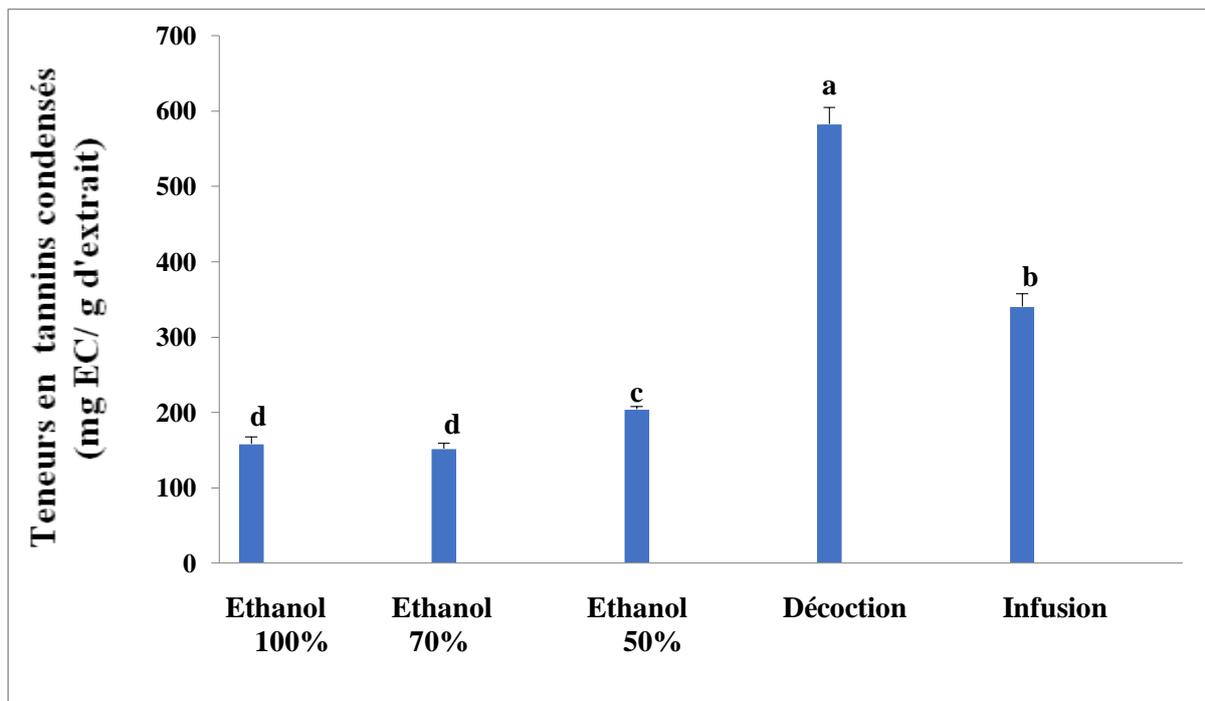


Figure 14 : Les teneurs en tannins condensées des extraits de feuille de *Moringa oleifera*

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec \pm l'écart-type.

-Les valeurs désignées avec les mêmes lettres indiquent que la différence n'est pas significative ($P > 0,05$).

Les résultats de cette étude concordent avec ceux trouvés dans de nombreux travaux de recherche, indiquant que l'eau enregistre les teneurs les plus élevées en tanins condensés suivi par l'éthanol quel que soit la méthode d'extraction utilisés (**Ghadadba et al., 2015**). En effet, l'extraction des tannins condensés dépend de leur nature chimique et du solvant utilisé (**Chavan et al., 2001**).

III-3- Evaluation de l'activité antioxydante *in vitro*

Compte tenu de la complexité du processus oxydatif et de la nature diversifiée des antioxydants, avec des composants à la fois hydrophiles et hydrophobes, il n'y a pas une méthode universelle par laquelle l'activité antioxydant peut être mesurée quantitativement d'une façon bien précise. Le plus souvent il faut combiner les réponses de tests différents et complémentaires pour avoir une indication sur la capacité antioxydant de l'échantillon à tester (Popovici *et al.*, 2009).

Dans la présente étude, l'activité antioxydante des différents extraits des feuilles de *Moringa oleifera* a été évaluée, en utilisant quatre tests *in vitro*. Les tests peuvent être divisés en deux groupes : (a) tests qui mesurent la capacité réductrice et (b) ceux qui reposent sur le pouvoir scavenger des espèces radicalaires.

III.3.1. Effet anti-radicalaire contre le radical DPPH

Les extraits de feuilles *Moringa oleifera* ont exhibé de puissants effets scavenger contre le radical DPPH à 1mg/mL (Figure 15). Les effets de l'extrait aqueux obtenu par décoction (96,72%) et l'extrait éthanol à 50% (97,80%), les plus importants et qui sont comparables ($P > 0,05$), suivi par l'éthanol à 70% (90,21%). Les mêmes constatations sont signalées par plusieurs études, où il a été montré que les extraits de feuilles de *Moringa oleifera* exhibé de puissant effet scavenger contre le radical DPPH (Awa Ndiaye SY *et al.*, 2018 ; Abdulaziz Rabiou A *et al.*, 2015 ; Braham F *et al.*, 2020).

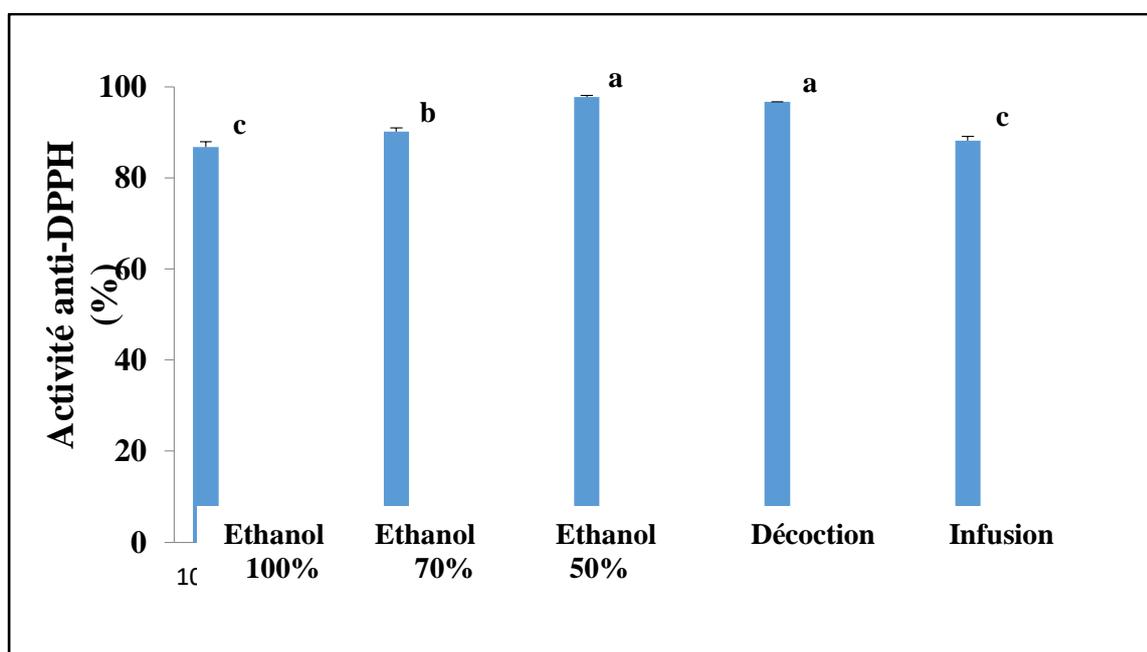


Figure 15 : Effet scavenger contre le DPPH des extraits de *Moringa oleifera* à 1 mg/mL

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec \pm l'écart-type.

-Les valeurs désignées avec les mêmes lettres indiquent que la différence n'est pas significative ($P > 0,05$).

Tous les extraits exprimés des effets importants ($>50\%$) ont été testés sur une gamme de concentrations selon leur efficacité anti-radicalaire (Figure 15), dans le but d'exprimer les résultats en termes d' IC_{50} . La valeur IC_{50} est définie comme la quantité d'antioxydant nécessaire pour la diminution de la concentration du DPPH initial de 50% (Scherer et Godoy, 2009). Les IC_{50} sont inversement proportionnelles à l'effet scavenger dont les valeurs faibles reflètent un effet anti radicalaire important (Villano *et al.*, 2007). Les résultats de l'activité anti-DPPH des extraits à différentes concentrations et leur IC_{50} sont illustrés dans la figure 19 et le tableau V.

