

*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 des Sciences Alimentaires  
Filière : Sciences Biologiques  
Spécialité : Sciences alimentaires  
Option : Bioprocédé et technologie alimentaire



Réf :.....

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

**MASTER**

*Thème*

**Teneur en composés phénoliques et activité  
antioxydante d'extrait aqueux de feuilles de  
*Moringa oleifera***

Présenté par :

**Amrouche Aïcha & Yaya Koko**

Soutenu le : 21 Juin 2017

Devant le jury composé de :

M<sup>me</sup> Oukil N.

MCA

Présidente

M<sup>r</sup> Zaidi F.

Professeur

Encadreur

M<sup>me</sup> Meziani S.

MCB Examinatrice

**Année universitaire : 2016 / 2017**

# ***Remerciements***

*Tout d'abord nous tenons à remercier DIEU tout puissant de nous avoir donnés le courage et la volonté de terminer ce travail.*

*En tout premier lieu nous tenons à remercier notre promoteur **Monsieur le professeur ZAIDI Farid**, nos Co-promotrices **M<sup>elle</sup> TASSADIT et SARA***

*Et **M<sup>me</sup> HASSISSENE N** pour le temps et l'attention qu'ils ont bien voulu consacrer au bon déroulement de ce travail.*

*Nous tenons à remercier **M<sup>me</sup> OUKIL N** de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance à **M<sup>me</sup> MAZIANI S** d'avoir gentiment accepté d'examiner et de juger notre mémoire, qu'ils trouvent ici notre sincère gratitude.*

*Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont grandement contribué à la réalisation de ce travail.*

***A toute l'équipe du laboratoire de Nutrition et Alimentation***

*Nous tenons également à remercier toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail qu'ils trouvent ici notre sincère et profonde gratitude.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes que  
j'aime :*

*Mes très chers parents à qui je dois le mérite d'être  
arrivée là, qu'ils trouvent ici l'expression de ma  
profonde gratitude et mon affection.*

*Mon très chers fiancé Mohamed*

*Mes très chers frères Larbi et Ahmed*

*Mes très chères sœurs Halima, Kahina, Taklithe,  
Rabiha, Laila et Khalissa*

*Toute ma famille et les amis(es)*

*Ma binôme, ma copine Koko et toute sa famille*

*Toute l'équipe du laboratoire Alimentation et  
nutrition*

*Toute la promotion Sciences alimentaires 2016/2017*

*Aïcha*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers parents pour leur bonté par excellence,  
qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné  
un magnifique modèle de labeur et de persévérance,  
de tendresse, d'amour et de force.*

*Mon frère Djouwad*

*A mes sœurs Hayat et Katia*

*A toutes la famille cousins et oncles*

*A tous mes amis (es)*

*A ma binôme Aïcha et toute sa famille*

*A toute la promotion Bioprocédé et technologie  
Alimentaire et Sciences Alimentaires en générale*

*2016/2017*

***Koko***

## Liste des abréviations

**Abs** : Absorbance.

**Abs C** : Absorbance du contrôle.

**Abs Ech** : Absorbance de l'échantillon.

**AlCl<sub>3</sub>** : Chlorure d'Aluminium.

**ANOVA** : Analyse de la variance.

**AOAC** : Association des chimistes analytiques officiels.

**BSA** : Bovine Sérum Albumine.

**BHT** : Hydroxytoluène Butylé.

**CAT** : Catalase.

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

**DPPH-H**: Diphényl-b-picrylhdrazine.

**Eq AG**: Equivalent Acide Gallique.

**Eq AT**: Equivalent Acide Tannique.

**Eq C**: Equivalent Catéchine.

**Ech** : Echantillon.

**ED** : Eau distillée.

**EDTA** : Acide éthylène diamine tétra-acétique.

**Eq Q**: Equivalent Quercitrine.

**ERO** : Espèce Réactive de l'oxygène.

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

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

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

**FeCl<sub>2</sub>** : Chlorure de fer.

**FLAV** : Flavonoïde.

**GPx** : Glutathion peroxydase.

**GSH** : Glutathion réduit.

**GSSG** : Glutathion dissulfite.

**GR** : Glutathion réductase.

**Hcl** : Acide chlorhydrique.

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : Peroxyde d'hydrogène.

**H<sub>3</sub>PMO<sub>12</sub>O<sub>40</sub>** : Acide phosphomolybdique.

**H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>** : Acide phosphotungstique.

**H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** : Acide sulfurique.

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

**MMT** : Matière minérale totale.

**MG** : Matière grasse.

**NaOH** : Hydroxyde de sodium.

**O<sub>2</sub><sup>-</sup>** : Anion superoxyde.

**OH** : Radical hydroxyle.

**P<sub>2</sub>** : Masse résiduelle.

**PCH** : Pouvoir chélateur

**PH** : Potentiel d'hydrogène.

**PAP** : Phénols attachés à la paroi.

**PLC** : Phénols liées à la cellulose.

**PLP:** Phénols liés à la protéine.

**PNAC :** Phénols non attachés à la cellulose.

**PNLP:** Phénols non liés aux protéines.

**PP :** Phénols polymérisés.

**Prt :** Protéines.

**PR :** Pouvoir réducteur.

**PTS :** Phénols totaux soluble.

**SOD :** Superoxyde dismutase.

**TC:** Tanins condensés.

**TCA :** Acide trichloracétique.

**TCT :** Taux de cendre totale.

**TH:** Tanins Hydrolysables.

**UV:** ultraviolet.

**% Chel :** Pourcentage de chélation.

**% Inh :** Pourcentage d'inhibition.

## Liste des Tableaux

<b>Tableau</b>	<b>TITRE</b>	<b>PAGE</b>
<b>I</b>	Systématique et dénomination internationale du <i>Moringa oleifera</i> .	05
<b>II</b>	Comparaison de Composition moyenne des feuilles fraîches avec des feuilles sèches de <i>Moringa oleifera</i> .	05
<b>III</b>	Mise en évidence de la présence d'autres métabolites secondaires.	41

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Arbre de <i>Moringa oleifera</i> .....	03
<b>Figure 02</b> : (a) gousses,(b) feuilles et fleurs,(c)tronc,(d) et les graines de <i>Moringa oleifera</i> .....	04
<b>Figure 03</b> : Eau d'étang non traitée (bouteille de gauche) et traitée avec des graines de <i>Moringa</i> (droite).....	07
<b>Figure 04</b> : Structure de base des flavonoïdes.....	11
<b>Figure 05</b> : Structure chimique d'un tanin hydrolysable.....	11
<b>Figure 06</b> : Structure chimique d'un tanin condensée.....	12
<b>Figure 07</b> : Structure de la molécule d'isoprène .....	13
<b>Figure 08</b> : Initiation à l'oxydation .....	17
<b>Figure 09</b> : Phase de propagation.....	18
<b>Figure 10</b> : Elimination du H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> par les réactions enzymatiques combinées de la GP <sub>x</sub> et de la GR .....	19
<b>Figure 11</b> : Propriété réductrice des polyphénols....	21
<b>Figure 12</b> : Feuilles séchées de <i>Moringa oleifera</i> .....	22
<b>Figure 13</b> : Poudres des feuilles séchées de <i>Moringa oleifera</i> .....	23
<b>Figure 14</b> : Appareil de Soxhlet.....	23
<b>Figure 15</b> : Protocole d'extraction des composés phénolique.....	25
<b>Figure 16</b> : Schéma de détermination des différentes fractions phénoliques.....	26
<b>Figure 17</b> : Protocole de dosage des polyphénols totaux.....	27
<b>Figure 18</b> : Protocole de dosage des polyphénols polymérisés par la méthode de précipitation par la BSA.....	28
<b>Figure 19</b> : Réaction du chlorure d'Aluminium avec les flavonoïdes.....	29
<b>Figure 20</b> : Protocole de dosage des flavonoïdes.....	29
<b>Figure 21</b> : Protocole de dosage des tanins hydrolysables.....	30
<b>Figure 22</b> : Protocole de dosage des tanins condensés.....	30
<b>Figure 23</b> : Réduction du radical DPPH°.....	32

<b>Figure 24</b> : Composition chimique globale des poudres <b>T</b> et <b>S</b> de feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	35
<b>Figure 25</b> : Teneurs en polyphénols totaux solubles et polyphénols attachés à la paroi des extraits de poudre <b>T</b> et <b>S</b> de feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	36
<b>Figure 26</b> : Teneurs en polyphénols attachés à la protéine et polyphénols liés à la cellulose des extraits de poudre <b>T</b> et <b>S</b> de feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	37
<b>Figure 27</b> : Teneurs en polyphénols polymérisés des extraits de poudre <b>T</b> et <b>S</b> de feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	38
<b>Figure 28</b> : Teneurs en flavonoïdes des extraits de poudre <b>T</b> et <b>S</b> des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	38
<b>Figure 29</b> : Teneurs en tanins hydrolysables des extraits de poudre <b>T</b> et <b>S</b> des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	39
<b>Figure 30</b> : Teneurs en tanins condensés des extraits de poudre <b>T</b> et <b>S</b> de feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	40
<b>Figure 31</b> : Mise en évidence des Saponines (a) et des Alcaloïdes (b) dans les extraits de poudres des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	42
<b>Figure 32</b> : Mise en évidence des Tanins (a) et des Terpénoïdes (b) dans les extraits de poudres des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	42
<b>Figure 33</b> : Activité antiradicalaire du DPPH° des extraits de poudre <b>T</b> et <b>S</b> des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	43
<b>Figure 34</b> : Pouvoir réducteur des extraits de poudre <b>T</b> et <b>S</b> des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	44
<b>Figure 35</b> : Pouvoir chélateur des extraits de poudre <b>T</b> et <b>S</b> des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	45

## Liste des figures insérées dans les annexes

<b>Figure 01</b> : Courbe d'étalonnage de dosage des polyphénols.....	II
<b>Figure 02</b> : Courbe d'étalonnage de dosages des flavonoïdes.....	II
<b>Figure 03</b> : Courbe d'étalonnage de dosage des tanins hydrolysables.....	II
<b>Figure 04</b> : Courbe d'étalonnage des tanins condensés.....	II
<b>Figure 05</b> : Courbe d'étalonnage de pouvoir réducteur .....	II

## Sommaire

Liste des Abréviations	
Liste des Tableaux	
Liste des Figures	
Liste des figures insérées dans les annexes	
Introduction.....	1

### Partie théorique

#### Chapitre I : Généralités sur *Moringa oleifera*

I. <i>Moringa oleifera</i> .....	3
I.1. Origine et distribution.....	3
I.2. Description botanique.....	3
I.3. Classification botanique et dénomination internationale. ....	4
I.4. Composition chimique.....	5
I.5. Domaines d'utilisation.....	6
I.5.1. Alimentation.....	6
I.5.2. Utilisation médicinale.....	7
I.5.3. Purification de l'eau.....	7
I.5.4. Autres utilisations.....	8

#### Chapitre II : Les métabolites secondaires

II. Métabolites secondaires .....	9
II.1. Définition.....	9
II.2. Principales classes de métabolites secondaires.....	9
II.2.2. Biosynthèse des polyphénols.....	12

II.2.3. Les terpènes.....	12
II.2.4. Les alcaloïdes.....	13
II.3. Les propriétés des composés phénoliques.....	14
II.3.1. Propriétés physico-chimiques.....	14
II.3.2. Propriétés biologique.....	14
1. Activité anti-inflammatoire.....	14
2. Activité antibactérienne.....	14
3. Activité anticancéreuse.....	15
4. Activité antioxydante.....	15

### **Chapitre III : Le stress oxydatif et le pouvoir antioxydant**

III. Stress oxydatif et le pouvoir antioxydant.....	16
III.1. Stress oxydatif.....	16
III.2. Mécanisme d'oxydation.....	16
III.2.1. Phase d'initiation.....	16
III.2.2. Phase de propagation.....	17
III.2.3. Phase de terminaison.....	18
III.3. Radicaux libres.....	18
III.4. Activité antioxydante.....	19
III.4.1. Antioxydants enzymatiques.....	19
III.4.1.3. Catalase.....	19
III.4.2. Système antioxydant non enzymatique.....	20

**Partie pratique**

**Chapitre I : Matériels et méthodes**

I. Matériels et méthode.....	22
I.1. Matériel végétal.....	22
I.1.1. Origine et provenance des échantillons.....	22
I.1.2. Préparation des échantillons.....	22
I.1.3. Caractérisation chimique de la poudre des feuilles de <i>Moringa Oleifera</i> .....	23
1. Teneur en matière grasse.....	23
1. Teneur en matière minérale totale ou cendres totales.....	23
2. Dosage des protéines.....	24
I.2. Evaluation des teneurs en composés phénoliques.....	24
I.2.1. Extraction des composés phénoliques.....	24
I.2.2. Dosage des composés phénoliques.....	25
1. Dosage des polyphénols.....	27
2. Dosage des polyphénols polymérisés.....	27
3. Dosage des flavonoïdes.....	28
4. Dosage des tanins.....	29
I.3. Mise en évidence de la présence d'autres métabolites secondaires.....	30
I.3.1. Les tanins.....	30
I.3.2. Saponines.....	31
I.3.3. Alcaloïdes.....	31

I.3.4.Terpénoïdes.....	31
I.4.Détermination de l'activité antioxydante.....	31
I.4.1.Activité antiradicalaire du DPPH.....	31
I.4.2.Chélation de fer ferreux.....	32
I.4.3.Pouvoir réducteur.....	33
I.5.Analyses statistiques.....	34

### Chapitre II : Résultats et discussions

II. Résultats et discussion.....	35
II.1.Composition chimique.....	35
II.2.Teneur en composés phénoliques .....	35
II.2.1.Teneur en phénols totaux .....	35
1. Teneur en phénols polymérisés. ....	37
2. La teneur en flavonoïdes .....	38
3. La teneur en tanins .....	39
II.3.Mise en évidence de la présence d'autres métabolites secondaires .....	40
II.4. Détermination de l'activité antioxydante.....	43
II.5.1. L'activité antiradicalaire du DPPH°.....	43
II.5.2.Pouvoir réducteur.....	44
II.5.2. Chélation du fer ferreux .....	44
II.5.Discussion générale.....	46
Conclusion.....	48

### Références bibliographiques

### Annexes

# INTRODUCTION



### Introduction :

A travers les siècles, les traditions humaines ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales pour objectif de vaincre la souffrance et d'améliorer la santé de l'homme (**Iserin et al., 2001**). Parmi les plantes les plus connues on trouve *Moringa oleifera* qui appartient à la famille des moringacées, arbre originaire de l'Inde, dans les Vallées au sud de l'Himalaya. Aujourd'hui on le retrouve tout le long de la zone tropicale et subtropicale (**Leone et al., 2015**) et dans diverses régions du monde, à fin de l'exploiter dans divers domaines particulièrement le domaine alimentaire et médicale, vue sa richesse en nutriments essentiels tels que les protéines, minéraux...et les antioxydants naturels.

Actuellement, la société scientifique, biologiste et chimiste, met en évidence le rôle tragique du processus oxydatif incontrôlable induit par les espèces réactives oxygénées (ERO), ces oxydants sont à l'origine directe de différents états pathologiques tels que le vieillissement et le cancer (**Hertog et al., 1997**), et indirecte sur la peroxydation des lipides des denrées alimentaires...etc. En appuyant sur cette vision, un renouveau de la phytothérapie vers cette vague verte qui produit une foule des antioxydants à fin de contrer et piéger ces oxydants (**Dell'agli et al., 2004 ; Sumathy 2013**).

Les antioxydants naturels font l'objet de nombreuses recherches en vue d'une exploitation des métabolites secondaires en général et les poly phénols en particulier tant dans la santé et vis-à-vis des maladies pernicieuses (cancer) (**Block 1992 ; Middleton et al., 2000**) que dans l'industrie agro-alimentaire.