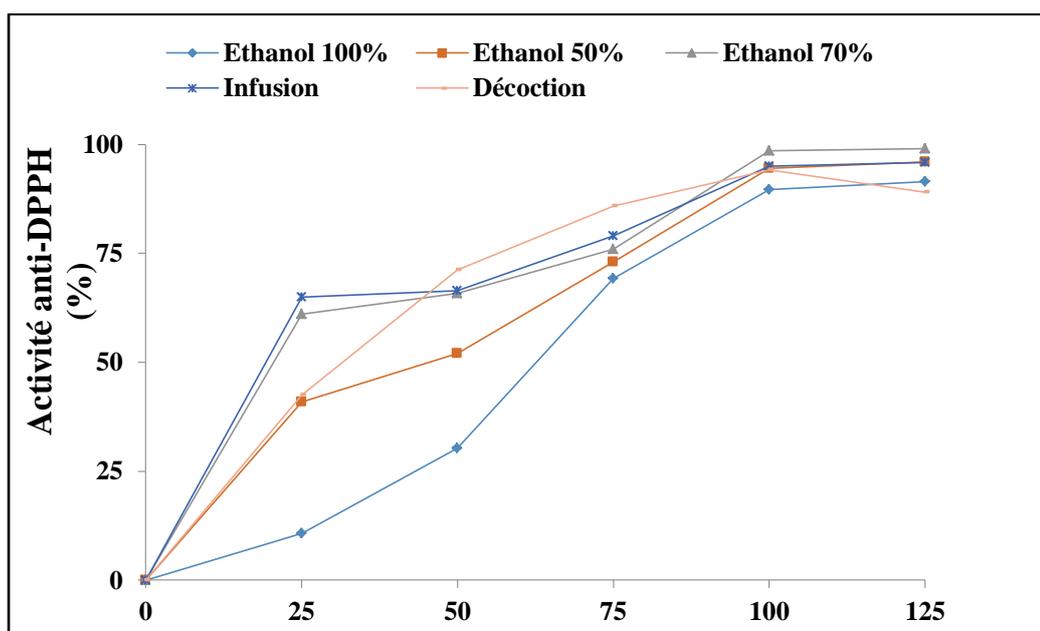


Figure 16 : Effet scavenger contre le DPPH des extraits de *Moringa oleifera* à différentes concentrations

D'après la figure 19, on constate que l'effet anti-DPPH de différents extraits dépend de leur concentration (dose-dépendant). Hormis l'extrait éthanol à 100%, tous les extraits testés ont présenté un pouvoir anti-radicalaire supérieur à 50% à une concentration de 50 µg/mL. A partir des courbes de la figure 19 nous avons pu déterminer les IC_{50} des extraits de feuilles de la plante, dont les plus importantes sont celles de l'extrait éthanol à 50% et l'extrait aqueux de la décoction avec des valeurs de 36,82 et 42,84 µg/mL, respectivement. Quant aux autres extraits, leurs IC_{50} sont supérieures à 45 µg/mL (Tableau v).

Tableau IV: Les IC₅₀ des extraits de feuilles de *Moringa oleifera*

Extraits	IC ₅₀ (µg/mL)
Ethanol 100%	55,54
Ethanol 70%	47,26
Ethanol 50%	36,82
Décoction	42,84
Infusion	50,84

Les valeurs de l'activité anti-radicalaire des extraits de *Moringa oleifera*, enregistrées dans la présente étude, sont supérieures à celles rapportés par Awa Ndiaye *et al.* (2018), pour l'extrait éthanolique (IC₅₀= 87,86 µg/ml).

III.3.2. La Capacité Antioxydante en Équivalent Trolox

L'essai à l'ABTS ou la méthode mesurant la Capacité Antioxydante en Équivalent Trolox (CAET), est utilisée pour déterminer le potentiel antioxydant de plusieurs substances et extraits végétaux (Marc *et al.*, 2004).

L'activité antioxydante totale d'une molécule est déduite de sa capacité à inhiber le radical cationique ABTS^{•+} de coloration bleu-vert en le transformant en ABTS incolore, en présence de proton issu d'un antioxydant (Re *et al.*, 1999). L'obtention du radical cationique ABTS^{•+} résulte du contact de l'ABTS avec le persulfate du potassium (Re *et al.*, 1999 ; Marc *et al.*, 2004).

Les résultats de l'activité scavenger contre le radical ABTS, exprimés en pourcentage d'inhibition à 1mg/ml d'extrait, ainsi que l'effet scavenger exprimé en CAET sont résumés au niveau du tableau IV. Il est clair que l'ordre des valeurs CAET est le même que celui du pourcentage d'inhibition de l'ABTS. D'après les résultats, il n'existe pas de différence significative entre les taux d'inhibition obtenus entre l'extrait éthanol à 70% et l'extrait aqueux de la décoction (Tableau IV), bien qu'à la concentration 50% l'extrait éthanolique présente le taux d'inhibition (90,95±0,31 %) et le CAET (1574±3,13 µM Trolox/g d'extrait) les plus élevés.

Tableau V : Activité anti-radicalaire avec l'ABTS des extraits de *Moringa oleifera*

Extraits	Scavenger (%)	CAET(μ M Trolox/g d'extrait)
Ethanol 100 %	86,81 \pm 0,25 ^c	1505 \pm 2,54 ^c
Ethanol 70 %	88,68 \pm 0,09 ^b	1536 \pm 0,97 ^b
Ethanol 50 %	90,95 \pm 0,31 ^a	1574 \pm 3,13 ^a
Décoction	88,09 \pm 0,98 ^b	1526 \pm 9,85 ^b
Infusion	87,37 \pm 0,88 ^c	1514 \pm 8,80 ^c

*Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais (n=3) avec \pm l'écartype.

*Les valeurs obtenues pour chaque paramètre sont classées par ordre décroissant a>b>c, désignées la différence significative (P< 0.05).

L'analyse des résultats des tests DPPH et ABTS montre que l'aptitude des extraits de *Moringa oleifera* à piéger ces radicaux est similaire. Les mêmes résultats ont été rapportés par **Erken et ses collaborateurs (2008)**. L'activité anti-oxydante observée peut être due au fait que notre plante contient différents types de composés phénoliques, d'ailleurs les teneurs élevées des extraits aqueux en phénols totaux, et les extraits éthanoliques en flavonoïdes pourraient expliquer les taux d'inhibition obtenus de cette plante. Beaucoup d'études montrent que les propriétés anti-oxydantes d'un produit végétal sont fortement liées à sa teneur en polyphénols (**Cai et al, 2004 ; Marchszak et al, 2004 ; Zujko et al, 2005 ; Pellegrini et al, 2003 ; Li et al, 2007 ; Athamena et al., 2010 ; Mariod et al., 2010**). Ces derniers sont doués d'un grand potentiel antioxydant, et agissent comme donneurs d'hydrogène ou d'électron (**Kaur et Kapoor, 2002**). **Cai et al, (2004)** ont montré une forte corrélation entre la teneur en composés phénoliques totaux estimé par Folin-Ciocalteu et l'activité anti-oxydante estimé par la méthode ABTS. Par ailleurs, il est bien établi que l'activité antioxydante est corrélée positivement avec la structure des polyphénols, généralement les polyphénols avec un nombre élevé du groupements hydroxyles présentent l'activité antioxydante la plus élevée (**Heim et al.,2002**) due à leur pouvoir de donner plus d'atomes pour stabiliser les radicaux libres (**Torres de pinedo et al., 2007**), ce qui peut expliquer en partie que l'activité anti-radicalaire est dépendante du nombre, de la position, de la nature de substituant sur les cycles B et C (groupements hydroxyles, metaxylés, glycosylés) et le degré de polymérisation (**Popovici et al., 2010**). Par ailleurs, l'effet antioxydant n'est pas seulement dose-dépendant mais également structure-dépendant (**Rodriguez-Bernaldo et al., 2010**).

III.3.3. Pouvoir réducteur du molybdate

Le pouvoir réducteur des extraits de *Moringa oleifera* est déterminé en utilisant le molybdate, qui est souvent utilisé comme un indicateur de la capacité antioxydants totale des extraits de plantes médicinales (Wang *et al.*, 2008). Les résultats du pouvoir réducteur des différents extraits de feuilles de la plante sont représentés dans la figure 20.