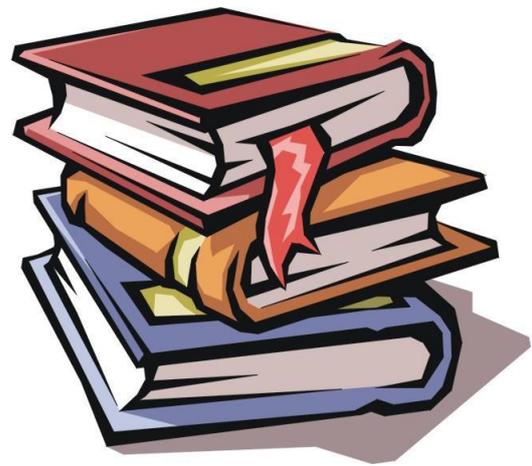
Notre travail s'inscrit dans le cadre de la recherche des antioxydants naturels en évaluant les propriétés anti oxydantes des poly phénols des feuilles de *Moringa oleifera* qui proviennent de la région d'OUED- SOUF au sud d'Algérie, sécher et stocker dans deux endroits différents.

Dans la première partie de ce manuscrit, nous traitons des généralités sur cette plante, de données sur les métabolites secondaires et du stress oxydatif.

La deuxième partie, ou partie expérimentale qui mentionne les étapes de l'extraction des métabolites secondaires particulièrement les composés phénoliques en utilisant l'eau distillée pour deux poudres de feuilles de *Moringa oleifera* ( T et S ) qui diffèrent l'une de l'autre par leur conditions de stockage, ainsi que le dosage des différentes fractions

phénoliques (phénols totaux solubles ,phénols attachés à la paroi, phénols non liés à la cellulose , flavonoïdes et les tanins condensés et hydrolysés),de plus on a réalisé la mise en évidence d'autre métabolites secondaires notamment les saponines, les Terpénoides et les alcaloïdes , enfin on évaluer le pouvoir antioxydant des extrait des feuilles *de Moringa oleifera* par plusieurs test (l'activité anti radicalaire du DPPH°,le pouvoir chélateur de fer et le pouvoir réducteur).

# PARTE THEORIQUE



## **Généralités sur *Moringa oleifera***

## **I. *Moringa oleifera* :**

### **I.1. Origine et distribution :**

*Moringa oleifera* (syn. de *Moringa pterigosperma* Gearther) est connu plus généralement sous le nom *Moringa* dans le monde (Choi et Kim 2015). On le retrouve aussi sous plusieurs noms. Cet arbre est originaire de l'Inde, dans les Vallées au sud de l'himalaya. Aujourd'hui on le retrouve tout le long de la zone tropicale et subtropicale (Leone *et al.*, 2015).

Cet arbre magique à usages multiples sert comme ressource alimentaire et économique (pays de sud) ou par fois comme une plante médicinale, cultivée par les indiens depuis des milliers d'années, son introduction en Afrique de l'est a eu lieu au début du 20ème siècle par le biais du commerce et des échanges maritimes (Foidl *et al.*, 2001).

### **I.2. Description botanique :**

*Moringa* est un arbre pérenne (Figure 01), à croissance rapide, qui peut atteindre 7 à 12 mètres de hauteur et dont le tronc mesure 20 à 40 cm de diamètre, il est généralement droit, mais il est parfois très peu développé. Il atteint en général 1,5 à 2 mètres de haut avant de se ramifier, bien qu'il puisse parfois atteindre les 3 mètres (Foidl *et al.*, 2001).



**Figure 1 :** Arbre de *Moringa oleifera* (WWW.Panoramio.com).

- Les branches poussent de manière désorganisée et la canopée est en forme de parasol
- Les feuilles, alternes et bi ou tripennées, se développent principalement dans la partie terminale des branches, elles mesurent 20 à 70 cm de long (Tsaknis *et al.*, 1999) .
- Les fleurs mesurent 2,5 cm de large et se présentent sous forme de panicules axillaires et tombantes de 10 à 25 cm. Elles sont généralement abondantes et dégagent une odeur agréable et sont de couleur blanche ou crème, avec des points jaunes à la base.
- Les fruits forment des gousses à trois lobes, mesurant 20 à 60 cm de long, chaque gousse contient entre 12 et 35 graines.
- Les graines sont rondes, avec une coque marron semi-perméable. La coque présente trois ailes blanches et renferme une amande (Verma et Nigam 2013).



**Figure 2 :** (a) Gousses,(b) feuilles et fleurs, (c) tronc ,(d) graines de *Moringa oleifera* (Price 2007; Atakpama *et al.*, 2014).

### **I.3.Classification botanique et dénomination internationale :**

*Moringa oleifera* appartient à la famille monogénérique des arbustes et arbres des Moringaceae qui comprend environ 13 espèces, dont la plus connue et répandue est l'espèce *Moringa oleifera* (Hédji *et al.*, 2014).

**Tableau I :** la systématique et dénomination internationale du *Moringa oleifera* (Laleye *et al.*, 2015 ; Sánchez-Martín *et al.*, 2009 ; Potisate *et al.*, 2014) .

Systematique	Dénomination internationale
Règne: Plantae	Anglais : West Indian tree Drumstik tree Naver die tree
Sous-règne: Tracheobionta	
Classe: Magnoliopsida	
Ordre: Capparales	Arabe : Rawag Shagara Al Ruwag
Famille : Moringaceae	
Division: Magnoliopyte	Indien: Mungna
Genre: <i>Moringa</i>	Français: Moringe à graine ailée Mrungue
Espèce: <i>oleifera</i>	

#### I.4.Composition chimique:

*Moringa oleifera* fait un complément alimentaire idéal. Ces feuilles sont un légume de bonne qualité nutritionnelle. Elles sont riches en protéines, vitamines (A et C) (Ramaroson Rakotosamimanana 2014), composés phénoliques (Waché 2016) et certains minéraux (Rapportrice 2014), (voir tableau II).

**Tableau II :** Comparaison de Composition moyenne des feuilles fraîches de *Moringa oleifera* avec des feuilles sèches données pour 100 grammes de matière sèche (Mawouma et Mbofung 2014).

Elément	Les feuilles fraîches	Composition globales	Les feuilles sèches
Teneur en eau (%)	75	Teneur en eau (%)	73
Protéines digestibles(g)	6,3	Calories (Kcal)	300
Potassium (mg)	325	Protéines (g)	25
Calcium (mg)	525	Minéraux (g)	12
Phosphore (mg)	78	Glucides (g)	40
Magnésiums (mg)	201	Lipides (g)	8
Fer (mg)	6,8	Fibres (g)	15
Vitamine A(UI)	3556	Vitamine A (UI)	14300
Vitamine C (mg)	213	Vitamine C (mg)	850
Riboflavine (g)	2375		
Nicotinamide (g)	2800		

### I.5. Domaines d'utilisations :

*Moringa oleifera* « arbre miracle », est utile et correspond à une utilisation déterminée, notamment ces feuilles sont incorporées dans des fins variées grâce à sa composition chimique (Dao *et al.*, 2016).

#### I.5.1. Alimentation :

- **Alimentation humaine :**

*Moringa oleifera* est un extraordinaire aliment et il est utilisé pour lutter contre la malnutrition (Saini *et al.*, 2016), il représente un excellent complément alimentaire pour la femme enceinte et favorise l'allaitement. Les jeunes feuilles sont couramment consommées cuites, comme des épinards, ou préparées en soupe ou en salade (Yang *et al.*, 2006).

Les jeunes gousses vertes sont très goûteuses et peuvent être consommées bouillies comme des haricots. Les fleurs se consomment comme légume, ou dans des sauces, Les graines sèches réduites en poudre sont utilisées pour assaisonner les sauces.

- **Alimentation animale :**

Les qualités nutritives du *Moringa* sont excellentes, ce qui en fait une source de fourrage de très bonne qualité pour les animaux (bovins, caprins, ovins .....). Le *Moringa* est une source de fourrage particulièrement intéressante tant en terme économique qu'en terme de productivité (Owusu-Ansah *et al.*, 2011).

### I.5.2. Utilisation médicinale :

*Moringa oleifera* une source d'antioxydants d'où leur exploitation a des fins thérapeutiques, Le suc de ces feuilles instillé dans les yeux soulagerait des céphalées et des convulsions, alors que l'ingestion du macéré aqueux des tiges feuillées calme des ophtalmies (Abrogoua *et al.*, 2012 ; Fahey 2005). Des recherches ont montré que cette plante a un usage préventif et curatif, c'est un antifongique, antibiotique, hypoglycémien, diminue la tension artérielle et soulage les maux de tête...etc. (Patel *et al.*, 2010).

### I.5.3. Purification de l'eau:

Traditionnellement, quelques feuilles déposées sur de l'eau saumâtre rendaient l'eau claire sa pureté ne pouvant toutefois être prouvée. Actuellement, on purifie l'eau avec les graines broyées, qui deviennent un floculant naturel qui peut clarifier les eaux troubles, dissipant de ce fait 90 à 99% des bactéries ; Ainsi que fleurs et les autres composantes de l'arbre servent également à la purification de l'eau (Pico *et al.*, 2011).



**Figure 3 :** Eau d'étang non traitée (a) et traitée (b) avec des graines de *Moringa* (Doerr et Staff 2005).

**I.5.4. Autres utilisations :**

*Moringa oleifera* possède d'autres utilisations, parmi les quelles nous pouvons citer : Source de biogaz, un accélérateur de croissance végétale, Utilisé comme engrais vert, pesticide naturel, teinture de couleur bleu et fabrication de papier et de cordes...etc. Ces huiles sont utilisées dans la cuisson et pour fabriquer du savon et des cosmétiques ( **Rashid et al., 2008**).

## **Les métabolites secondaires**

## **II. Métabolites secondaires :**

### **II.1.Définition :**

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques synthétisées par les végétaux à partir de métabolites primaires (acides aminés, hydrates de carbone) par diverses voies (**Makhloufi 2013**).

Ces composés sont souvent considérés comme n'étant pas essentiels à la vie de la plante (**Levasseur-Garcia et al., 2013**), mais plutôt interviennent dans les relations avec les stress biotiques, abiotiques ou améliorent l'efficacité de reproduction ;Dont ils participent à la protection de l'attaque des pathogènes ou des herbivores, attraction des pollinisateurs(**Guillon 2010**), comme ils participent à des réponses allélopathiques, ils sont aussi des molécules très utiles pour l'homme, comme colorants, arômes, antibiotiques, herbicides, drogues... etc.(**Merzougui et Tadj 2015**).

### **II.2.Principales classes de métabolites secondaires :**

Les métabolites secondaires sont caractéristiques des plantes supérieures. Ils sont répartis en trois grandes familles chez les végétaux, sur la base de leurs voies de biosynthèses : les composés phénoliques, les terpénoïdes et les alcaloïdes (**Krief 2003**).

#### **II.2.1.Composés phénoliques :**

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires, d'un poids moléculaire élevé. Ils sont largement répandus chez les plantes et sont très importants dans la contribution à la couleur et au goût des fruits et végétaux(**Manolaraki 2011 ; Riou et al., 2002**).

La structure de base qui les caractérise est la présence d'un ou de plusieurs noyaux aromatiques auxquels sont directement liés un ou plusieurs groupements hydroxyles libres ou engagés dans une autre fonction (éther, ester). Parmi ces métabolites on cite : les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tannins. Ils sont classés selon la présence des différents substituant sur les noyaux et selon leur degré de saturation (**Moussa 2011**).

#### **a. Les acides phénoliques :**

Les acides phénoliques sont largement distribués dans les fruits, les tiges et les feuilles des légumine(**Andrade et al., 1997**). Ils sont en principe solubles dans les solvants

organiques polaires. Les acides phénoliques sont divisés en deux classes : les acides phénoliques dérivés de l'acide benzoïque et les acides phénoliques dérivés de l'acide cinnamique.

- **Acide phénols dérivés d'acide benzoïque (Brianceau 2015) :**

- Ce sont des dérivés de l'acide benzoïque.
- Ont une structure générale de base de type (C6-C1).
- Existents souvent sous forme d'esters ou de glycosides.

- **Acide phénols dérivés d'acide cinnamique (Brianceau 2015) :**

- Dérivent de l'acide cinnamique.
- Ont une structure générale de base de type (C6-C3).
- Existents souvent sous forme combinée avec des molécules organiques.

**b. Les flavonoïdes :**

Le nom flavonoïde proviendrait du terme Latin flavus ; (flavus=jaune) (**Malešev et Kuntić 2007**). Plus de 4000 variétés de flavonoïdes ont été identifiées chez les plantes (**Medić-Šarić et al., 2004**). A l'exception des chalcones, quelques-uns sont bien connus comme étant de très forts antioxydants in vitro grâce à leur activité scavenger des radicaux libres et chélation des ions métalliques (**Kaur et Kapoor 2002**). Ils peuvent être présents dans toutes les parties des plantes : racines, tiges, bois, écorce, feuilles, graines, fleurs et fruits (**Rice-Evans et al., 1997**), ou ils sont responsables de la couleur de ces derniers (**Ferrerres et al., 1993**).

La structure de base de ces composés (Figure 4). est le diphényle propane à 15 atomes de carbones (C6-C3-C6) (**Bessaoud 2015**), ils sont caractérisés par la présence de deux cycles benzoïques (A et B) et d'un hétérocycle oxygéné(C) (**El Kabouss et al., 2011 ; Carvalho et al., 2013**).

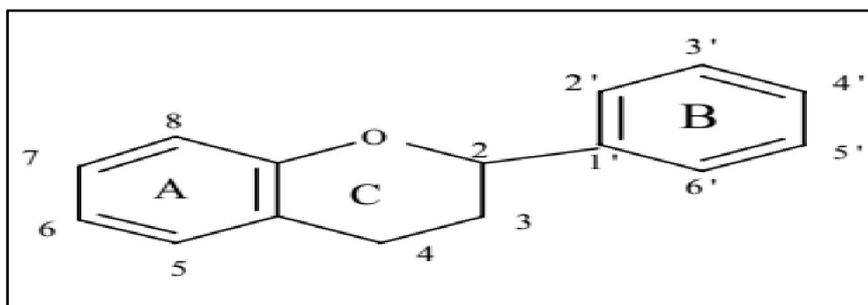


Figure 4 : structure de base des flavonoïdes.

### c. Les tanins :

Les tanins sont des substances présentes essentiellement dans les écorces. Ce sont des polymères (polyphénols) présent sous forme polymérisés, solubles dans l'eau et insolubles dans les solvants organiques apolaires (Aguilera-Carbo *et al.*, 2008) et ayant des poids moléculaires compris entre 500-3000 (Doat 1978). Ils forment, après coagulation, des composés très stables avec les protéines. Ils ont la propriété de transformer la peau fraîche en un matériau imputrescible, le cuir (Vandi *et al.*, 2016) ; Ils possèdent d'autres propriétés telles que l'aptitude à la précipitation des alcaloïdes, de la gélatine et d'autre protéines (Dibong *et al.*, 2015).

Selon la nature des assemblages moléculaires, les tanins sont subdivisés en deux groupes: les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Barbehenn *et al.*, 2006).

- Les tanins hydrolysables :

Les tanins hydrolysables sont des hétéropolymères dont l'hydrolyse chimique libère un sucre, généralement le glucose, et un acide phénolique. L'acide libéré peut être l'acide gallique dans le cas des tanins galliques, l'acide hexahydroxydiphénique et ces dérivés comme l'acide éllagique dans le cas des tanins éllagiques (Mole *et al.*, 1993).

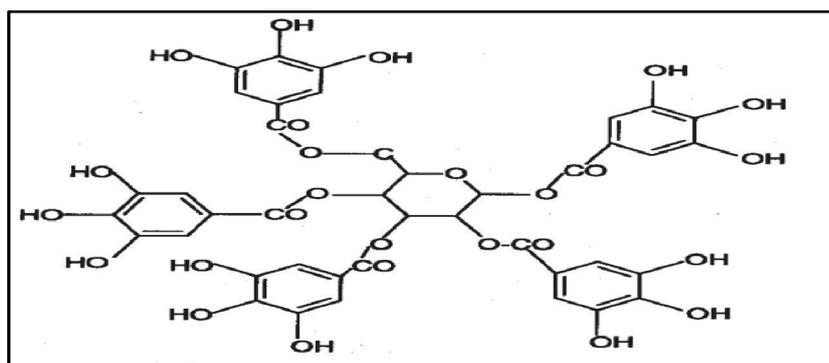


Figure 5: Structure chimique d'un tanin hydrolysable (Magalhães *et al.*, 2014).