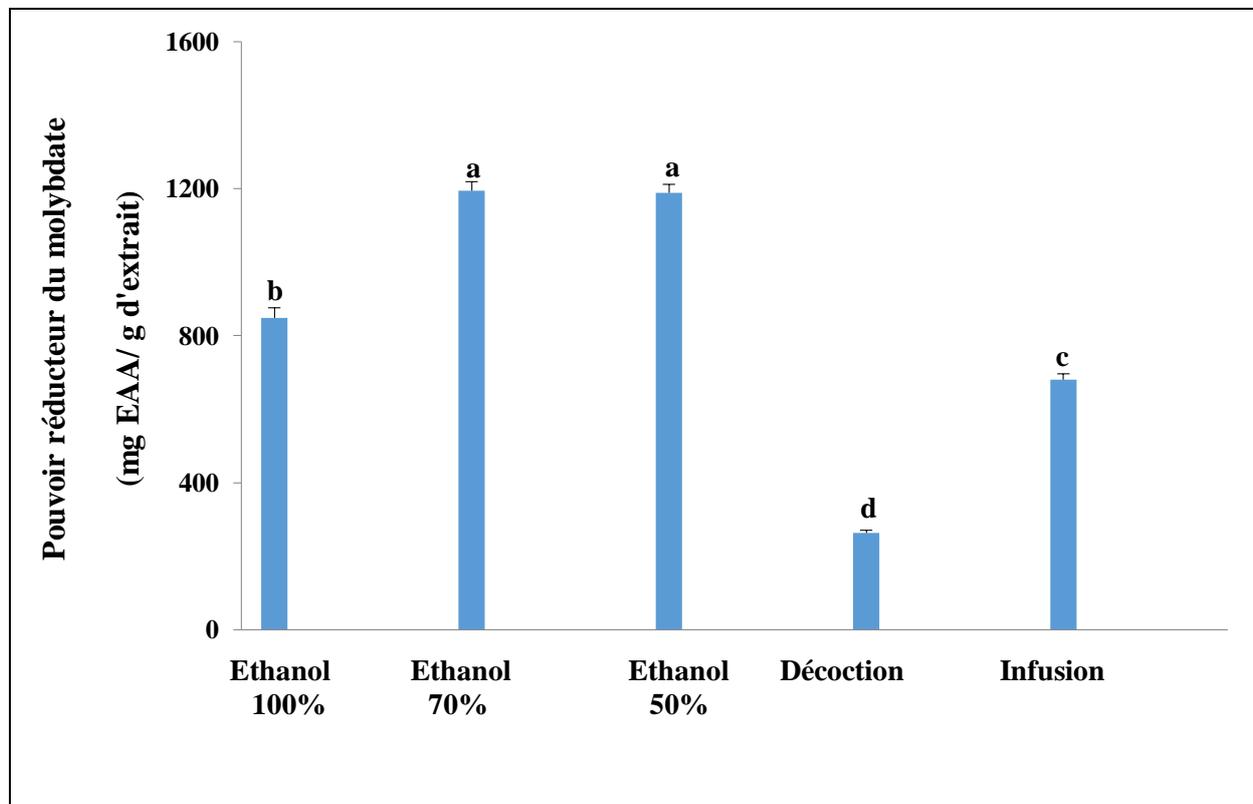


Figure 17 : Pouvoir réducteur du molybdate des extraits des feuilles de *Moringa oleifera* à 1mg/mL

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec \pm l'écart-type.

-Les valeurs désignées avec les mêmes lettres indiquent que la différence n'est pas significative ($P > 0,05$).

Les capacités des extraits de *Moringa oleifera* à réduire le molybdate diffèrent significativement en fonction de types d'extraction et du solvant utilisé. Les meilleurs potentiels réducteurs ont été obtenus par les extraits éthanoliques à 50% et 70%, avec des valeurs de 1195 et 1189mg EAA/g d'extrait, respectivement. Alors que la plus faible activité réductrice du molybdate a été déterminée dans l'extrait aqueux obtenu par la décoction avec une valeur de 263 mg EAA/g d'extrait (Figure 20). Les mêmes constatations sont signalées par Luqman *et al.*, (2011), où il a été montré que l'activité réductrice des extraits éthanoliques de feuilles de *Moringa oleifera* est supérieure à celles des extraits aqueux.

D'après ces résultats, il nous paraît clair que les extraits éthanoliques exhibent une capacité considérable, le pouvoir réducteur de ces extraits est probablement dû à la présence de groupement hydroxyle dans les composés phénoliques qui peuvent servir comme donneur d'électron. Des travaux antérieurs ont également montré que le pouvoir réducteur d'un composé peut servir comme un indicateur significatif de son activité antioxydante potentielle (Benhamou *et al.*, 2008).

III.3.4. Evaluation de l'activité chélatrice du fer

Le fer est un autre élément qui peut induire des dommages oxydatifs aux tissus vivants par la génération du radical OH (Lee *et al.*, 2014). Il peut stimuler l'oxydation des lipides par la réaction de Fenton, et accélérer cette oxydation en décomposant les hydroperoxydes en radicaux peroxydes et alcoxydes qui peuvent à leur tour entretenir la réaction de peroxydation lipidique.

En effet, l'activité chélatrice est très importante du fait qu'elle réduit la concentration des métaux de transition catalyseurs de la peroxydation lipidique (Nithiyantham *et al.*, 2012). Les résultats de l'activité chélatrice du fer ferreux par les extraits de *Moringa oleifera* à 1mg/mL sont illustrés dans la figure 18.

Les résultats obtenus montrent que les meilleures capacités chélatrice sont obtenues par l'extrait éthanolique à 50% (41,56%) et l'extrait aqueux de la décoction (37,74%), suivi par les deux extraits aqueux de l'infusion et éthanol à 70 qui ne représentent aucune différence significative ($P > 0,05$). L'activité la plus faible mais qui reste satisfaisante a été obtenue avec l'extrait éthanolique à 100%.

Les valeurs de l'activité chélatrice des extraits de *Moringa oleifera*, enregistrées dans la présente étude, sont supérieures à celles rapportés par Luqman *et al.* (2011) avec des extraits aqueux et éthanoliques de cette plante.

Les valeurs du pouvoir chélateur des extraits de feuilles de *Moringa oleifera* enregistrées dans notre étude corroborent à celles rapportés par Alaa A Gaafar *et al.* (2016) avec les extraits aqueux.

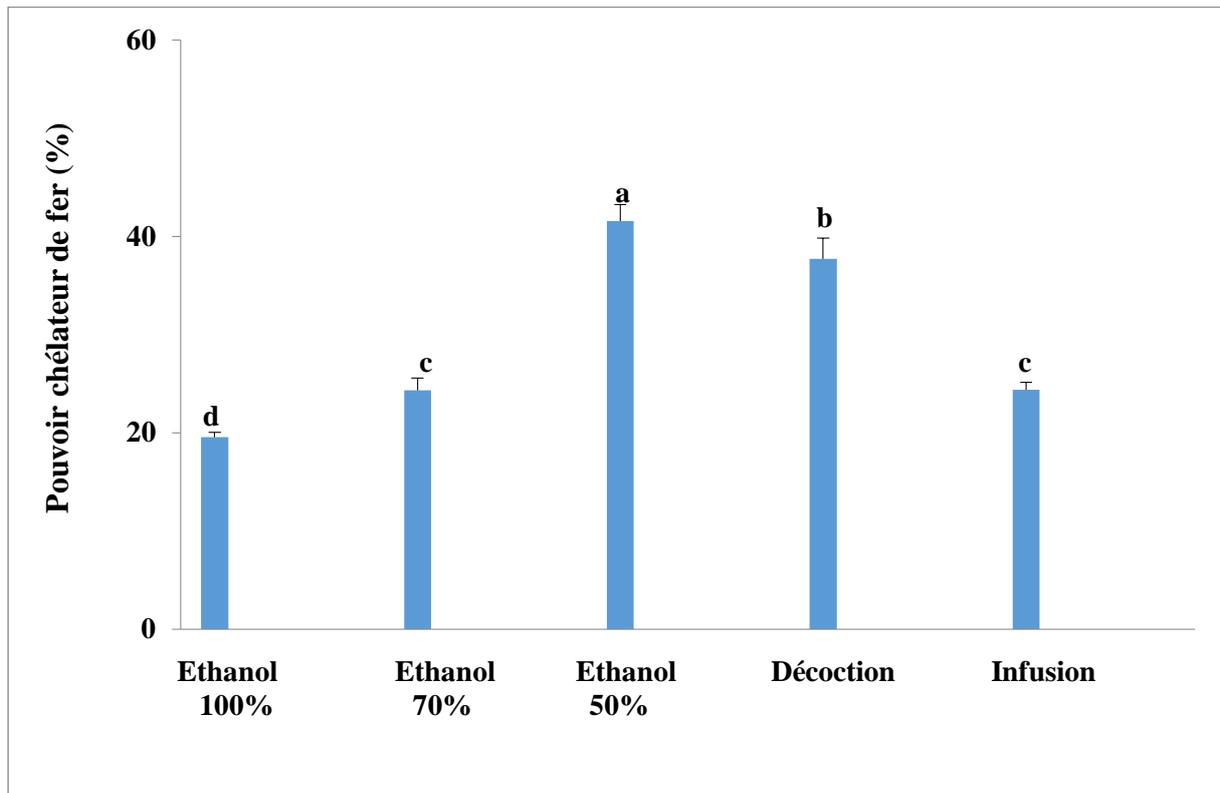


Figure 18 : Pouvoir chélateur des ions ferreux par les extraits des feuilles de *Moringa oleifera* à 1mg/mL

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec \pm l'écart-type.