- Les tanins condensés (proanthocyanidines) :

Les tanins condensés sont des polymères de certains flavonoïdes, constitués d'unités de flavan-3-ols liées entre elles par des liaisons carbone-carbone, le plus souvent entre C4 et C8 ou C4 et C6. Ce sont en général des polymères de catéchine ou catéchols, ils ne s'hydrolysent pas sous l'action des minéraux dilués (Mehansho *et al.*, 1987); (de Freitas *et al.*, 2003). Ils jouent un rôle dans la protection contre les rayons ultraviolet, la sécheresse et contre les prédateurs naturels (insectes et herbivores) (Aufreere *et al.*, 2012).

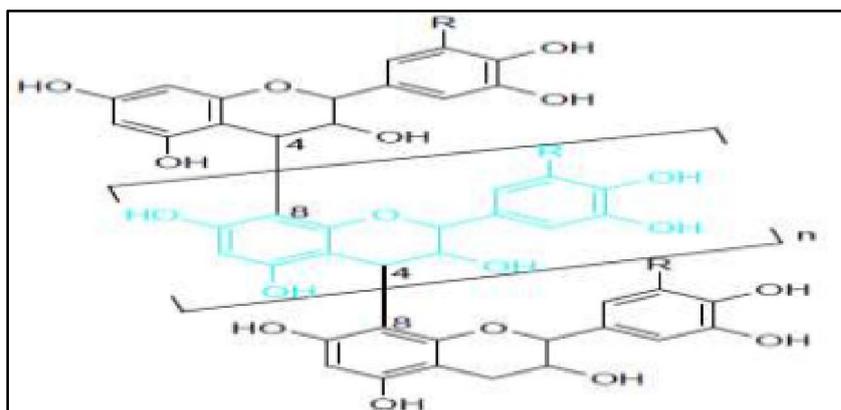


Figure 6 : Structure chimique d'un tanin condensé (Royer *et al.*, 2012).

### II.2.2. Biosynthèse des polyphénols :

Les polyphénols sont synthétisés par deux voies biosynthétiques:

- Celle de l'acide shikimique (shikimate).
- Celle issue de l'acétate-malonate (Mahmoudi *et al.*, 2013).

De plus la diversité structurale des composés polyphénoliques due à cette double origine biosynthétique, est encore accrue par la possibilité d'une participation simultanée des deux voies dans l'élaboration de composés d'origine mixte (Bernatova *et al.*, 2010).

### II.2.3. Les terpènes (terpénoides) :

Appelés aussi terpènes, ils constituent une vaste groupe de métabolites secondaires, ce sont des hydrocarbures naturels, de structure cyclique ou de chaîne ouverte (Merzougui et Tadj 2015). Ils répondent dans la plupart de cas à la formule générale  $(C_5H_8)_n$  c'est-à-dire leur particularité structurale la plus importante est la présence dans leur squelette d'unités isopréniques à 5 atomes de carbone (Hernandez Ochoa 2005). Ils constituent une

importante classe de produits secondaires, hydrophobes quelquefois volatils et unis par une origine commune (Seaman *et al.*, 1982).

Selon le nombre d'unités isopréniques qui les constituent, on distingue : les terpènes ou monoterpènes en C10, les sesquiterpènes en C15, les diterpènes en C20, les triterpènes C30, et les tétraterpènes C40 (Mezouar 2013).

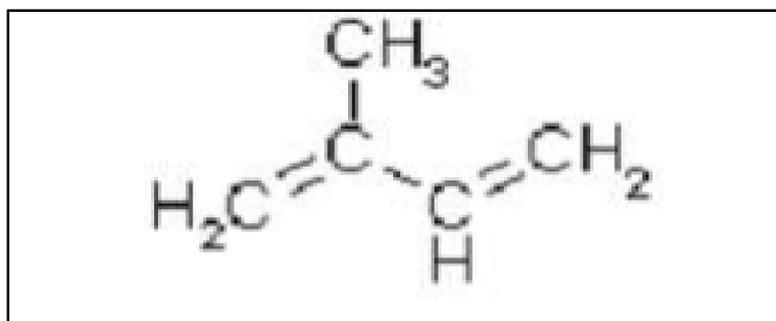


Figure 7: Structure de la molécule d'isoprène (Mostafa 2008).

#### II.2.4. Les alcaloïdes :

Le terme alcaloïde a été introduit par W. Meisner au début du 19<sup>ème</sup> siècle pour désigner des substances naturelles réagissant comme des bases. Ce terme est dérivé de l'arabe « Al Kaly » qui signifie la soude et de grec « Eidos » qui signifie l'aspect (Mangambu *et al.*, 2014).

Les alcaloïdes sont des substances organiques le plus souvent d'origine végétale, azotées, basiques et douées à faible dose de propriétés physiologiques marquées (Belabbassi 2012), ce sont des corps de masse moléculaire faible et de fonction basique. Cette dernière est un facteur d'instabilité pour ces molécules qui à l'état de base et en solution, sont sensibles à la chaleur, à la lumière et à l'oxygène (Daira *et al.*, 2016).

Ils portent tous la terminaison « ine » (Paris et Hurabielle 1981). À l'état normal, ils sont généralement salifiés par les acides organiques (tartrates, malates...) ou combinés à des tanins (Merzougui et Tadj 2015). Selon l'origine biosynthétique on distingue trois types d'alcaloïdes :

- a. **Les alcaloïdes vrais** : l'azote inclus dans un hétérocycle, ce groupe représente la majorité des alcaloïdes.
- b. **Les proto-alcaloïdes** : ils ne possèdent pas un azote intra-cyclique, ils ont une structure proche des amines (Ghedjati 2015).

- c. **Les pseudo-alcaloïdes** : ils présentent le plus souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais, mais ne sont pas des dérivés des acides aminés (**Pinheiro 2015**).

### **II.3. Les Propriétés des composés phénoliques :**

#### **II.3.1. Propriétés physico-chimiques :**

Les polyphénols sont généralement des composés aromatiques solubles dans les solvants polaires tels que l'éthanol, le méthanol, le butanol, l'acétone, le diméthylsulfoxyde, l'eau, ... etc. (**Benkrief 1990**).

Les polyphénols moins polaires comme les isoflavones, les flavonones, les flavones et les flavonols sont plus solubles dans d'autres solvants tels que l'éther et le chloroforme (**Verykokidou-Vitsaropoulou et Vajias 1986**).

#### **II.3.2. Propriétés biologiques :**

Chez les plantes, les composés phénoliques sont impliqués dans différents processus comme la germination des graines et la croissance des plantes (**Marcheix *et al.*, 2005**).

Ces dernières années les recherches sur les composés phénoliques se sont accentuées en raison de leurs activités anti-inflammatoires, antibactériennes et antifongiques, antioxydant et même anticancéreuse (**Montoro *et al.*, 2005**).

##### **1. Activité anti-inflammatoire :**

Les propriétés anti-inflammatoires des composés polyphénoliques peuvent être dues à leurs capacités d'inhiber des enzymes impliquées dans les processus inflammatoires (**Škerget *et al.*, 2005**) et leurs activités antioxydantes.

La matricaire, appelée également la camomille allemande ou camomille commune, est une plante médicinale employée pour ses propriétés antispasmodiques et anti-inflammatoire (**Marcheix *et al.*, 2005**).

##### **2. Activité antibactérienne :**

Les polyphénols notamment les flavonoïdes et les tanins sont reconnus par leur toxicité vis-à-vis des microorganismes (**Basli *et al.*, 2012**).

### **3. Activité anticancéreuse :**

Les flavonoïdes et autres phénols peuvent jouer un rôle préventif dans le développement du cancer (**Genoux 2011**).

Ils interviennent dans l'étape d'initiation comme piègeurs des mutagènes électrophiles ou en stimulant la réparation de l'ADN muté. Durant les étapes de promotion et de progression, ils agissent comme des agents supprimeurs de tumeurs par différents mécanismes comme l'induction de l'apoptose et l'inhibition de la prolifération cellulaire (**Gerber *et al.*, 2002**).

### **4. Activité antioxydante :**

L'activité antioxydante des composés phénoliques est due à leur capacité à piéger les radicaux libres, donner l'atome d'hydrogène et électron et chélater les cations métalliques.

La structure des composés phénoliques est l'élément déterminant de leur activité. Pour les acides phénoliques, l'activité antioxydant augmente proportionnellement avec le degré d'hydroxylation et la présence de groupement C=CH-COOH (**Balasundram *et al.*, 2006**). Pour les flavonoïdes, la relation structure activité antioxydante est généralement plus compliquée que les acides phénoliques à cause de la complexité de la molécule de flavonoïdes (**Bors *et al.*, 1997**).

## **Le stress oxydatif et le pouvoir antioxydant**

### III. Le stress oxydatif et le pouvoir antioxydant :

#### III.1. Stress oxydant :

Le stress oxydant peut être défini comme un déséquilibre entre les systèmes producteurs d'espèces radicalaires oxydantes et les systèmes de défense antioxydants au profit des premiers. Ceci implique la production d'espèces réactives de l'oxygène (**Arous 2014 ; Delattre et al., 2005**). Ce phénomène est associé à une libération massive de radicaux libres (**Favier 2003**).

Le stress oxydatif est à l'origine de certaines maladies. Il est souvent initié et propagé par une surproduction d' $O_2^{\cdot-}$  et de  $H_2O_2$ , et par leur conversion en de puissants oxydants dangereux pour les cellules (**Favier 1997**).

Ce stress peut avoir diverses origines : mauvaise alimentation, phénomènes inflammatoires chroniques ou aigus et habitudes de vie inadéquates (tabagisme, consommation excessive d'alcool, ... etc.) (**Pincemail et Defraigne 2004**).

#### III.2. Mécanisme de l'oxydation :

L'oxydation est le phénomène qui fait rouiller les métaux, flétrir les légumes et les fruits, et rancir les graisses (**Bénard et al., 1964**).

La réaction d'oxydation est une réaction de type radicalaire mettant en jeu des espèces très réactives (**Judde 2004**). Elle est initiée par la lumière, la chaleur, ou les traces de métaux lourds ( $Cu^{2+}$  et  $Fe^{3+}$ ). Cette réaction est au départ très lente, puis s'accélère de façon exponentielle avec la formation de peroxyde; c'est une réaction en chaîne de radicaux libres. Elle se déroule en trois étapes : initiation, propagation et terminaison (**Grait 2015**).

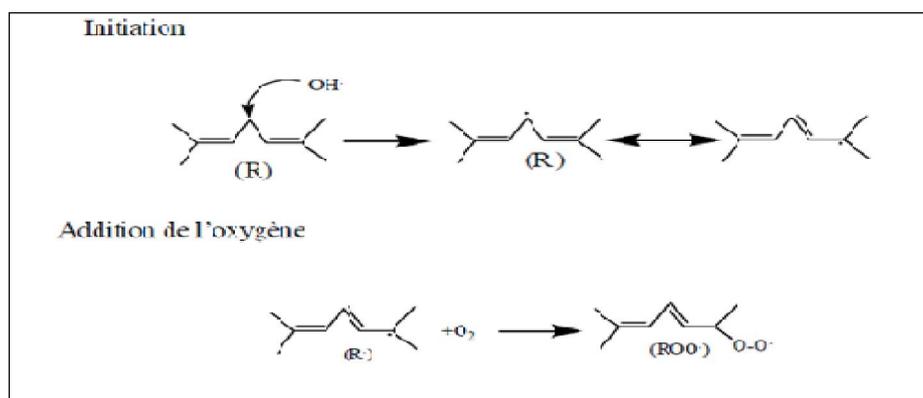
##### III.2.1. Phase d'initiation :

L'initiation à la réaction d'oxydation correspond à la formation d'un radical libre par l'arrachement d'un atome d'hydrogène d'une chaîne d'acides gras généralement non saturés (**Jeantet et al., 2006**). La phase d'initiation se caractérise par la formation d'espèces très réactives ROOH et  $R^\circ$  selon les réactions suivantes :





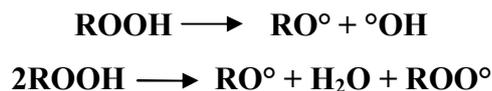
La figure 8 montre les différentes étapes de la phase d'initiation à l'oxydation.



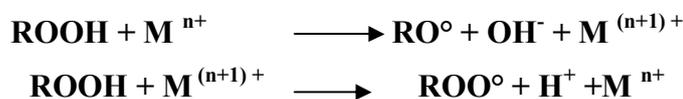
**Figure 8:** Initiation à l'oxydation (Milane 2004).

### III.2.2. Phase de propagation :

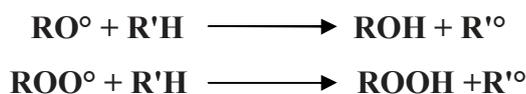
La liaison O-O dans un hydroperoxyde (ROOH) est faible et peut être facilement rompue, ce qui engendre sa rupture et l'apparition de composés responsables du goût de rance. Cette phase se déroule selon les réactions suivantes :



Des traces d'ions métalliques suffisent pour générer une grande quantité de radicaux libres comme le montre les réactions suivantes:



Les espèces radicalaires produites par les premières réactions sont hautement réactives et vont à leur tour arracher un hydrogène à une autre molécule selon les réactions ci-après :



La figure 9 montre les différentes étapes de la phase de propagation.

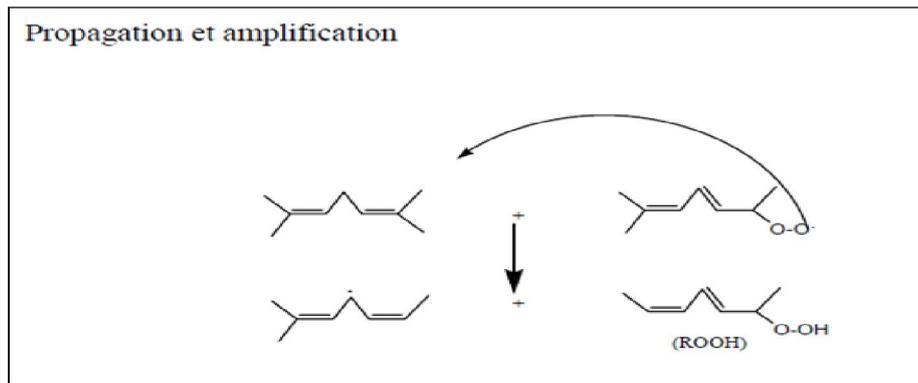
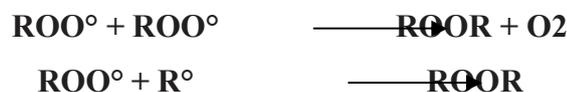


Figure 9 : Phase de propagation (Milane 2004).

### III.2.3. Phase de terminaison :

La chaîne de propagation peut s'arrêter par la formation de polymères ou au contact avec un autre radical. De nouvelles espèces moléculaires anarchiques apparaîtront (réactions ci-après), et n'auront plus de fonctions biologiques.



### II.3. Radicaux libres :

Les radicaux libres sont des substances chimiques très réactives comportant un nombre impair d'électrons. Ces derniers peuvent semer le désordre dans la structure des protéines cellulaires, des lipides membranaires et des acides nucléiques. Ces radicaux peuvent éventuellement entraîner la mort cellulaire et des maladies telles que : Les maladies cardiaques, le cancer (Pincemail *et al.*, 1999) et la maladie d'Alzheimer.

L'appellation espèces réactives de l'oxygène (ERO) inclut les radicaux libres de l'oxygène (anion superoxyde ( $\text{O}_2^-$ ), radical hydroxyle ( $\text{OH}^\cdot$ )) et certains dérivés oxydés non radicalaires tels que le peroxyde d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) (Badeau 2006).

Ces espèces sont formées de façon continue dans l'organisme sain, en particulier par fuite d'électrons à partir de la chaîne respiratoire. Elles peuvent également être générées suite à une respiration excessive, un exercice physique ou un stress, ou même à une exposition environnementale à des facteurs pro-oxydants : tabac, alcool, amiante,...etc. (Aurousseau 2002).

## II.4. Activité antioxydante :

Les plantes à poly phénols sont reconnues pour leur activité antioxydante (**Allane et Benamara 2010**). Un antioxydant est une substance qui inhibe ou retarde significativement l'oxydation d'un substrat par chélation de radicaux libres qui sont à l'origine de diverses maladies. On peut trouver des antioxydants enzymatiques et non enzymatiques (**Berger et Que 2009**).