-Les valeurs désignées avec les mêmes lettres indiquent que la différence n'est pas significative ($P > 0,05$).

Conclusion

Conclusion

Actuellement, l'utilisation des plantes médicinales a connu un grand intérêt dans la recherche biomédicale, pour leurs richesses en antioxydants naturelles, car ils présentent un grand intérêt thérapeutique qui ne cesse d'augmenter durant ces dernières années. Le but c'est de rechercher des principes actifs, doté de diverses propriétés thérapeutiques alternatives aux substance chimiques qui présentent des risque pour la santé humaine et pour l'environnement.

Ce travail avait pour objectif d'étudier les propriétés antioxydantes et anti-radicalaires, *in vitro* des différents extraits de *Moringa oleifera*. L'analyse des résultats obtenus montre, pour une extraction efficace des polyphénols de la poudre des feuilles de *Moringa oleifera*, l'addition de l'eau au système d'extraction fait améliorer le rendement ; vu qu'avec l'éthanol à 50%, l'extraction est améliorée.

La quantification par des méthodes colorimétriques a montré que la plante de *Moringa oleifera* est une source importante en polyphénols. En effet, les extraits aqueux obtenus ont enregistré de forts taux en phénols totaux et en tannins condensés, tandis que l'éthanol à 70% a montré la teneur optimale en flavonoïdes ($85,24 \pm 1.1$ mg EQ/g d'extrait), ce qui peut être expliqué par la différence de la polarité du solvant.

Les composés bioactifs contenus dans les différents extraits ont montré un potentiel antioxydant sur les différents modèles étudiés : Pouvoir réducteur du molybdate, chélation du fer, DPPH^{*} et ABTS. Cette activité antioxydants des différents extraits de *Moringa oleifera* varie en fonction de la méthode appliquée et de la concentration du solvant utilisé. L'activité scavenger du radical DPPH par l'extrait aqueux de la décoction et l'éthanol à 50%, est plus élevée avec des valeurs IC₅₀ de 36,82 et 42,84 $\mu\text{g/mL}$, respectivement. il n'existe pas de différence significative entre les taux d'inhibition du radical ABTS obtenus entre l'extrait éthanol à 70% et l'extrait aqueux de la décoction, bien qu'à la concentration 50% l'extrait éthanolique présente le taux d'inhibition ($90,95 \pm 0,31$ %) et le CAET ($1574 \pm 3,13$ μM Trolox/g d'extrait) les plus élevés. Les extraits éthanolique à 50% et 70% manifestent les meilleurs potentiels réducteurs (1195 et 1189mg EAA/g d'extrait, respectivement), et l'extrait aqueux de la décoction et l'éthanol à 50% ont présenté les meilleures activités chélatrice du fer avec 41,5% et 37,74%, respectivement.

En perspectives, il serait intéressant d'approfondir ce travail par d'autres tests antioxydants *in vitro* et *in vivo*, d'étudier d'autres activités biologiques comme l'activité anti-

inflammatoire et antimicrobienne et de caractériser les molécules bioactifs de cette plante par HPLC, RMN...

*Références
bibliographiques*

A

Achat, S. (2013). Polyphénols de l'alimentation : extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques (Thèse de doctorat). Université d'Avignon

Afanas'eva, I.B., Ostrakhovitch, E.A., Mikhal'chik, E.V., Ibragimova, G.A., Korkina, L.G. (2001). Enhancement of antioxidant and anti-inflammatory activities of bioflavonoid rutin by complexation with transition metals. *Biochemical Pharmacology*. 61(6): 677-684.

Agroconsult Haïtis, S. A. (2016). Analyse des Potentialités de l' Exploitation du Moringa en Haïti. Ministère de l'agriculture, des ressources naturelles et du développement rural (Marndr).

Alaa, M., Abbas, M. S., Aly, U. I., & El-Shabrawi, H. M. (2016). In vitro selection and characterization of salt tolerant cell lines in cassava plant (*Manihot esculenta* Crantz). *International Journal of ChemTech Research*, 9(5), 215-227.

Alhakmani F., Kumar S., Okindra A., et Khan A. 2013. Estimation of total phenolic content, in vitro antioxidant and anti inflammatory activity of flowers of *Moringa oleifera*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 3(8): 623-627.

Amessis-Ouchemoukh, N., Madani, K., Falé, P. L., Serralheiro, M. L., & Araújo, M. E. M. (2014). Antioxidant capacity and phenolic contents of some Mediterranean medicinal plants and their potential role in the inhibition of cyclooxygenase-1 and acetylcholinesterase activities. *Industrial Crops and Products*, 53, 6-15.

Angulo-Bejarano, P.I., Martínez-Cruz, O., Paredes-López, O. 2014. Phytochemical Content, Nutraceutical Potential and Biotechnological Applications of an Ancient Mexican Plant: Nopal (*Opuntia ficus-indica*). *Current Nutrition & Food Science* 10, pp .196-217

Anwar, F ., M . Ashraf and M.I. Bhanger. 2005. Interprovenance variation in the composition of *Moringa oleifera* oilseed from Pakistan. *J .Am. Oil Chem. Soc.*, 82: 45-51.

Argôlo Neto, N. M., Del Carlo, R. J., Monteiro, B. S., Nardi, N. B., Chagastelles, P. C., De Brito, A. F. S., & Reis, A. M. S. (2012). Role of autologous mesenchymal stem cells associated with platelet-rich plasma on healing of cutaneous wounds in diabetic mice. *Clinical and Experimental Dermatology: Experimental dermatology*, 37(5), 544-553.

Atakpama, W., Goussivi E.K., kanda, M., Dourma, M., nare, M., Batawila, K., Akpagana, K. (2014). *Moringa oleifera* lamarck (moringaceae) : uneressource Balasundram,

N., Sundram, K., Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Anti-oxidant activity, occurrence, and potential uses." *Food Chemistry*, 99(1):p191-203.

Awa Ndiaye SY, Alioune DiorFALL, Mamadou NDIAYE, Khadim NDIAYE, Rokhaya Sylla GUEYE, Emmanuel BASSENE, Amadou Moctar DIEYE et Guata Yoro SY. (2018). Evaluation de l'activité antioxydante des feuilles de *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) du Sénégal. *International journal of biological and chemical sciences*.

B

Baba Aïssa F. (1999). Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb. Plus de 800 plantes de la flore d'Algérie et du Maghreb, ainsi que des substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. Edition. Librairie Moderne –Rouiba, Pp. 101.

Ballasundram, N., Sundram, K., Samman, S., (2007). Phenolic compound in plants and agricol-industrial by products: antioxidants activity, occurrence and potential uses. *Food Chemistry*, 99: 191-203p.

Bancessi, A.; Bancessi, Q.; Baldé, A.; Catarino, L. Present and potential uses of *Moringa oleifera* as a multipurpose plant in Guinea-Bissau. *S. Afr. J. Bot.* 2020, 129, 206–208.

Baudin, B. (2006). Stress oxydant et pathologies cardiovasculaires. *Mt cardio*, 2(1), 43-52.

Bendif H. 2017. Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques lamiaceae: *ajuga iva* (L.) schreb., *teucrium polium* L., *thymus munbyanus* subsp. *coloratus* (boiss. & reut.) greuter & burdet et *rosmarinus eriocalyx* jord & fourr. Thèse de doctorat, Ecole normale supérieure de kouba-Alger, 154 p

BOITEAU Pierre, Marthe BOITEAU, Lucille Allorge BOITEAU, Juillet 1999 – Dictionnaire des noms Malgaches de Végétaux (Collection « nature ») : Flore de Madagascar. Volume I, Volume II, Volume III, Volume IV.

Bourgou, S., Ksouri, R., Bellila, A., Skandrani, I., Falleh, H., & Marzouk, B. (2008). Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa* L. shoots and roots. *Comptes Rendus Biologies*, 331(1), 48-55.

Bourgou, S., Beji, R. S., Medini, F., & Ksouri, R. (2016). Effet du solvant et de la méthode d'extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes d'*Euphorbia helioscopia*. *Journal of New Sciences*, 28.

Brilhante, R.S.N.; Sales, J.A.; Pereira, V.S.; Castelo, D.D.S.C.M.; de Aguiar Cordeiro, R.; de Souza Sampaio, C.M.; Paiva, M.D.; dosSantos, J.B.; Sidrim, J.J.; Rocha, M.F.G. Research advances on the multiple uses of *Moringa oleifera*: A sustainable alternative for socially neglected population. *Asian Pac. J. Trop. Med.* 2017, 10, 621–630.

Bruneton J. (2009). *Pharmacognosie-Phytochimie, plantes médicinales*, 4ème édition, revue et augmentée. Edition Tee & Doc medicales internationales, Paris, 1288p

C

Cai YZ, Luo Q, Sun M Corke H (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sci* 74, 2157–2184.

Canett-Romero, R.; Arvayo-Mata, K.L.; Ruvalcaba-Garfias, N.V. Aspectos Tóxicos Más Relevantes de *Moringa oleifera* oleífera y sus Posibles Daños. *BIOTecnia* 2014, 16, 36.

Chaudhary, K.; Chaurasia, S. Neutraceutical Properties of *Moringa oleifera*: A Review. *Eur. J. Pharm. Med. Res.* 2017, 4, 646–655.

Chaima, B. “Évaluation de l'efficacité antioxydante et antibactérienne des composés phénoliques pour certaines variétés de date de la région de Rig Valley de différentes manières,” Université de Qasdi Marbah ouRhela, 201

Chaudhary, K.; Chaurasia, S. Neutraceutical Properties of *Moringa oleifera*: A Review. *Eur. J. Pharm. Med. Res.* 2017, 4, 646–655.

Chavan, UD, Shahidi, F., & Naczk, M. (2001).Extraction de tanins condensés de pois de plage (*Lathyrus maritimus* L) affectés par différents solvants. *Chimie alimentaire* , 2001, vol. 75, n° 4, p. 509-512.

Chung, J. H., Lee, C. S., Shin, Y. K., Lee, K. S. (1991). Inhibitory actions of quercetin and rutin on Fe 2+-induced lipid peroxidation. *Korean J. Pharmacol.* 27: 69-80.

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.

D

Dacosta, Y. (2003). *Les phytonutriments bioactifs.* Ed Yves Dacosta. Paris.

Das, N.; Sikder, K.; Bhattacharjee, S.; Majumdar, S.B.; Ghosh, S.; Majumdar, S.; Dey, S. Quercetin alleviates inflammation after short-term treatment in high-fat-fed mice. *Food Funct.* 2013, 4, 889–898.

De Pinedo, A. T., Peñalver, P., Pérez-Victoria, I., Rondón, D., & Morales, J. C. (2007). Synthesis of new phenolic fatty acid esters and their evaluation as lipophilic antioxidants in an oil matrix. *Food Chemistry*, 105(2), 657-665.

Derbel, S., & Ghedira, K. (2005). Les phytonutriments et leur impact sur la santé. *Phytothérapie*, 3(1), 28-34.

Dinis, T. C., Madeira, V. M., & Almeida, L. M. (1994). Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate, and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxy radical scavengers. *Archives of biochemistry and biophysics*, 315(1), 161-169.

E

El Gharras, H. (2009). Polyphenols: Food sources, properties and applications - A review. *International Journal of Food Science and Technology* 44(12): 2512-2518.

Escribano-Bailon M.T. et Santos-Buelga C. (2003). Polyphenol extraction from foods. In « Method in polyphenol analysis ». Ed. Royal Society of Chemistry. 1-16p.

F

Farooq, F.; Rai, M.; Tiwari, A.; Khan, A.A.; Farooq, S. Medicinal properties of *Moringa oleifera*. *J. Med. Plants Res.* 2012, 6, 4368–4374. Available online: www.ijesrr.org (accessed on 22 January 2021).

Foidl, N., Makkar, H., Becker, K., 2001. Potentiel de Moringa oleifera en agriculture et dans l'industrie. Potentiel de développement des produits de Moringa. Dar Es-Salaam, Tanzanie, du 29 octobre au 2 Novembre 2001, 20 p.

G

Gaafar, A. A., Ibrahim, E. A., Asker, M. S., Moustafa, A. F., & Salama, Z. A. (2016). Characterization of polyphenols, polysaccharides by HPLC and their antioxidant, antimicrobial and antiinflammatory activities of defatted moringa (*Moringa oleifera* L.) meal extract. *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 8(06), 565-573.

García-Fayos, B., Arnal, J. M., Monforte-Monleon, L., & Sancho, M. (2015). Alternatives to the use of synthetic organic coagulant aids in drinking water treatment: improvements in the application of the crude extract of *Moringa oleifera* seed. *Desalination and Water Treatment*, 55(13), 3635-3645.

Gee, J.M. et Johnson, I.T. (2001). Polyphenolic compounds: interactions with the gut and implications for human health. *Current Medicinal Chemistry*. 8: 1-182.

Ghedadba, N., Hambaba, L., Ayachi, A., Aberkane, M. C., Bousselfela, H., & Oueld-Mokhtar, S. M. (2015). Polyphénols totaux, activités antioxydante et antimicrobienne des extraits des feuilles de *Marrubium deserti* de Noé. *Phytothérapie*, 13(2), 118-129.

Ghedira, K. (2005). Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 3(4), 162-169.

Gómez, V.; Angulo, J.O. Revisión Las Características Y Usos de la Planta *Moringa Oleífera*. *Sist. Inf. Científica* 2014, 22, 309–330.

Govardhan Singh, R.S.; Negi, P.S.; Radha, C. Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of free and bound phenolic extracts of *Moringa oleifera* seed flour. *J. Funct. Foods* 2013, 5, 1883–1891.

Grubben GJH, Denton OA (eds) (2004). Plant resources of tropical Africa, 2. Vegetables. Prota Foundation, Wageningen, Netherlands. Backhuys Publishers, Leiden, p 395

Guinebert E., Durand P., Prost M., Grinand R. and Bernigault R. Mesure de la résistance aux radicaux libres. *Sixièmes Journées de la Recherche Avicole* 2005; 554-558.

Gülcin I. 2012. Antioxidant activity of food constituents: an overview. Archives of toxicology. 86(3), pp 345-391.

H

Haton C. (2005) .Effets des rayonnements ionisants sur la structure de la fonction de la cellule épithéliale intestinale. Thèse de doctorat de l'université de Paris VI, France, 43.

Heim E.K., Tagliaferro A.R., Bobilya D.J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. The Journal of Nutrition Biochemistry. 2002, 13(10): 572-584.

Hobbs, C. (2004). Medicinal value of turkey tail fungus *Trametes versicolor* (L.: Fr.) Pilát (Aphyllophoromycetidae). A literature review. International Journal of Medicinal Mushrooms, 6(3).

I

Iloki-Assanga , SB, Lewis-Lujan, LM, Lara-Espinoza, CL, Gil-Salido, AA, Fernandez-Angulo, D., Rubio-Pino, JL et Haines, DD (2015). Effets des solvants sur les profils de constituants phytochimiques et les activités antioxydantes, en utilisant quatre formulations d'extraction différentes pour l'analyse de *Buceras L.* et *Phoradendron californicum*. Notes de recherche BMC , 8 (1), 1-14.

Kahkonen MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Rauha JP, Pihlaja K, Kujala TS, et al. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47(10), pp.3954-3962.

K

Kahlouche R F. 2014. Evaluation chimique et activité antibactérienne de quelques plantes médicinales d'Algérie. Thèse de doctorat, université de Constantine, 128p.

Karim.R. A. "Appréciation de l'efficacité phénolique et antioxydante des produits apiculteurs en Algérie par des méthodes électrochimiques.," Université de Qasdi Marbah - Ouregalla, 2016.

Kaur C, Kapoor H C. Antioxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *Int J Food SciTech* 2002; 37: 153–161.