### II.4.1. Antioxydant enzymatique :

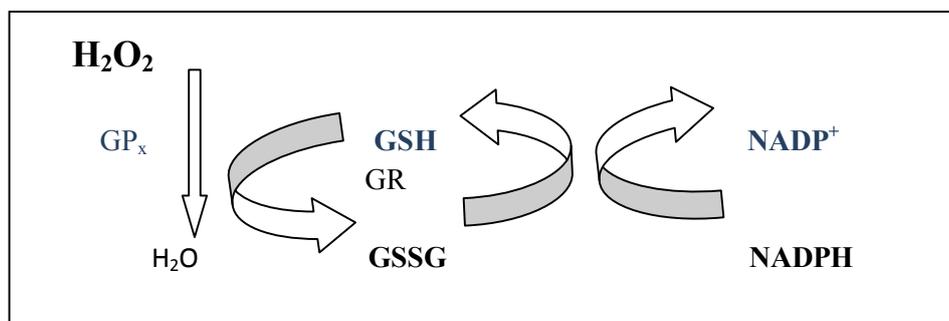
L'organisme se défend contre les radicaux en synthétisant des enzymes qui les neutralisent. Les principales enzymes antioxydantes sont la superoxyde dismutase, la glutathion peroxydase et la catalase (**Vincent et al., 2004**).

#### a. Superoxyde dismutase (SOD) :

Ce sont des métallo-enzymes à manganèse ou à cuivre et zinc présentes dans la mitochondrie. L'enzyme catalyse la dismutation de l'anion superoxyde en peroxyde d'hydrogène qui pourra être pris en charge par des enzymes à activité peroxydase (**Baudin 2006**).

#### b. Glutathion peroxydase (GP<sub>x</sub>) :

La GP<sub>x</sub> fait partie d'un système complet qui joue un rôle central dans le mécanisme d'élimination du H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. La GP<sub>x</sub> est l'enzyme clef du système antioxydant et nécessite la présence de glutathion réduit (GSH) comme donneur d'électron. Le glutathion dissulfite (GSSG) ainsi produit est à nouveau réduit par la glutathion réductase (GR) qui utilise le NADPH comme donneur d'électron (Figure 10) (**Agarwal et Prabakaran, 2005**).

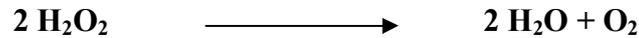


**Figure 10:** Elimination du H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> par les réactions enzymatiques combinées de la GP<sub>x</sub> et de la GR (**Servais 2004**).

**c. Catalase (CAT) :**

La catalase est une enzyme intracellulaire qui catalyse la réaction de détoxification du H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (généralement produit par les SOD) (Newsholme *et al.* 2007).

La réaction de détoxification se déroule comme suit :

**III.4.2. Système antioxydant non enzymatique :**

Ce système fait appel à des molécules non enzymatiques telles que les vitamines antioxydante (vitamine C et vitamine E), les caroténoïdes et les composés phénoliques.

Contrairement aux enzymes antioxydants, ces composés ne sont pas synthétisés par l'organisme et doivent être apportés par l'alimentation (Gardès-Albert *et al.*, 2003).

**a. Vitamine E:**

La vitamine E ( $\alpha$ -tocophérol) est le principal antioxydant. Elle neutralise les radicaux libres ensuite stoppe la chaîne de réactions de peroxydation des lipides. Cette vitamine devient à son tour un radical moins réactif, qui pourra être régénéré par l'acide ascorbique (Bationo *et al.*, 2015).

**b. Vitamine C :**

La vitamine C ou ascorbate agit principalement en piégeant directement les ERO (majoritairement l'O<sub>2</sub><sup>-</sup> et l'OH) ou bien en régénérant l' $\alpha$ -tocophérol (Bationo *et al.*, 2015).

**c. Caroténoïdes :**

Les caroténoïdes font partie des micronutriments qui participent aux défenses de l'organisme contre les espèces oxygénées. Ce sont essentiellement des piègeurs de l'oxygène singulet (O<sup>-</sup>) (Colin 2008).

**d. Composés phénoliques :**

L'efficacité antioxydante des poly phénols est essentiellement due à la facilité avec laquelle un atome d'hydrogène d'un groupe hydroxyle aromatique est cédé à un radical libre (Duthie *et al.*, 2003).

- **Flavonoïdes :**

Les flavonoïdes préviennent l'oxydation des lipides et l'athérosclérose.

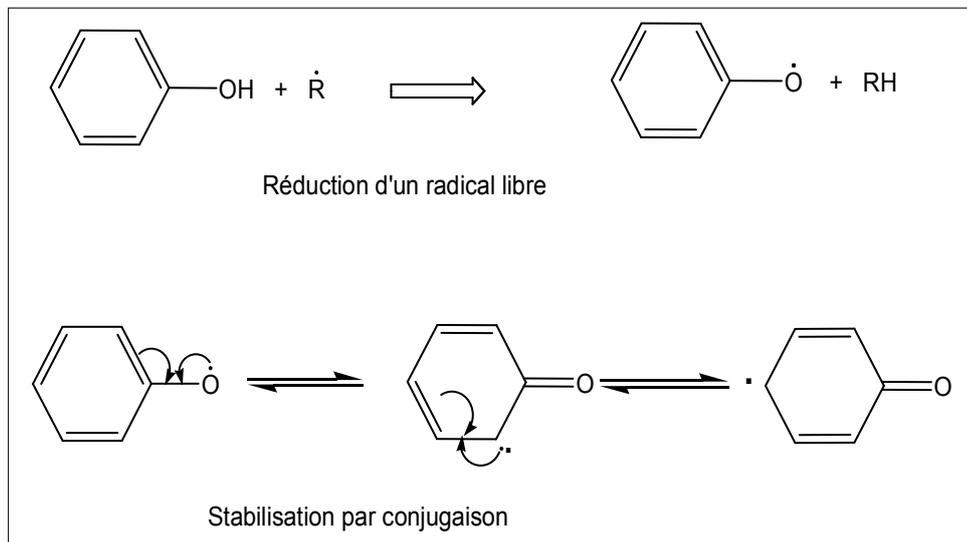


Ils agissent principalement comme piègeurs de radicaux libres tels que le DPPH°, le superoxyde et le peroxydinitrite, ou encore comme chélateurs de métaux (Nijveldt *et al.*, 2001).

- **Tannins :**

Les tannins sont révélés très efficaces pour réduire les ions métalliques et empêcher la peroxydation des lipides dans les microsomes et les mitochondries du foie. Ils sont également dotés d'une activité scavenger du radical DPPH° et de l'anion superoxyde (Okuda 2005).

Les antioxydants sont interdépendants. En donnant un électron, ils deviennent eux-mêmes des radicaux libres qui doivent se rééquilibrer, autrement dit être réduits.



**Figure 11:** Propriété réductrice des polyphénols (Rolland 2004 ; Rowland *et al.*, 2017).

# PARTE PRATIQUE



# MATERIEL ET METHODES



## I. Matériel et Méthodes :

### I.1. Matériel végétal :

#### I.1.1 Origine et provenance des échantillons :

Les feuilles de *Moringa Oleifera* proviennent du Sud de l'Algérie (OUED-SOUF) et étaient récoltées en octobre 2015. Ces feuilles fraîches sont transportées à deux endroits différents (Tazmalt et Béjaia) ou elles ont subi un séchage et un stockage, et pour cela on donne l'appellation « T » pour poudre des feuilles sécher à Tazmalt et « S » pour celles sécher à Bejaia.



**Figure 12 :** Feuilles séchées de *Moringa Oleifera*.

#### I.1.2. Préparation des échantillons :

Après triage et nettoyage, les feuilles sont étalés sur un filet pour séchés à l'air libre et à l'abri du soleil (température ambiante) dans un endroit sec et ventilé, elles sont ensuite broyées à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre obtenue a été ensuite tamisée à l'aide d'un tamis électrique (Retsch-AS 200) afin d'avoir une poudre de taille des particules inférieure à 0,5 mm et conservée dans des bocaux en verre à l'abri de la lumière pour éviter toute détérioration de l'échantillon.

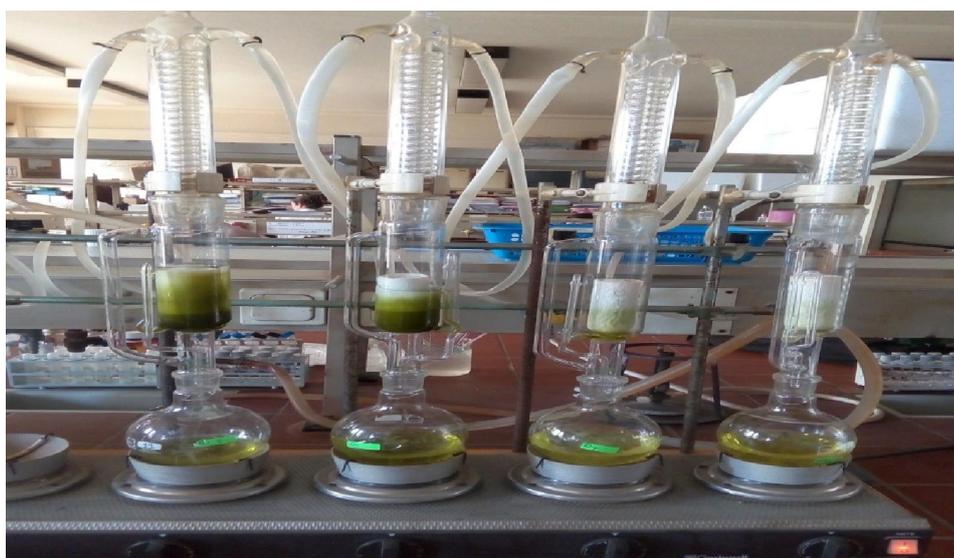


**Figure 13 :** Poudres des feuilles séchées de *Moringa Oleifera*.

### I.1.3. Caractérisation chimique de la poudre de feuilles de *Moringa Oleifera* :

#### 1. La teneur en matière grasse (MG) :

La méthode au Soxhlet (figure03), consiste à libérer la matière grasse à l'aide d'un solvant organique non miscible à l'eau, suivi de l'évaporation du solvant et de la pesée de l'extrait obtenu après dessiccation à 105°C pendant 24 heures (AOAC, 1998).



**Figure 14 :** Appareil de Soxhlet.

#### 2. La teneur en matière minérale totale ou cendres totales :

Les cendres totales ont été obtenues par incinération dans un four à moufle à 525°C pendant 5h. Le taux des cendres totales (TCT) est exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche (MS) (AOAC 1998).

### **3. Dosage des protéines :**

La teneur en protéines brute a été déterminée par la méthode de Kjeldahl. Le taux en protéines est calculé en utilisant un facteur de conversion de l'azote de 6.25 (**Kjeldahl, 1883**).

Les données ont été exprimées en pourcentage du poids d'échantillon. Cette technique est basée sur le dosage de l'azote total présent dans l'échantillon. Elle s'effectue en trois étapes (la minéralisation, la distillation, le titrage).

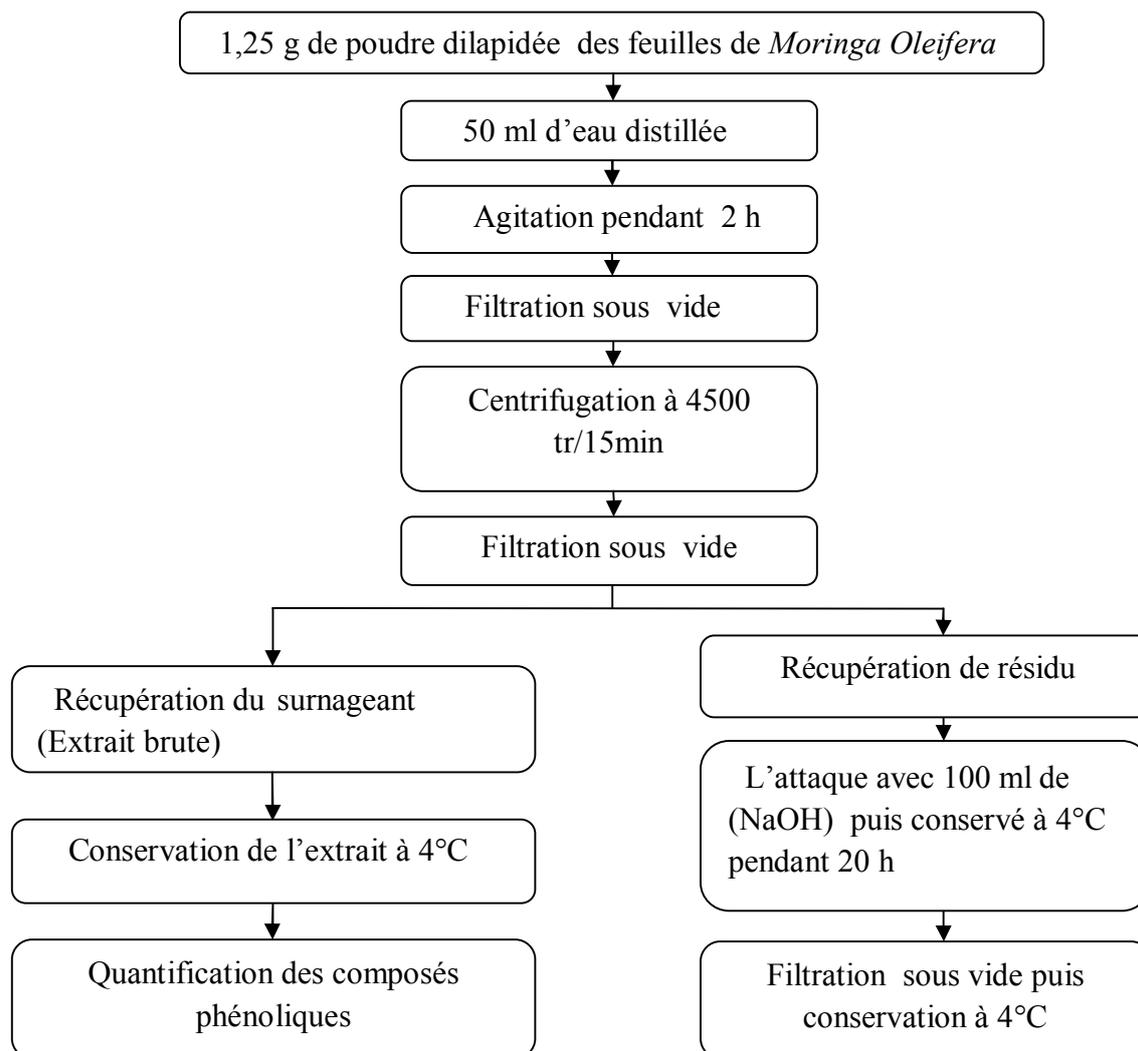
### **I.2. Evaluation des teneurs en composés phénoliques :**

L'extraction et le dosage des composés phénoliques est réalisé sur la poudre de feuilles de *Moringa Oleifera* préalablement délipidées au soxhlet (avec de l'hexane comme solvant).

#### **I.2.1.Extraction des composés phénoliques :**

L'extraction est une étape très importante dans l'isolation, l'identification et l'utilisation des composés phénoliques (**Bucić-Kojić et al., 2007**). L'extraction des composés phénoliques (Figure15) est faite par macération selon la méthode **d'Oomah et al., (2010)** ; L'eau distillée est le solvant d'extraction utilisée.

L'extraction utilisée dans cette étude est de type solide-liquide (contact direct entre le solide et le solvant). Son principe consiste à la séparation des composés phénoliques solubles par diffusion à partir d'une matrice solide (poudre) en utilisant une matrice liquide (solvant). Quand une matrice solide est en contact avec un solvant, les composants solubles dans le matériel migrent vers le solvant ; ainsi, l'extraction est due au transfert de matière du principe actif de la matrice vers le solvant, selon un gradient de concentration (**Kamaliroosta et al., 2012**).



**Figure 15:** Protocole d'extraction des composés phénoliques (Oomah *et al.*, 2010)

### I.2.2. Dosage des composés phénoliques :

Pour quantifier les différentes fractions phénoliques, nous avons suivi le schéma analytique de SCEHOVIC (1990).

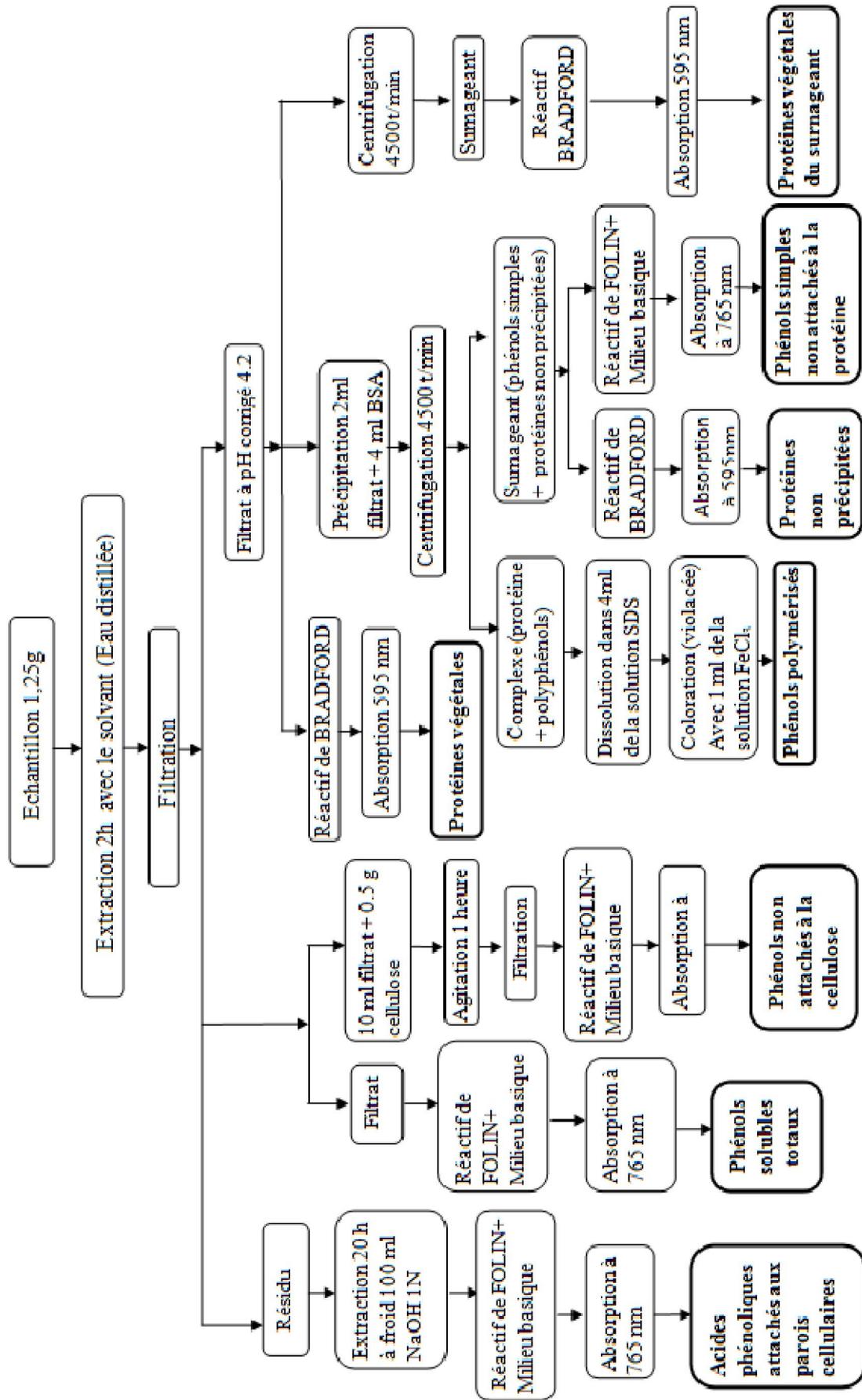


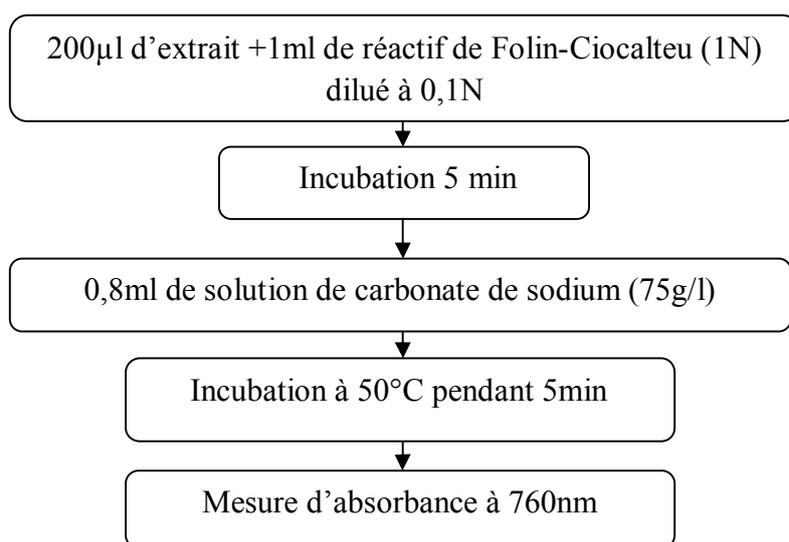
Figure 16: Schéma de détermination des différentes fractions phénoliques (Scehovic, 1990).

### 1. Dosage des polyphénols :

Nous avons utilisé la méthode rapportée par **Škerget *et al.*, (2005)**. Il s'agit d'une méthode pour déterminer la teneur en acides phénoliques attachés aux parois cellulaires, phénols solubles totaux, phénols non attachés à la cellulose et les phénols simples non attachés à la protéine.

Le réactif de Folin Ciocalteu est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMO_{12}O_{40}$ ). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène (**Ribéreau-Gayon et Gautheret 1968 ; Boizot et Charpentier 2006**). La coloration bleue produite, est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans le milieu réactionnel.

La figure 17 résume les principales étapes du dosage des polyphénols. Les concentrations en composés phénoliques sont déterminées par référence à une courbe d'étalonnage obtenue avec de l'acide gallique utilisé comme standard (**Annexe II**).

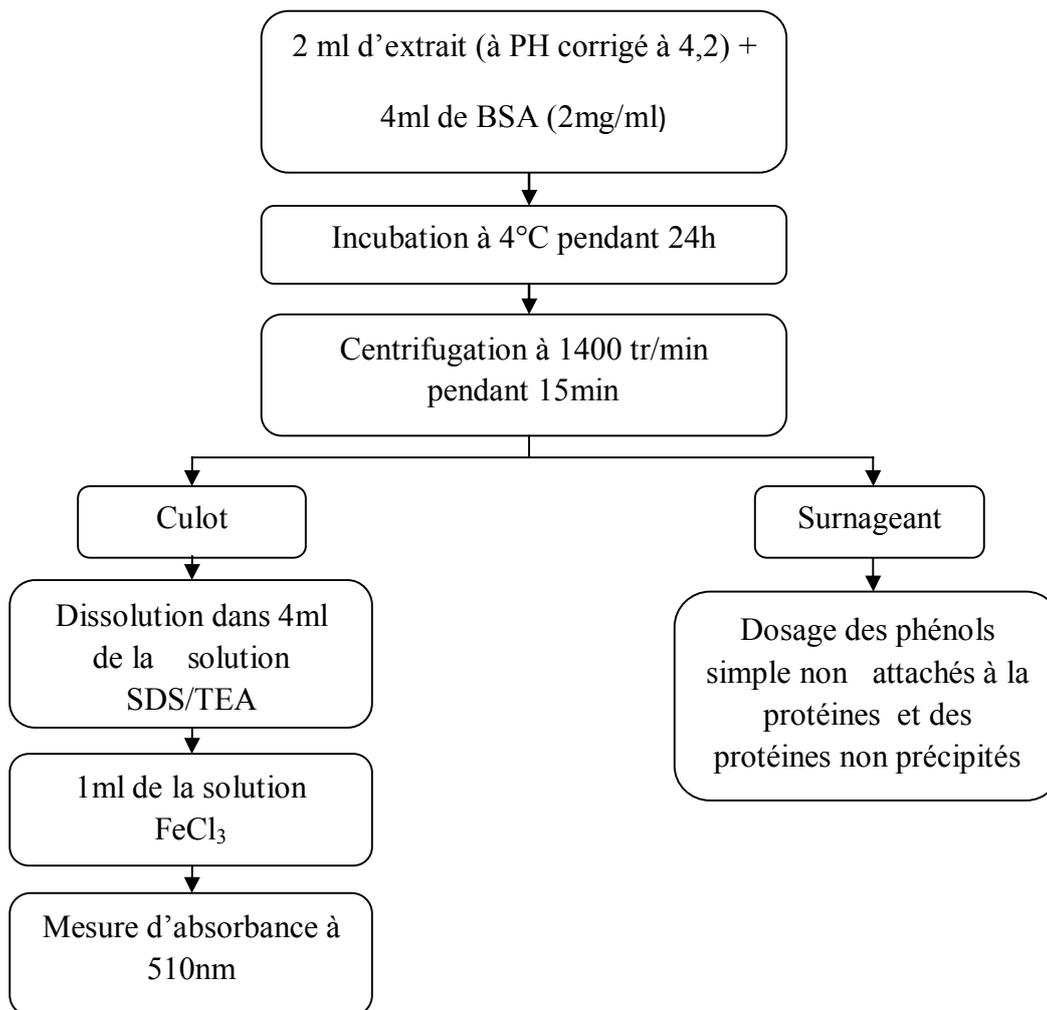


**Figure 17 :** Protocole de dosage des polyphénols totaux (**Škerget *et al.*, 2005**).

### 2. Dosage des polyphénols polymérisés :

Le dosage des polyphénols polymérisés des extraits a été déterminé selon la méthode **Hagerman et Butler., (1978)**. Le volume d'extrait additionné à la BSA forme un complexe

(Protéine et polyphénols) ; Une coloration violacée est remarqué par l'ajout de la solution  $\text{FeCl}_3$ . L'absorbance est mesurée à 510 nm.



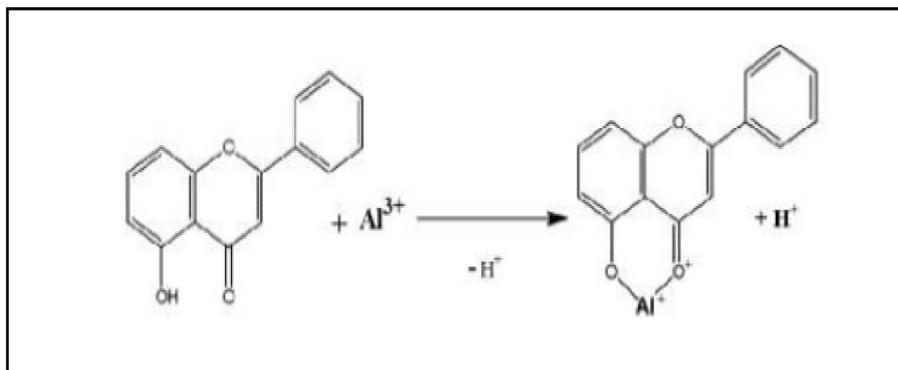
**Figure 18 :** Protocole de dosage des polyphénols polymérisés par la méthode de précipitation par la BSA (Hagerman et Butler., 1978).

### 3. Dosage des flavonoïdes :

Les flavonoïdes sont une classe des composés phénoliques de plantes avec des propriétés antioxydantes et chélatantes significatives, du fait leur capacité à chélater les métaux tels que le fer et l'aluminium (Heim *et al.*, 2002 ; Milane 2004 ; Haenen *et al.*, 2006) .

Cette méthode repose sur le principe du dosage directe par le chlorure d'aluminium (Figure 19). En effet, les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre en position 5 susceptible de donner en présence de chlorure d'aluminium un complexe

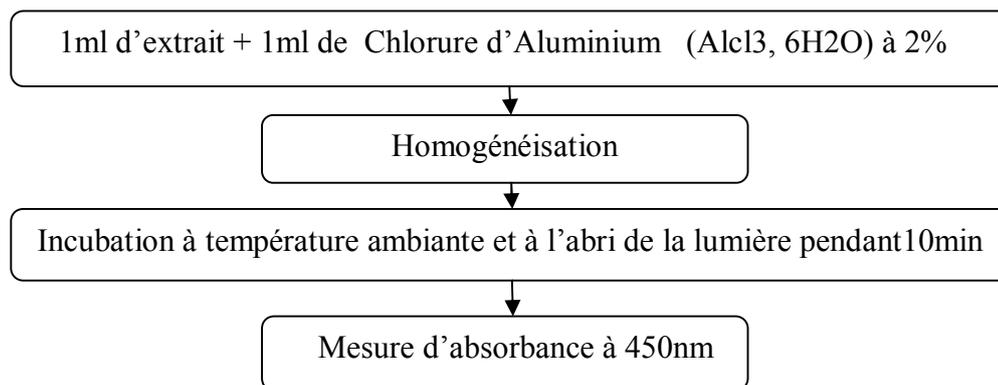
jaunâtre par chélation de l'ion  $Al^{3+}$ . La coloration jaune produite est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présente dans l'extrait (Ribéreau-Gayon et Gautheret 1968).



**Figure 19** : Réaction du chlorure d'Aluminium avec les flavonoïdes (Ribéreau-Gayon et Gautheret 1968).

Le contenu en flavonoïdes des extraits est déterminé selon la méthode décrite par Lamaison et Carnet, (1990) citée par Bahri-Sahloul (2009), (Figure 20).

Les concentrations en flavonoïdes ont été estimées en référant à une courbe d'étalonnage préparée avec la quercétine (Annexe II). Les résultats ont été exprimés en mg équivalent de quercétine (mg Eq Q/g MS).



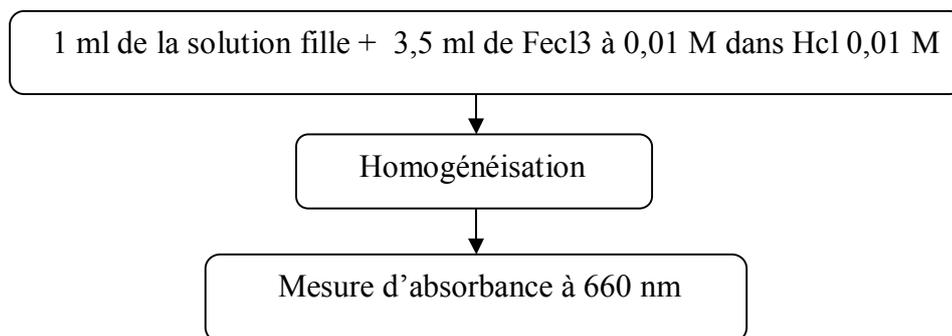
**Figure 20** : Protocole de dosage des flavonoïdes (Lamaison et Carnat ,1990).

#### 4. Dosage des tanins :

##### a. Dosage des tanins hydrolysables :

Les tanins hydrolysables réagissent avec le chlorure ferrique et donnent une coloration bleue mesurée par spectrophotométrie (Mamadou, 2002). La figure 21 résume les différentes étapes de dosage.

La teneur en tanins hydrolysables est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnages obtenus avec l'acide tannique (**annexe II**). Les résultats sont exprimés en mg Eq AT/g MS.

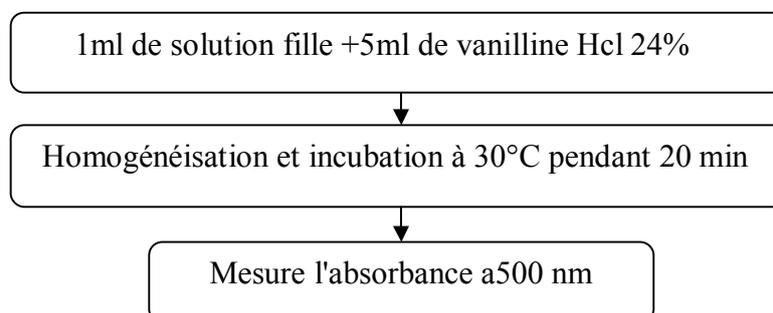


**Figure 21** : Protocole de dosage des tanins hydrolysables (**Mole et Waterman 1987**).

### b. Dosage des tanins condensés :

La méthode à la vanilline décrite par **Deshpande et al., (1986)** : est utilisée pour le dosage des tanins condensés (Figure 22). Cette méthode est basée sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités des tanins condensés dans un milieu acide pour produire un complexe rouge mesuré à 500 nm (**Hagerman, 2002**).

La teneur en tanins condensés est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue avec la catéchine (**annexe II**). Les résultats sont exprimés en (mg Eq C/g MS).