Khalil, I., El Hage, F., & Clément, P. (2007). Différenciation, en fonction des cinq régions du Liban, des conceptions d'enseignants d'arabe et de biologie sur des questions vives. *Feuilles Universitaires-Ligue des professeurs de l'université libanaise*, 85-108.

Kheyar-Kraouche, N., da Silva, A. B., Serra, A. T., Bedjou, F., & Bronze, M. R. (2018). Characterization by liquid chromatography–mass spectrometry and antioxidant activity of an ethanolic extract of *Inula viscosa* leaves. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 156, 297-306.

Korkina L.G., Afanas'ev I.B. (1997). Antioxidant and chelating properties of flavonoids. *Adv. Pharmacol.* 38: 151–163.

Koul, B.; Chase, N. *Moringa oleifera* Lam.: Panacea to several maladies. *J. Chem. Pharm. Res.* 2015, 7, 687–707. Available online: <http://jocpr.com/vol7-iss6-2015/JCPR-2015-7-6-687-707.pdf> (accessed on 25 January 2021)

Kraft, A. D., Johnson, D. A., & Johnson, J. A. (2004). Nuclear factor E2-related factor 2-dependent antioxidant response element activation by tert-butylhydroquinone and sulforaphane occurring preferentially in astrocytes conditions neurons against oxidative insult. *Journal of Neuroscience*, 24(5), 1101-1112.

Kulawik, P., Ö zogul, F., Glew, R., & Ö zogul, Y. (2013). Significance of antioxidants for seafood safety and human health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(3), 475-491.

Kumbhare, M.R.; Guleha, V.; Sivakumar, T. (2012). Estimation of total phenolic content, cytotoxicity and in-vitro antioxidant activity of stem bark of *Moringa oleifera*. *Asian Pac. J. Trop. Dis.*, 2(2): 144–150.

L

Lee, K. A., Kim, K. T., Kim, H. J., Chung, M. S., Chang, P. S., Park, H., & Pai, H. D. (2014). Antioxidant activities of onion (*Allium cepa* L.) peel extracts produced by ethanol, hot water, and subcritical water extraction. *Food Science and Biotechnology*, 23(2), 615-621.

Lukman A.I., Gong B., Marjo C.E., Roessner U., Harris A.T. (2011). Facile synthesis, stabilization and anti-bacterial performance of discrete Ag na-noparticles using Medicago sativa seed exudates. *J. Colloid Interface Sci*, 353: 433–444.

M

Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR presses polytechniques.

Manach, C., A. Scalbert, C. Morand, C. Remesy et L. Jimenez (2004). "Polyphenols: Food sources and bioavailability." *American Journal of Clinical Nutrition* 79(5): 727-747.

Makkar, H. A., & Becker, K. (1996). Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted Moringa oleifera leaves. *Animal feed science and technology*, 63(1-4), 211-228.

Marik P. Critical Care COVID-19 Management Protocol. Updated 10-29-2020. [cited 01-01-2020] Available at https://www.evms.edu/media/evms_public/departm.

Marc, F., Davin, A., Deglene-Benbrahim, L., Ferrand, C., Baccaunaud, M., & Fritsch, P. (2004). Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments. *M/S: médecine sciences*, 20(4), 458-463.

Martinez, T., Derely, J., Swiech, A., de Roquigny, G., Delattre, C., Banal, F., & Commandeur, D. (2019). Gestion périopératoire des biothérapies en 2019. *Anesthésie & Réanimation*, 5(4), 274-284.

Maksimović, Z., Malenčić, Đ., & Kovačević, N. (2005). Polyphenol contents and antioxidant activity of Maydis stigma extracts. *Bioresource technology*, 96(8), 873-877.

Mohammedi Z. 2013. Etude phytochimique et activités biologiques de quelques plantes médicinales de la région nord et sud-ouest de l'Algérie. Thèse de doctorat, Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique, 169p.

Mohammedi Z, Atik F (2011) Impact of solvent extraction type on total polyphenols content and biological activity from Tamarix aphylla (L.) karst. *Inter J Pharma Bio Sci* 2:609-615.

Molyneux, 2004 P. Molyneux. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity Songklanakarin J Sci Technol, 26 (2004), pp. 212-219.

Mrabti, H. N., Marmouzi, I., Sayah, K., Chemlal, L., El Ouadi, Y., Elmsellem, H., ... & Faouzi, M. A. (2017). Arbutus unedo L aqueous extract is associated with in vitro and in vivo antioxidant activity. Journal of materials and Environmental Sciences, 8(1), 217-224.

N

Ndiaye SY A, Fall AD, Ndiaye M, Sall O, SY GY, Bassène E, Dièye AM. (2016). Mise en évidence de l'activité anti-inflammatoire des sous-fractions méthanoliques des feuilles de *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) chez le rat. Int. J. Biol. Chem. Sci., 10(2) : 760-768.

Nemec, P.; Ungrová, M.; Alem, S.; Novák, J.; Habrová, H.(2020).Biomass production of a young plantation of *Moringa stenopetala* (Bakerf.) Cufod. and *Moringa oleifera* Lam. in southern Ethiopia. S. Afr. J. Bot.129, 463–470.

Nithiyantham, S., Varadharajan, S., & Siddhuraju, P. (2012). Differential effects of processing methods on total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of three species of *Solanum*. J Food Drug Anal, 20(844), e54.

O

Olson, M.E. and Carlquist, S. (2001). Stem and root anatomical correlations with life form diversity, ecology, and systematics in *Moringa* (Moringaceae). Bot. J. Linn. Soc. 135(4) :p315-348.

P

Paliwal R, Sharma V, Pracheta.(2011). A Review on Horse Radish Tree (*Moringa oleifera*): A multipurpose tree with high economic and commercial importance. Asian J. Biotech. 3: 317-328.

Perry, M. (2013). Herboristerie: enquête sur les principales demandes à l'officine (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).

Pietta, G., (2000). Flavonoids as antioxidants. *J.Nat.Prod*, 63 : 1035-1042p.

POPOVICI C., SAYKOVA I., TYLKOWSKI B., 2009. Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de Génie Industriel*.

Popovici, C., Saykova, I., & Tylkowski, B. (2010). Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH.

Portes, E. (2008). Synthèse et Etude Tétrahydrocurcuminoïdes : Propriétés Photochimiques et Antioxydantes, Application à la Présentation de Matériaux d'Origine Naturelle. Thèse de doctorat, l'université de Bordeaux I.1-175.

Prieto, P., Pineda, M., & Aguilar, M. (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical biochemistry*, 269(2), 337-341.

Q

Quintanilla-Medina, J.; Garay-Martínez, J.; Alvarado-Ramirez, E.; Hernández-Meléndez, J.; Mendoza-Pedroza, S.; Rojas-García, A.; Hernández-Garay, A. (2018). Tiempo y Temperatura sobre la pérdida de humedad y contenido de proteína en hojas de *Moringa oleifera* LAM. *Agroproductividad*. 11, 88–92.

R

Rani Abd, Nouvelle-Zélande, Husain, K., & Kumolosasi, E. (2018). Genre *Moringa* : une revue de phytochimie et de pharmacologie. *Frontières en pharmacologie*, 9, 108.

Razis AF, Ibrahim A, Kntayya SB. (2014). Health benefits of *Moringa oleifera*. *Asian Pac J. Cancer Prev.* 15 (20): 8571-8576.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., and Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med.* 26(9–10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).

Rezaire, A. (2012). Activité anti-oxydante, et caractérisation phénolique du fruit de palmier amazonien *Oenocarpus bataua* (patawa). Thèse de doctorat, Université des Antilles et de la Guyane. 208p.

Richter, N., Siddhuraju, P., & Becker, K. (2003). Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, 217(1-4), 599-611.

Rodriguez-Bernaldo AQFS., Frecha PA., Vidal et Lopez H J. (2010). Antioxydant compounds inedible brown seaweeds. *European Food Research & Technology*. 231(3): 495-498.

Rolland, Y. (2004). Antioxydants naturels végétaux. Oléagineux, Corps gras, Lipides, 11(6), 419-424.

R

Saini, R.K.; Sivanesan, I.; Keum, Y.S.(2016). Phytochemicals of *Moringa oleifera*: A review of their nutritional, therapeutic and industrial significance. *3 Biotech*, 6.

Sahin, S., Samli, R . (2013). Optimisation de l'extrait de feuille d'olivier obtenu par extraction assistée par ultrasons avec méthodologie de surface de réponse. *Ultrasons Sonochimie*, 20 (1), 595-602.

Saralaya, M.G.; Patel, P.; Patel, M.; Roy, S.P.; Patel, A.N. (2010). Antidiarrheal activity of methanolic extract of *Moringa oleifera* lam roots in experimental animal models. *Int. J. Pharm. Res.* 2, 35–39.

Scherer R, Godoy HT (2009). Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chem.* 112: 654-658.

Sultana B, Anwar F. (2008). Flavonols (Kaempferol, quercetin, myricetin) contents of selected fruits, vegetables and medicinal plants. *Food Chem*, 108, 879_884.

Sujatha, B.K.; Patel, P. (2017). *Moringa oleifera*–Nature’s Gold. *Imp. J. Interdiscip. Res.* 3, 1175–1179.

Sandeep, G.; Anitha, T.; Vijayalatha, K.R.; Sadasakthi, A.(2019). Moringa for nutritional security (*Moringa oleifera* Lam.). *Int. J. Bot. Stud.* 4, 21–24.

Srinivasamurthy, S.; Yadav, U.; Sahay, S.; Singh, A.(2017). Development of muffin by incorporation of dried *Moringa oleifera* (Drumstick) leaf powder with enhanced micronutrient content. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2, 173–178.

T

Tchiégang, C., & Kitikil, A. (2004). Données ethnonutritionnelles et caractéristiques physico-chimiques des légumes-feuilles consommés dans la savane de l'Adamaoua (Cameroun). *Tropicultura*, 22(1), 11-18.

Thapa, K.; Poudel, M.; Adhikari, P.(2019). *Moringa oleifera*: A Review Article on Nutritional Properties and its Prospect in the Context of Nepal. *Acta Sci. Agric.* 3, 47–54.

Thompsen J. C., et Mottola H. A. (1984). Kinetics of the complexation of iron (II) with ferrozine. *Analytical Chemistry* . 56(4): 755-757.

Trabelsi N, Megdiche W, Ksouri R, Falleh H, Oues-lati S, Bourgou S, Hajlaoui H, Abdelly C (2010). Solvent effects on phenolic contents and biological activities of the halophyte *Limoniastrum monopeta-lum*. *LWT – Food Science and Technology* 43:632-639.

U

Uttara, B., Singh, A. V., Zamboni, P., & Mahajan, R. T. (2009). Oxidative stress and neurodegenerative diseases: a review of upstream and downstream antioxidant therapeutic options. *Current neuropharmacology*, 7(1), 65-74.

V

Villano D., Fernandez-Pachon M.S., Moya M.L., Troncoso A.M. & Garcia-Parrilla M.C., “Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical”. *Talanta* .71, 2007, p: 230–235.

W

Wang, W., Wu, N., Zu, Y. G., & Fu, Y. J. (2008). Antioxidative activity of Rosmarinus officinalis L. essential oil compared to its main components. Food chemistry, 108(3), 1019-1022.

Y

Yongabi, K. A., Lewis, D. M., & Harris, P. L. (2012). Natural materials for sustainable water pollution management. Prof. Nuray Balkis (ed.) Water pollution, 12, 157-188.

Yusoff, M. M., Gordon, M. H., Ezeh, O., & Niranjan, K. (2016). Aqueous enzymatic extraction of Moringa oleifera oil. Food chemistry, 211, 400-408.

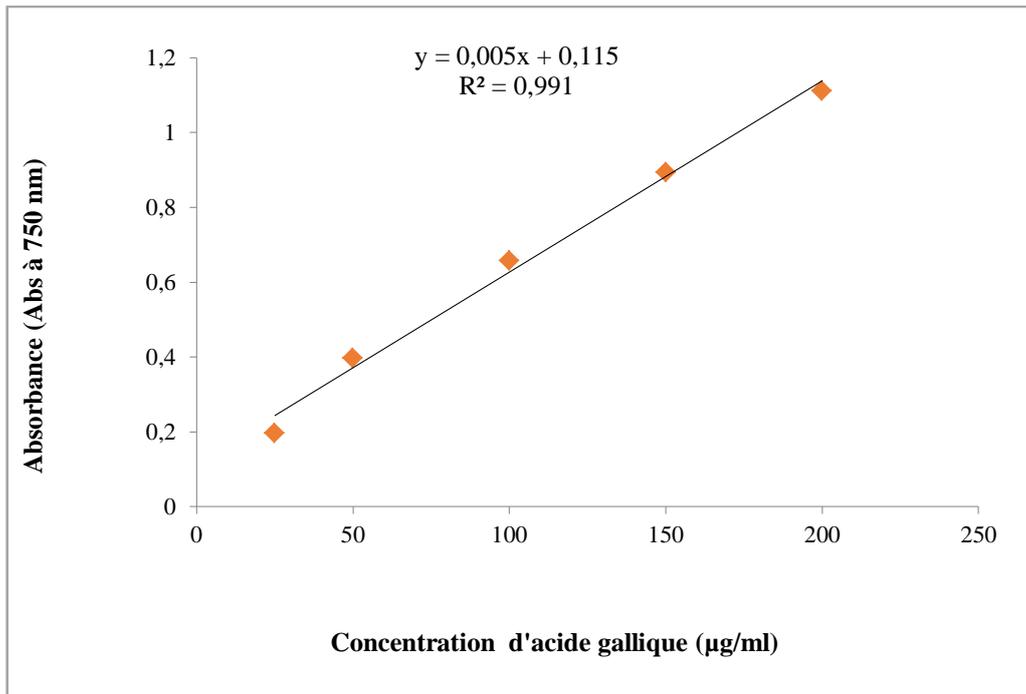
Yzydarczyk, C. (2011). Rôle de stress oxydant en période néonatale dan l'Hypertension artérielle et la dysfonction vasculaire et métabolique du l'adulte. Thèse de doctorat, l'université d'Auvergne.1-154.

Z

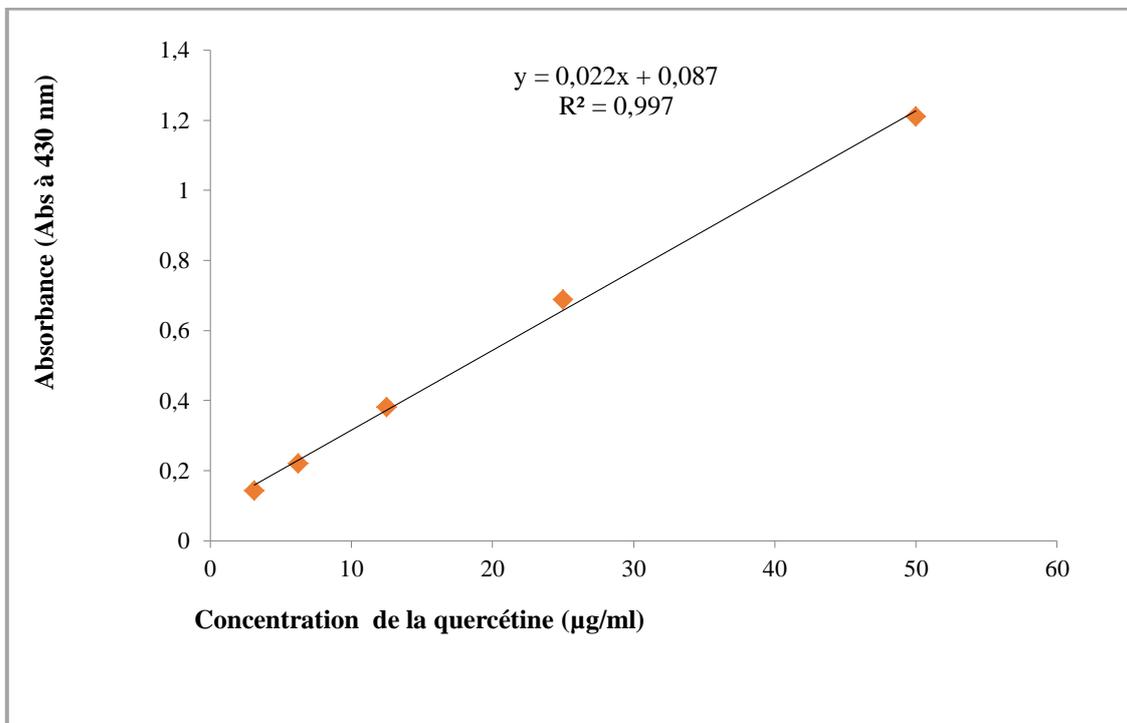
Zaku, S.G.; Emmanuel, S.; Tukur, A.A.; Kabir, A.(2015).Moringa oleifera: An underutilized tree in Nigeria with amazing versatility:A review. Afr. J. Food Sci. 9, 456–461.