**Figure 22** : Protocole de dosage des tanins condensés (**Desphande et al., 1986**).

### I.3.Mise en évidence de quelques métabolites secondaires :

#### I.3.1.Les tanins :

La détection des tanins est réalisée au moyen du test de (**Soulama et al., 2014**). 2 à 3 gouttes de la solution  $FeCl_3$  (2 %) ajoutés à chaque extrait. L'apparition d'une coloration

bleue foncée signale la présence des tanins galliques, tandis qu'une coloration vert foncée indique la présence de tanins catéchiques. La coloration bleue-verdâtre indique la présence des deux types de tanins.

### **I.2.3.Saponines :**

La détection des saponines est réalisée au moyen du test de **(Yadav et Agarwala 2011)**. 1ml d'extrait ajouté à 3ml d'eau distillée. Après agitation pendant 2min la formation d'une mousse persistante indique la présence de saponines dans le milieu.

### **I.3.3. Alcaloïdes :**

La présence d'alcaloïdes est révélée par la méthode d' **(Kpemissi et Amana 2007)**. Quelques gouttes du réactif de Bouchardât sont ajoutées à 2ml d'extrait. La formation d'un précipité brun-noir, brun-terre ou jaune-brun indique la présence d'Alcaloïdes dans le milieu.

### **I.4.4. Terpénoïdes :**

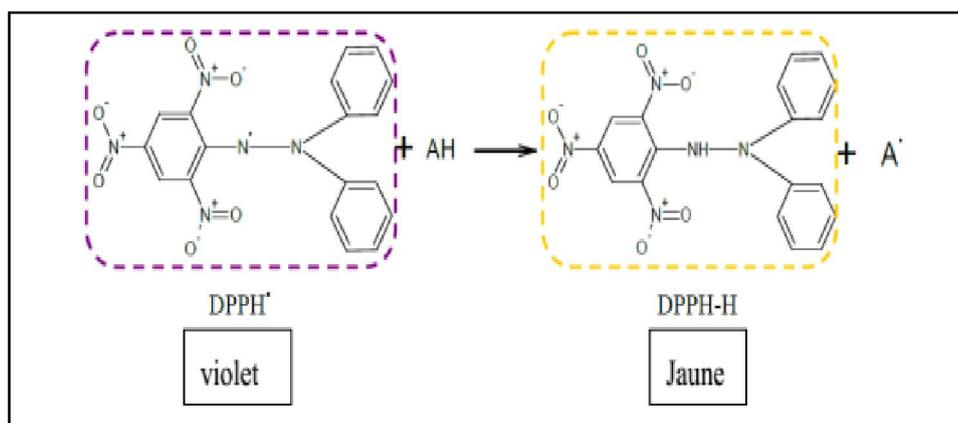
La méthode **(Aziman et al., 2012)** permet de mettre en évidence la présence de Terpénoïdes. 2,5ml d'extrait est ajouté à 1ml de chloroforme après homogénéisation 1,5 ml d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentré sont ajoutés au mélange. La formation d'une couleur brun-rouge à l'interface indique la présence de Terpénoïdes.

## **I.4.Détermination de l'activité antioxydante :**

### **I.4.1. L'activité antiradicalaire du DPPH° :**

Le radical organique relativement stable DPPH. est employé couramment dans la détermination de l'activité antioxydante des composés simples comme les différents extraits de plantes **(Katalinic et al., 2006)**.

Le 1,1-Diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH) est un radical libre, stable et centré par l'azote qui porte un électron impair. Il est de couleur violette foncée. En présence d'antioxydants, il réagit avec eux par l'intermédiaire de deux mécanismes différents : une abstraction directe de l'hydrogène des groupes d'hydroxyles ou un processus de transfert d'électron, pour former un produit final stable qui est le diphenyl-b-picrylhydrazine coloré en jaune et qui donne une absorption forte à 515 nm **(Choi et al., 2002 ; Akowuah et al., 2005 ; Kumaran 2006 ; Contreras-Calderón et al., 2011)**.



**Figure 23** : Réduction du radical DPPH•.

Le test du pouvoir antiradicalaire est réalisé selon la méthode **Brand William *et al.*, (1995)**. 195  $\mu$ l de DPPH sont ajoutés à 50  $\mu$ l d'extrait, le mélange est incubé pendant 30 minutes à l'obscurité ; un contrôle est préparé avec 50  $\mu$ l du solvant utilisé et l'ajout de 195  $\mu$ l de DPPH, puis incubation pendant 30 minutes à l'obscurité. La lecture se fait au spectrophotomètre à 515nm contre un blanc préparé dans les mêmes conditions (**Brand-Williams**). Un témoin positif avec l'acide ascorbique et BHT est réalisé dans les mêmes conditions. La capacité antioxydante de nos échantillons est exprimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH• suivant l'équation:

$$\% \text{Inhibition} = (\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon} / \text{Abs contrôle}) * 100$$

**Abs contrôle** : correspond à l'absorbance du contrôle.

**Abs échantillon** : correspond à l'absorbance de l'échantillon.

Ainsi, plus la perte de couleur est rapide plus le donneur d'hydrogène est considéré comme un antioxydant fort. La concentration ( $IC_{50}$ ) en extrait brut permettant de réduire 50 % du DPPH est déterminée en traçant une courbe de pourcentage de réduction en fonction de la concentration par le biais du logiciel Origin 9.

#### **I.4.2. La chélation du fer ferreux :**

La ferrozine réagit avec les ions divalents pour former un complexe violet ou rouge très soluble dans l'eau. L'absorbance du complexe ferrozine- $Fe^{2+}$  est maximale à 562 nm (**Norshazila *et al.*, 2010**). En présence d'agents chélateurs, la formation de ce complexe

est perturbée aboutissant à une diminution de la couleur qui est suivie au spectrophotomètre.

La chélation du fer ferreux a été estimée selon la méthode de (**Bourgou *et al.*, 2008**). 100 µl d'extrait ont été initialement mélangés avec 50 µl de FeCl<sub>2</sub> (2H<sub>2</sub>O) à 2 mM et 100 µl de la Ferrozine 5 mM puis on ajoute 2,75 ml d'ED, le mélange est bien agité à l'aide d'un vortex puis laissé réagir pendant 10 min à température ambiante et à l'obscurité.

La lecture des absorbances est faite à une longueur d'onde de 562 nm. Le standard EDTA est utilisé comme chélateur de référence à une concentration de 0.005965 g/ml. Le pourcentage de chélation du fer est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{Chélation} = (\text{Abs control} - \text{Abs Ech} / \text{Abs C}) * 100$$

**Abs C** : Absorbance du contrôle.

**Abs Ech** : Absorbance d'échantillon.

#### **I.4.3. Le pouvoir réducteur :**

La présence d'un composé réducteur dans les échantillons entraîne la réduction du fer ferrique (Fe<sup>3+</sup>) du complexe ferricyanure en fer ferreux (Fe<sup>2+</sup>), dans un milieu acidifié par l'acide trichloracétique, cette réaction se traduit par le virage de la couleur jaune du ferricyanure de potassium vers la couleur bleu verte, dont l'intensité dépend du pouvoir réducteur (**Li *et al.*, 2009**).

L'activité antioxydante du pouvoir réducteur est estimée par la méthode de **Li *et al.*, (2009)**. 500 µl de tampon phosphate (0,2M, pH 6,75) et 500 µl de ferricyanure de potassium (K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>) (1%) sont ajoutés à 200 µl d'extrait, le mélange est incubé pendant 20 minutes à 50°C. Après incubation 500 µl de d'acide trichloracétique (TCA 10%) sont ajoutés, et soumis à une centrifugation à 500 tr/min pendant 10 minutes ; 1 ml du surnageant est prélevé pour ajouter 1 ml d'eau distillée et 200 µl de chlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub> 0,1%) ; la lecture se fait au spectrophotomètre à 700 nm (**Li *et al.*, 2009**).

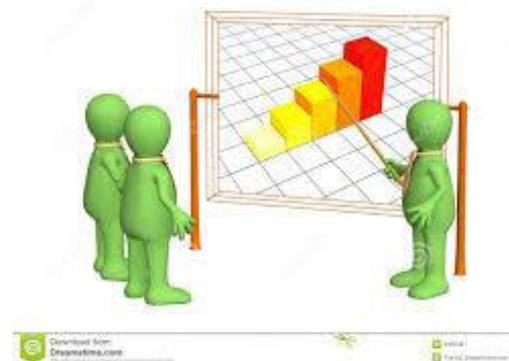
L'augmentation de l'absorbance dans le milieu réactionnel indique l'augmentation de la réduction du fer. La gamme étalon d'acide ascorbique (**Annexe II**), est utilisée comme référence, les résultats sont exprimés en mg Acide ascorbique /g MS.

**I.5. Analyses statistiques :**

Tous les tests ont été effectués en triple. Les moyennes et les écarts types sont calculés avec Excel de Microsoft Office 2007. Les résultats de la composition chimique ont fait l'objet d'une analyse statistique (ANOVA à un facteur) avec comparaison multiple des moyennes (Test Fisher LSD).

Les résultats de dosages (polyphénols totaux solubles, flavonoïdes, tanins condensées et hydrolysables, protéines) ont fait l'objet d'une analyse de la variance (ANOVA) à plusieurs facteurs avec une comparaison multiple des moyennes (Test Fisher LSD) à l'aide de logiciel STATISTICA.

# RESULTATS ET DISCUSSIONS

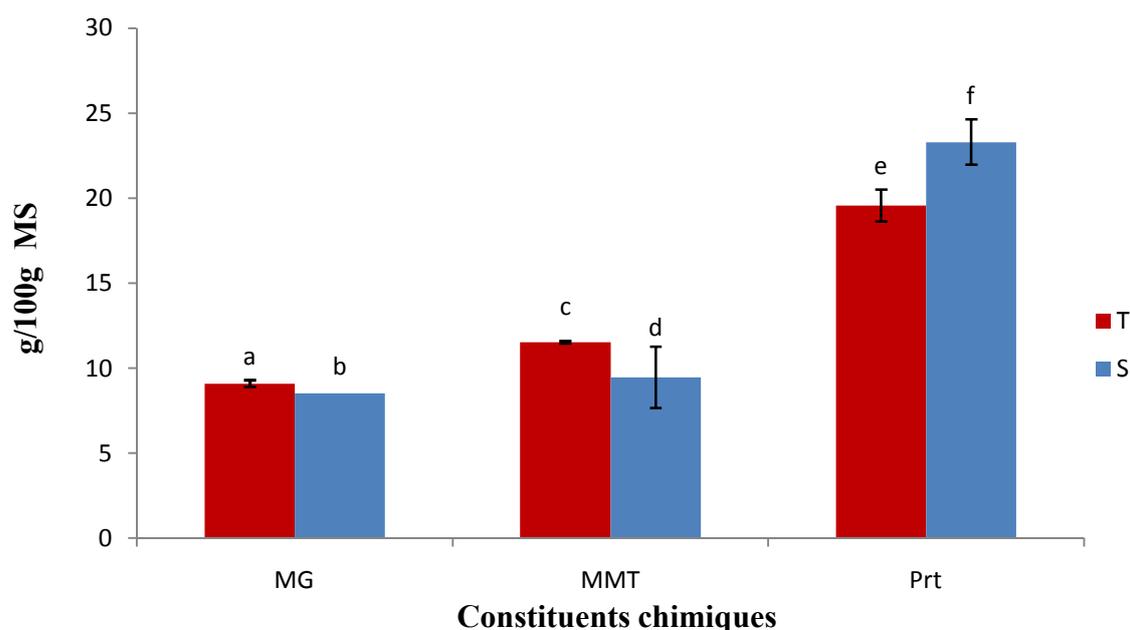


## II. Résultats et discussion :

### II.1.Composition chimique :

La composition chimique globale des poudres T et S de *Moringa oleifera* est illustrée par la figure 24.

La poudre T est plus riche ( $p < 0.05$ ) en matière minérale totale (11,54 %), contre pour la poudre S. La teneur en matière grasse est comprise entre 9,10% pour la poudre T et 8,52% pour la poudre S ( $p < 0.05$ ), la teneur en protéines est variée entre 19,56% à 23,31% ( $p < 0.05$ ).



**Figure 24 :** Composition chimique globale des poudres T et S de feuilles de *Moringa oleifera*.

### II.2.Teneur en composés phénoliques :

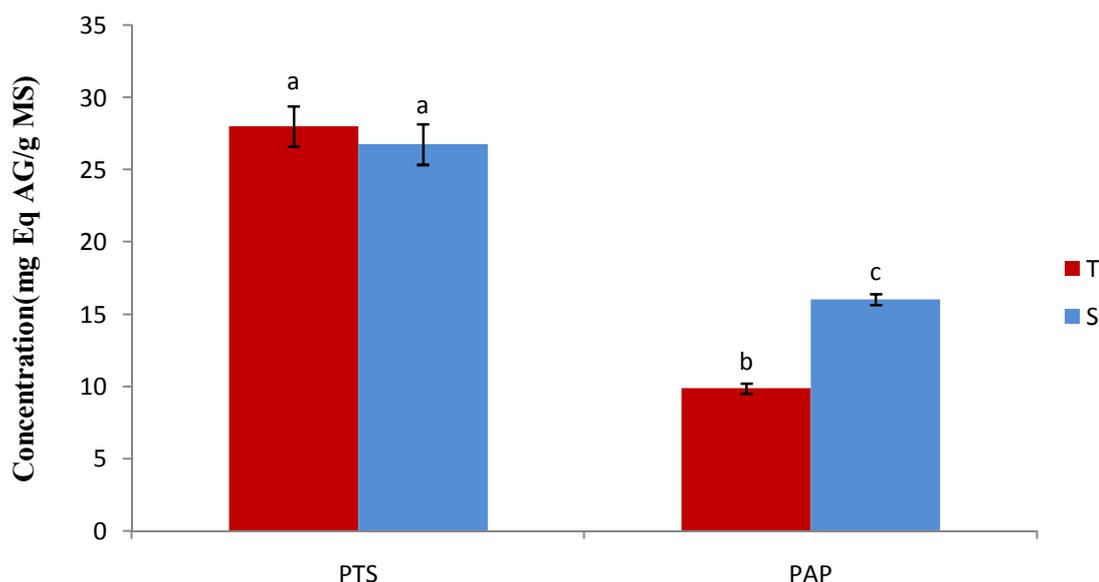
L'extraction a mis en jeu un facteur : le facteur échantillon (poudres S et T dilapidées) de feuilles de *Moringa oleifera*.

#### II.2.1.Teneur en phénols totaux :

Les résultats d'analyse statistique des phénols totaux solubles (**Annexe III**) ne montrent pas un effet significatif ( $P > 0.05$ ), les phénols attachés à la paroi montre un effet significatif ( $P < 0,05$ ) entre les deux poudres (T et S).

Les résultats du dosage des polyphénols totaux solubles et phénols attachés à la paroi des extraits de poudres T et S de feuilles de *Moringa oleifera* sont représentés dans la figure 25.

Les teneurs en PTS de nos deux échantillon sont similaires ( $P>0,05$ ) : 26,76 à 28,02 mg Eq AG/g MS. Les teneurs en phénols attachés à la paroi s'élèvent à 9,87(échantillon) et 16,05 mg Eq AG/g MS (échantillon S). Ainsi les phénols totaux solubles ne représentent que 62,5% (S) à 73, 95%(T) des phénols totaux.