Annexe

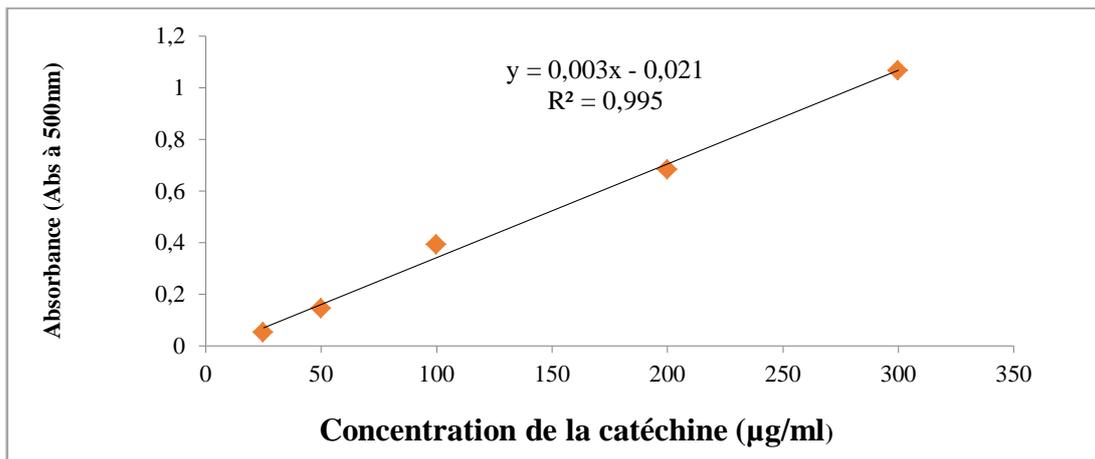
S



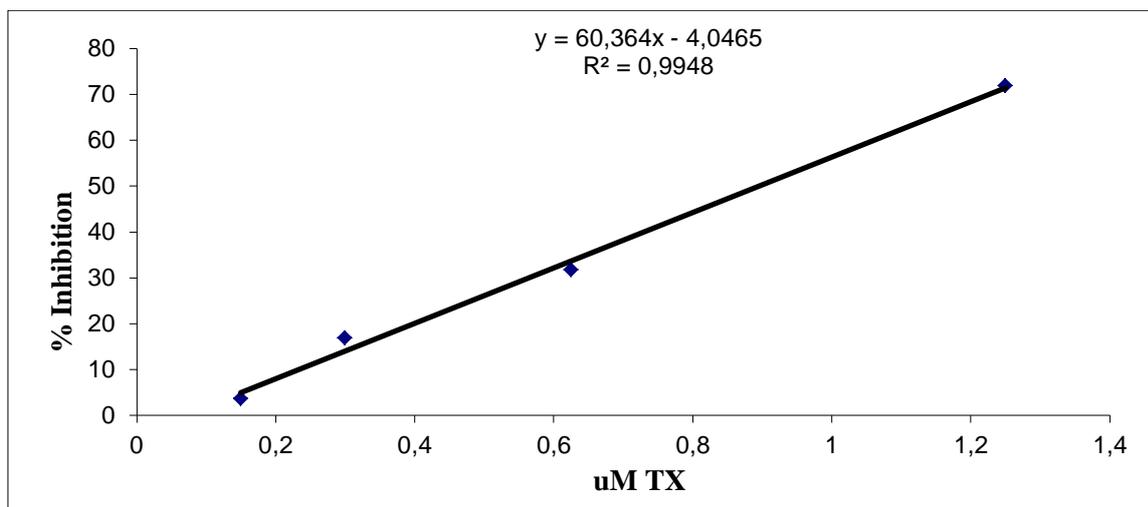
Annexe 1. Courbe d'étalonnage des phénols totaux



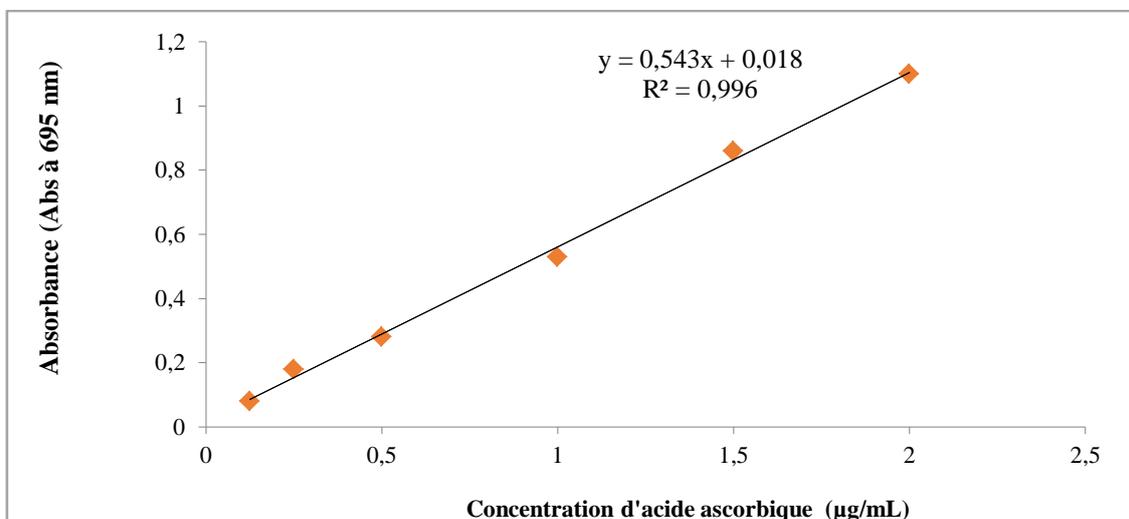
Annexe 2. Courbe d'étalonnage des flavonoïdes totaux



Annexe 3. Courbe d'étalonnage des tannins condensés



Annexe 4. Courbe d'étalonnage du test ABTS



Annexe 5. Courbe d'étalonnage du test au molybdate

Résumé

Moringa oleifera Lam. est une plante de la famille des Moringaceae largement répandue au sud Algérie. Elle est largement utilisée dans la médecine traditionnelle, elle a été associée à la diminution du risque de développement de nombreuses pathologies telles que les maladies cardiovasculaires, diabète ou cancers. Ces effets s'expliquent en partie par ses propriétés antioxydantes et anti-radicalaires et par sa richesse en métabolites secondaires. Le but de la présente étude était le dosage colorimétrique des composés phénoliques totaux, flavonoïdes, tannins condensés ainsi que sur l'évaluation de l'activité anti-oxydante. Afin d'optimiser l'extraction des composés phénoliques totaux, deux méthodes d'extraction (conventionnelle et EAU) ont été utilisées et un facteur opérationnels (concentration en éthanol) ont été étudiés. L'analyse des résultats obtenus montre, pour une extraction efficace des polyphénols de la poudre des feuilles de *Moringa oleifera*, l'addition de l'eau au système d'extraction fait améliorer le rendement ; vu qu'avec l'éthanol à 50%, l'extraction est améliorée. De plus, la capacité antioxydante a été évaluée en utilisant plusieurs méthodes, parmi elles des tests reposant sur le pouvoir scavenger des espèces radicalaires et sur la capacité réductrice.

Mots clés : *Moringa oleifera*, composés phénoliques, extraction conventionnelle, décoction, infusion, activité antioxydante

Abstract

Moringa oleifera Lam. is a plant of the Moringaceae family widely answered in southern Algeria. It is widely used in traditional medicine; it has been associated with reducing the risk of developing much pathology such as cardiovascular disease, diabetes or cancer. These effects can be explained in part by its antioxidant and anti-free radical properties and by its richness in secondary metabolites. The aim of the present study was the colorimetric determination of total phenolic compounds, flavonoids, condensed tannins as well as the evaluation of antioxidant activity. In order to optimize the extraction of total phenolic compounds, two extraction methods (conventional and WATER) were used and an operational factor (ethanol concentration) was studied. Analysis of the results obtained shows that for efficient extraction of polyphenols from *Moringa oleifera* leaf powder, adding water to the extraction system improves the yield; since with 50% ethanol the extraction is improved. In addition, the antioxidant capacity was evaluated using several methods, among them tests based on the scavenging power of radical species and on the reducing capacity.

Key words: *Moringa oleifera*, phenolic compounds, conventional extraction, decoction, infusion, antioxidant activity