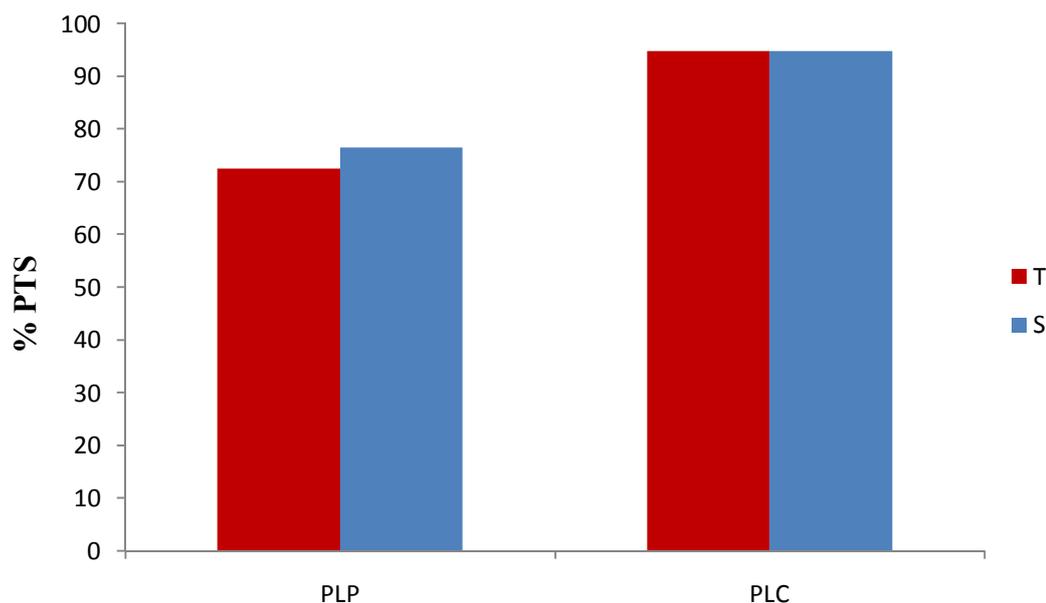


**Figure 25** : Teneurs en polyphénols totaux solubles et polyphénols attachés à la paroi des extraits de poudre T et S de feuilles de *Moringa oleifera*.

- Les valeurs portant des lettres différentes indiquent une différence significative ( $P<0,05$ ).

Les résultats d'analyse statistique des phénols non liés à la cellulose et les phénols non attachés à la protéine (**Annexe III**) ne montrent pas un effet significatif ( $P>0.05$ ) entre les deux poudres (T et S).

72,51% à 76,09% des PTS de T et S sont capables de se lier aux protéines. Les PTS de *Moringa oleifera* se caractérisent par une forte aptitude à se lier à la cellulose, ce pourcentage annoncé est 94,77%.



**Figure 26 :** Teneurs en polyphénols attachés à la protéine et polyphénols liés à la cellulose des extraits de poudre **T** et **S** de feuilles de *Moringa oleifera*.

### 1. Teneur en phénols polymérisés :

Les résultats d'analyse statistique des phénols polymérisés (**Annexe III**) montrent un effet significatif ( $P < 0.05$ ) entre les deux poudres (T et S).

Selon le schéma de Schevovic, les résultats d'analyse de poudre T et S des feuilles de *Moringa Oleifera* présente dans la figure 27, montrent clairement que les extraits de poudre **T** des feuilles de *Moringa Oleifera* qui permet la meilleure extraction, en tanins totaux avec une teneur de 0,25 mg Eq AG/g MS, suivi par les extraits de poudre **S** qui révèle la teneur la plus faible 0,15 mg Eq AG/g MS.

La figure 27 montre que la poudre T est plus riche ( $P < 0,05$ ) en phénols polymérisés : 0.25 contre 0,15 Eq AG/g MS.

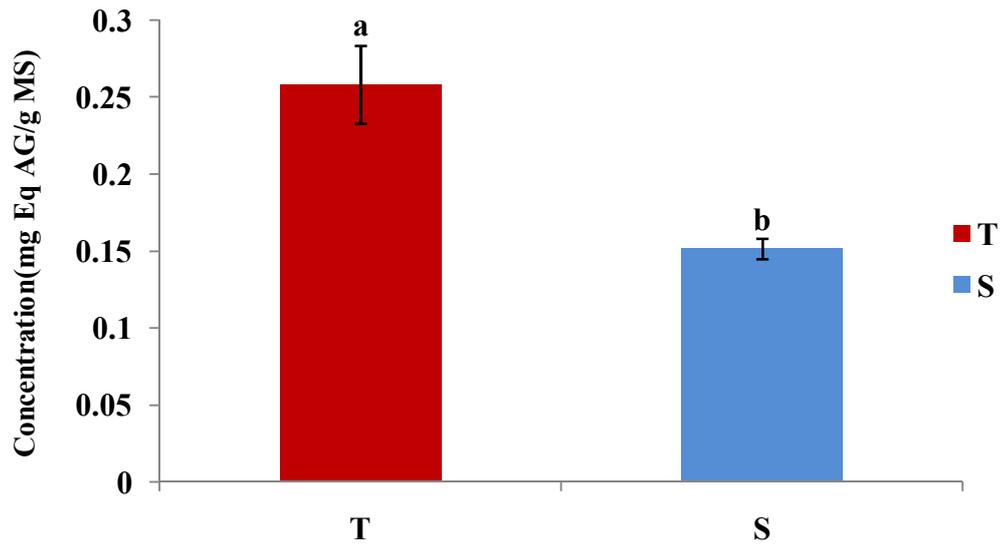


Figure 27 : Teneurs en polyphénols polymérisés des extraits de poudre T et S de feuilles de *Moringa oleifera*.

#### II.2.2. Teneur en flavonoïdes :

Les résultats d'analyse statistique des flavonoïdes (**Annexe III**) ne montrent pas un effet significatif ( $P > 0.05$ ) entre les deux poudres (T et S).

Les teneurs en flavonoïdes des extraits analysés sont indiquées dans la (figure 28).

D'après les résultats de la figure 28 : les deux échantillons affichent des teneurs similaires ( $P > 0,05$ ) en flavonoïdes : 0,24 et 0,22 mg Eq Q/g MS.

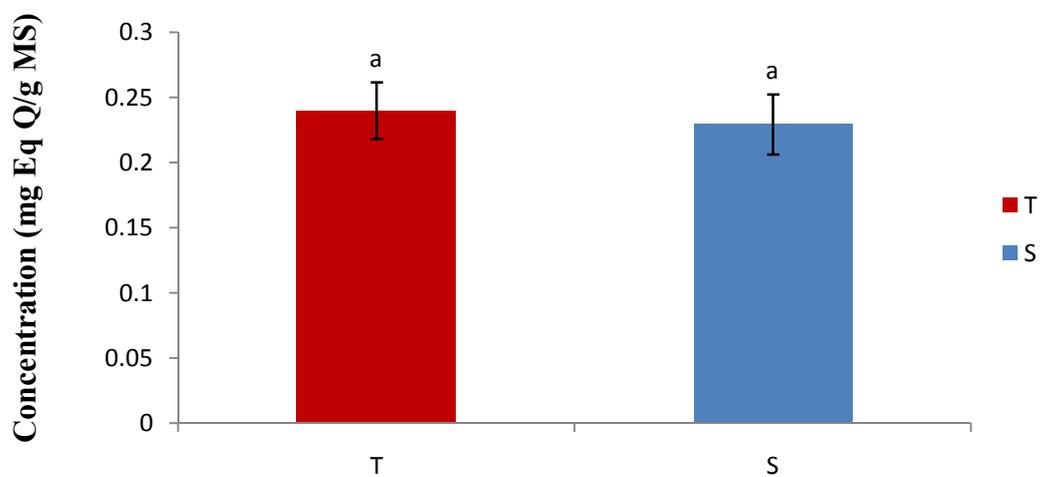


Figure 28 : Teneurs en flavonoïdes des extraits de poudre T et S des feuilles de *Moringa oleifera*.

- Les valeurs portant des mêmes lettres ne présentent pas une différence significative ( $P > 0,05$ ).

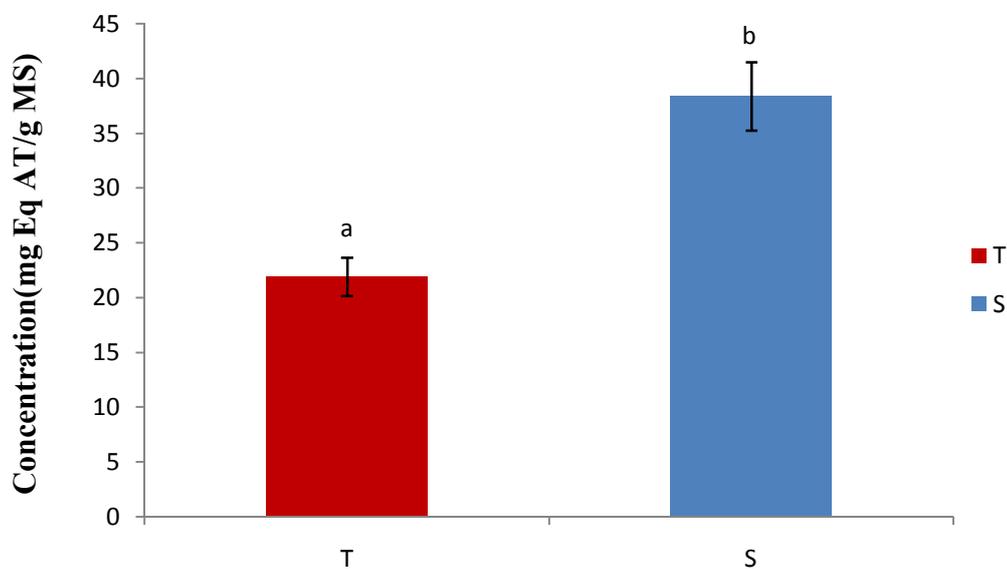
### II.2.3. La teneur en tanins :

La teneur en tanins totaux, exprimée en milligramme d'équivalent acide tannique par gramme de matière sèche.

#### a. Teneur en tanins hydrolysables :

Les résultats d'analyse statistique des tanins hydrolysables (**Annexe III**) montrent un effet significatif ( $P < 0,05$ ) entre les deux poudres (T et S).

La Figure 29 révèle que les extraits la poudre S affiche des valeurs très élevé en Tanins hydrolysables (38.38mg Eq AT/ g MS) que ceux de la poudre T (21.93mg Eq AT/ g MS).



**Figure 29** : Teneurs en tanins hydrolysables des extraits de poudre T et S des feuilles de *Moringa oleifera*.

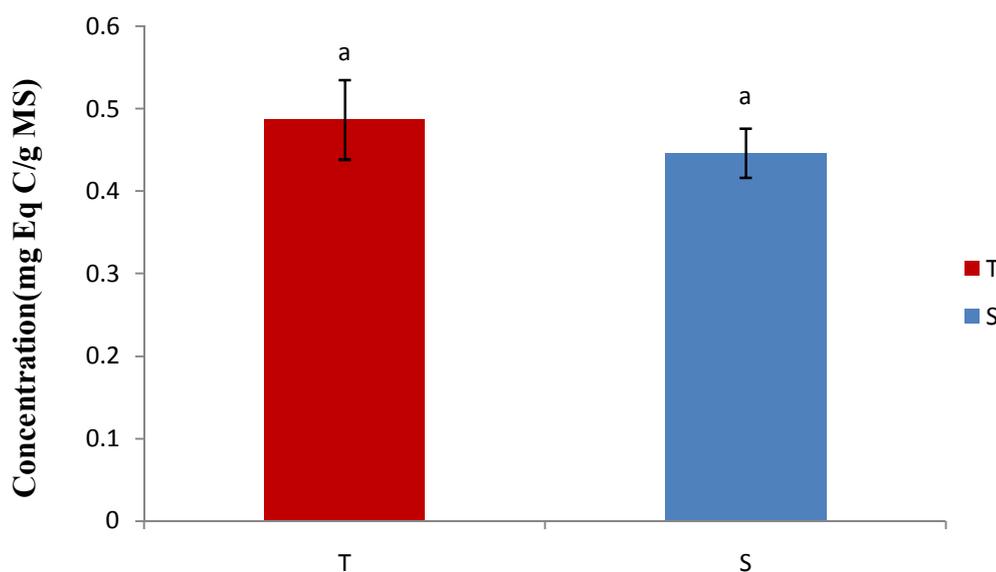
- Les valeurs portant des lettres différentes indiquent une différence significative ( $P < 0,05$ ).

**b. Teneur en tanins condensés :**

Les résultats d'analyse statistique des tanins condensés (**Annexe III**) ne montrent pas un effet significatif ( $P > 0.05$ ) entre les deux poudres (T et S).

Les teneurs en tannins condensés des extraits de poudre T et S de feuilles de *Moringa Oleifera* sont indiquées dans la figure 30 suivante :

Les teneurs varient de 0.48 mg Eq CAT/g MS pour les extraits de poudre T et de 0.44 mg Eq CAT/g MS pour les extraits de poudre S. nous déduisons que la poudre T et S sont presque en égalité de Tanins condensés



**Figure 30** : Teneurs en tanins condensés des extraits de poudre T et S de feuilles de *Moringa oleifera*.

**II.3. Mise en évidence de la présence d'autres métabolites secondaires :**

Les différents tests appliqués aux différents extraits ont révélé la présence d'autres métabolites secondaires : Saponines et Alcaloïdes (figure 31), Tanins et Terpènes (figure 32). Ces composés sont cependant différemment présents dans les extraits testés.

Le tableau III résume les résultats de mise en évidence de la présence d'autres métabolites secondaires dans nos extraits.

Nous notons (**Tableau III**) la présence des Saponines, Terpénoïdes, Alcaloïdes et Tanins dans tous les extraits à l'eau distillée de poudres T et S.

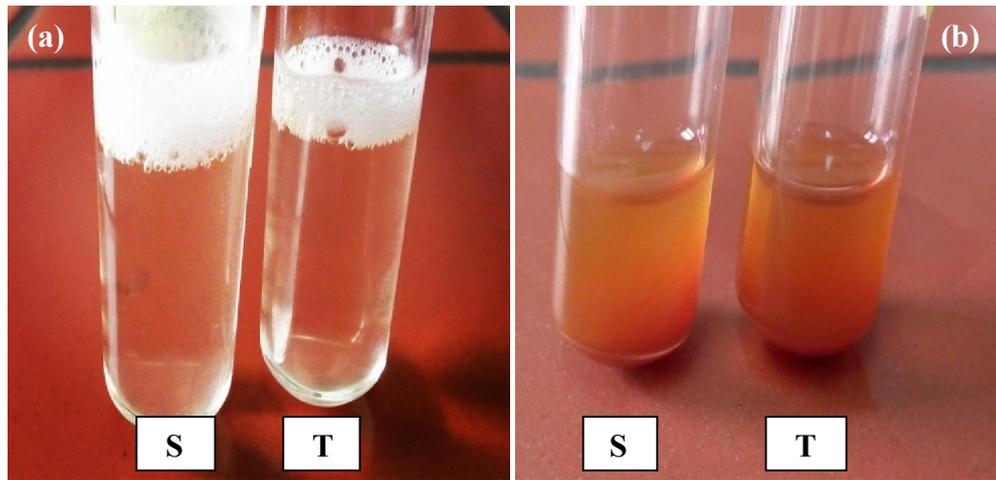
	<b>Poudre S</b>	<b>Poudre T</b>
<b>Saponines</b>	++	+
<b>Terpénoïdes</b>	++	+
<b>Alcaloïdes</b>	++	++
<b>Tanins</b>	++	++

**Tableau III** : Résultats de mise en évidence de Saponines, Terpénoïdes et Alcaloïdes et Tanins.

+ : présence de composé, ++ : présence en abondance.

L'apparition de mousse traduit la présence de saponines dans chacun des extraits (figure 31.a). Nous notons toute fois que la quantité de mousse est nettement plus importante dans l'extrait S.

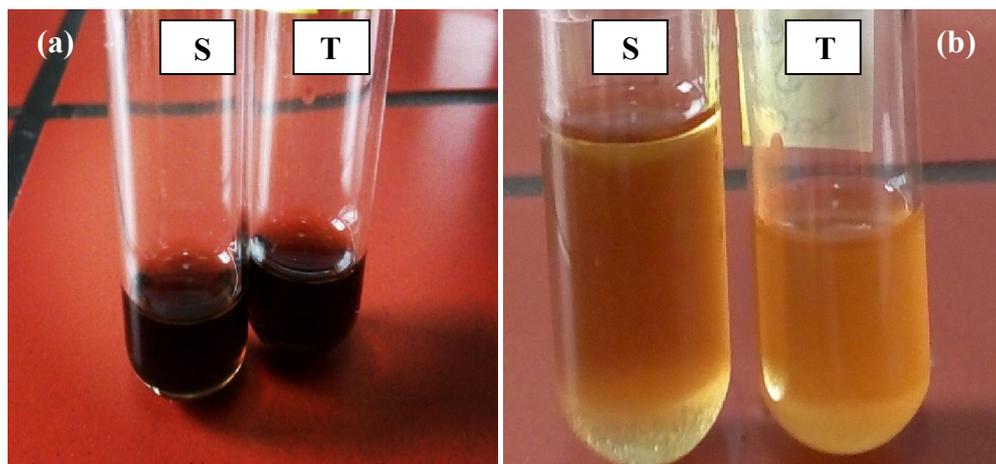
Nous observons la formation d'un précipité brun rouge au niveau de tous nos extraits (Figure 31.b).



**Figure 31** : Mise en évidence des Saponines (a) et des Alcaloïdes (b) dans les extraits de poudres des feuilles de *Moringa oleifera*.

L'Apparition d'une coloration vert foncé dans tous nos extraits (Figure 32.a) indique la présence des tanins catéchiques.

L'apparition d'un anneau brun rouge à l'interface est observée dans tous les extraits (Figure 32.b), traduisant ainsi la présence de Terpénoïdes solubilisés par notre solvant d'extraction (Eau distillée). Nous notons toute fois que l'apparition d'un anneau brun rouge est plus observée dans l'extrait S.



**Figure 32** : Mise en évidence des Tanins (a) et des Terpénoïdes (b) dans les extraits de poudres des feuilles de *Moringa oleifera*.

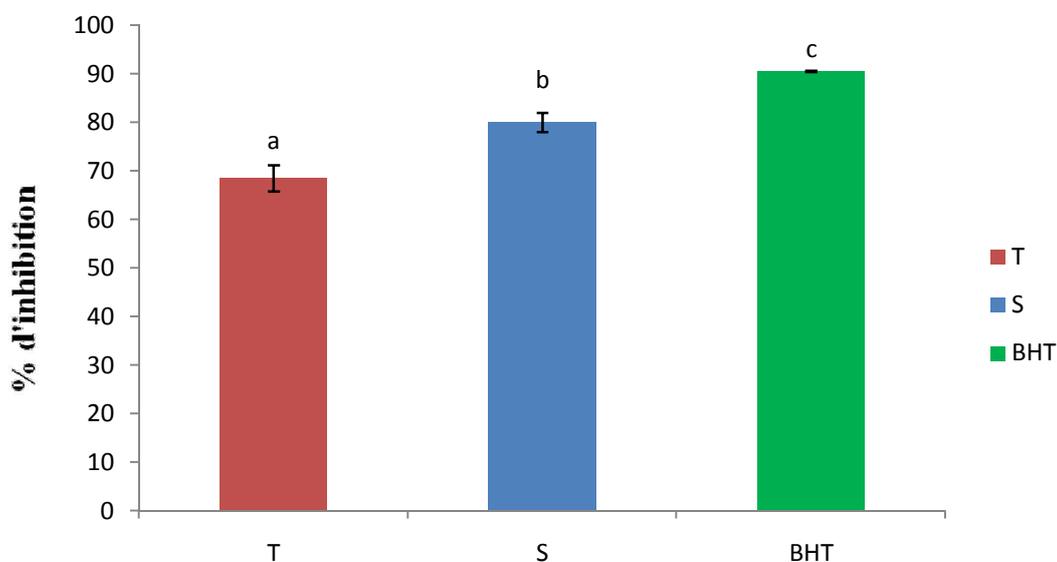
## II.4. Détermination de l'activité antioxydante :

### II.4.1. L'activité antiradicalaire du DPPH° :

La figure 33 témoigne l'activité anti radicalaire des extraits aqueux de *Moringa oleifera*.

L'analyse statistique de nos résultats révèle des différences d'activités significatives ( $p < 0.05$ ) entre les différentes substances testés. L'activité de l'extrait aqueux S (79,9% d'inhibition de DPPH) est supérieure ( $p < 0.05$ ) à celle de l'extrait T (68,5%).

Dans nos conditions expérimentales, les deux extraits aqueux manifestent une activité inférieure ( $p < 0.05$ ) à celle de BHT.

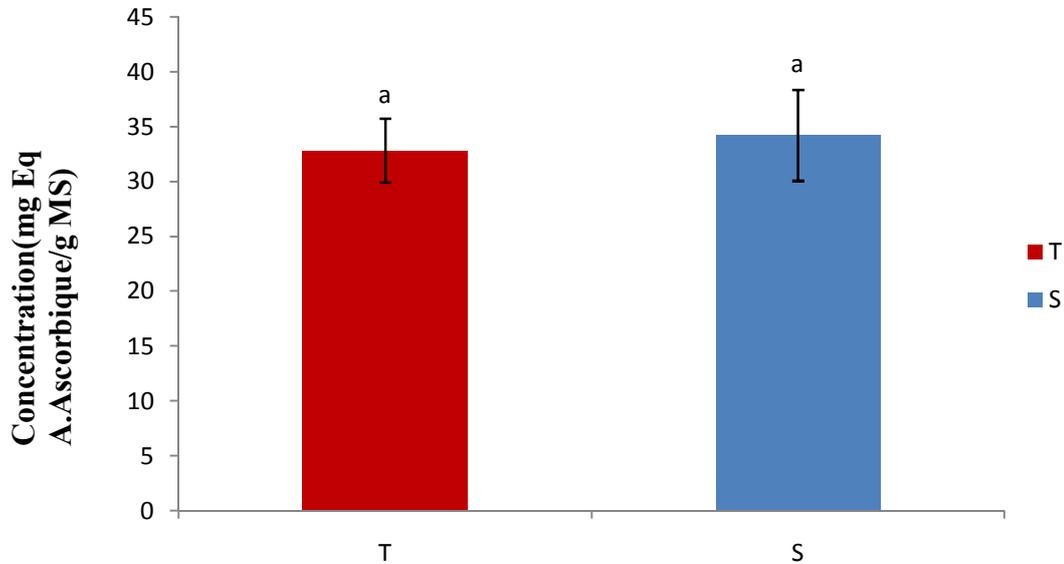


**Figure 33 :** Activité antiradicalaire du DPPH° des extraits de poudre T et S des feuilles de *Moringa oleifera*.

- Les valeurs portant des lettres différentes indiquent une différence significative ( $P < 0,05$ ).

#### II.4.2. Pouvoir réducteur :

L'analyse de nos données (figure 34) montre que les deux extraits aqueux sont dotés d'un pouvoir réducteur similaire ( $P > 0.05$  S).



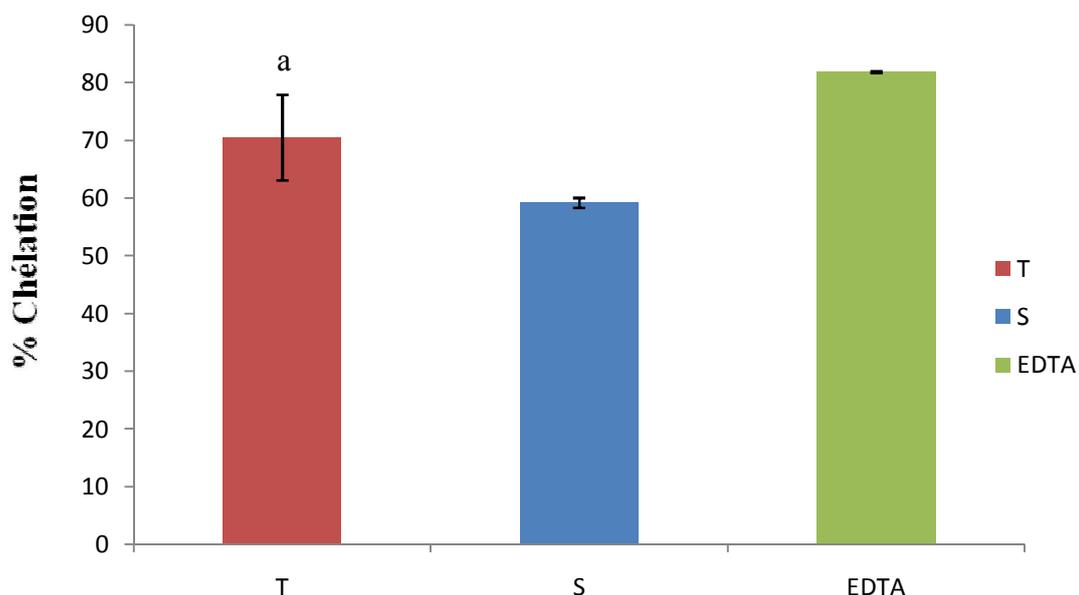
**Figure 34 :** Pouvoir réducteur des extraits de poudre T et S des feuilles de *Moringa oleifera*.

- Les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent pas une différence significative ( $P > 0,05$ ).

#### II.4.2. Chélation du fer ferreux :

Les résultats d'analyse statistique de pouvoir chélateur (**Annexe III**) ne montrent pas un effet significatif ( $P > 0.05$ ) entre les deux poudres (T et S).

La figure 35 présente les pourcentages du pouvoir chélateur des extraits de poudre T et S des feuilles de *Moringa oleifera*.



**Figure 35 :** Pouvoir chélateur des extraits de poudre **T** et **S** des feuilles de *Moringa oleifera*.

- Les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent pas une différence significative ( $P > 0,05$ ).

Le pouvoir de chélation de fer ferreux des deux extraits aqueux, illustré par la figure 30, est significativement plus faible ( $p < 0,05$ ) que celui de l'EDTA.

Le pouvoir de chélation des extraits aqueux T (70,55%) est similaires ( $P > 0,05$ ) à celui de S (59,21%).

## II.5. Discussion Générale :

Les deux poudres de feuilles de *Moringa oleifera* se caractérisent par une teneur en protéines brutes (19,56% et 23,3% de MS) notable et comparable aux données de **Sanchez-Machado et al., (2009)**. Les teneurs en matière grasses (8,5% et 9,1% de MS) et cendres brutes (9,45 et 11,54% de MS) s'intègrent dans l'intervalle des données rapportés par **Foidl et al., (2001)** ; **Abedalla, (2013)** ; **Tchiégang et Assatou, (2004)**. Les différences relevées entre les deux poudres S et T traduisaient une contamination de poussière durant le séchage mené dans des conditions différentes.

Les différents dosages réalisés sur les extraits aqueux indiquent la présence de différentes classes de composés phénoliques (Phénols Totaux, phénols attachés à la paroi, flavonoïdes et tannins...etc.). Les feuilles de *Moringa oleifera* sont communs pour être riches en ces composés ( **Kasolo et al., 2010** ; **Moyo et al., 2011** ; **Baba et al., 2015** ) .

La comparaison de nos résultats avec ceux de la littérature n'est pas facile en raisons de l'influence de divers facteurs liés à la plante elle-même, aux conditions climatiques et environnementales, conservation des échantillons et les conditions d'extraction et de dosage (**Avallone et al., 1997** ; **Hristov et al., 2013**).

Les teneurs en PTS et flavonoïdes révélées par nos dosages s'accordent avec les résultats de **Sreelatha et Padma,(2009)**, Pour les PTS et **Bhat et al.,(2015)** et **Charoensin ,(2014)** pour les flavonoïdes . Nos données ont montrés que seuls à 73, 95% des phénols totaux sont solubilisés par l'eau distillée, le reste est lié à la paroi cellulaire qu'une attaque à la sonde (**Sreelatha et Padma, 2009**) rend disponible. D'autres part nous avons mis en évidence l'aptitude des phénols totaux solubilisés a se lié à des macromolécules (94,77 % à la cellulose et 76,09 % aux protéines). De telles propriétés des composés phénoliques sont largement rapportées par la littérature (**Meneghel et al., 2013**).

D'autres métabolites secondaires saponines, Terpenoïdes et Alcaloïdes) sont également solubilisés par l'eau distillée et se trouvent dans les extraits aqueux. Nos résultats s'accordent avec ceux de différents auteurs (**Aziman et al., 2012** ; **Kpemissi et Amana, 2007** ; **Yadav et Agarwala , 2011**).

L'activité antioxydante des extraits (inhibition de DPPH, pouvoir réducteur et chélation de fer) des deux poudres de feuilles de *Moringa oleifera* est en accord avec les données des différents auteurs (**Nisha et al., 2009** ; **Wang et al., 2009**).

*Moringa Oleifera* est en effet connue pour son pouvoir antioxydant et son intérêt dans la lutte contre les radicaux libres (Dell'Agli *et al.*, 2004 ; Sumathy *et al.*, 2013) . Cette vertue est attribuée l'apport de composés phénoliques par les feuilles de *Moringa oleifera*.

Nous avons relevé des différences de teneur en composés phénolique et d'activité antioxydante entre les deux extraits aqueux.

Les conditions de séchage et de conservation des deux échantillons seraient à l'origine de cette variabilité de teneur en composés phénoliques et activité antioxydante (Levizou *et al.*, 2004). Ont montré en effet que l'activité antioxydante dépend de la teneur en composés phénoliques des échantillons et de la position et du nombre de groupement hydroxylé.

# CONCLUSION



### Conclusion :

Cette étude a fait l'objet d'évaluer deux poudres des feuilles de *Moringa oleifera* qui diffère l'une de l'autre par leur conditions de séchage et stockages. Cette étude nous a permis d'évaluer d'une part la composition chimique globale et d'autre part la teneur en composés phénoliques des deux poudres (T et S), ainsi qu'une mise en évidence de la présence d'autres métabolites secondaires et une évaluation de l'activité antioxydante des extraits des deux poudres citer.

Les feuilles de *Moringa oleifera* sont de bonne qualité nutritionnelle. Les deux poudre (T et S) de ces feuilles se caractérisent par une richesse en cendre (11,54 et 9,45g/100g MS), matière grasse (9,10 et 8,52g/100g MS), et en protéines brutes (19,56 et 23,31g/100g MS).

Les différents dosages réalisés sur les deux poudre(T et S)de feuilles de *Moringa oleifera* ont révélée la présence de nombreuses fractions de composés phénoliques ,phénols totaux solubles (28,02 et 26,76 mg Eq AG/g Ech),phénols attachés à la paroi(9,87 et 16,05 mg Eq AG/g Ech),phénols non liées à la cellulose (1,47 et 1,40 mg Eq AG/g Ech),phénols non liées à la protéine(7,70 et 6,28 mg Eq AG/g Ech),phénols polymérisés(0,25 et 0,15 mg EAG/g Ech),flavonoïdes(0.24 et 0.22 mg EQ/g Ech),les tanins hydrolysables ( 21.93 et 38.38 mg EAT/g Ech) ,et tanins condensés (0.48 et 0.44 mg ECAT/g Ech) .

D'autres métabolites secondaires (saponines, des tanins, des alcaloïdes et des terpénoides) sont solubilisés et se retrouvent dans des extraits aqueux.

Les deux extraits aqueux des deux poudres (T et S) manifestent une activité antioxydante évaluée par le test du DPPH (68.50% et 79.93%), et pouvoir réducteur (32,82% et 34,20%), et la chélation de fer (70.55% et59.21%). Ces résultats sont satisfaisants et entrent dans l'intervalle apporté par plusieurs auteurs. D'après les résultats de l'étude statistique on peut dire que les extraits de poudres (T et S)marque une différence d'activité anti radicalaire de DPPH°entre eux ,et un un similaire pouvoir réducteur et chélation de fer.

Cette étude montre que les feuilles de *Moringa oleifera* peuvent être considérées comme une source d'antioxydants naturels pour l'utilisation médicinale. Et pour obtenir une vue précise sur l'activité antioxydante de la plante, une étude *in vivo* est souhaitable pour vérifier l'efficacité de ces composés dans l'organisme et démontrer la possibilité et le mode de son utilisation thérapeutique. Et pour un bon rendement il est souhaitable de

poursuivre ce travail pour déterminer les conditions idéales de séchage et de conservation des feuilles de *Moringa oleifera* à leur récolte.

# **Annexes**

## Annexe I

Tableau I : Annexes des préparations des solutions.

Solutions	Réactifs
<b>Folin ciocalteau 1/10</b>	10 ml de Folin ciocalteau à +90ml d'eau distillée
<b>Tampon Acétate (0,2M acide acétique et 0,17M NaCl)</b>	11.4 ml D'acide acétique +9.86 g NaCl +800ml eau distillé le pH est ajusté à 4.9 avec NaOH (4N) le volume est ajusté à 1L avec l'eau distillée.
<b>HCl (0,01M)</b>	0.085ml d'HCl 36% est ajusté à 1litre avec d'eau distillée.
<b>BSA</b>	2mg de BSA dans 1ml du tampon acétate.
<b>Solution SDS /TEA</b>	-50ml Triéthanolamine + 10g SDS ajuste à 1 L avec l'eau distillée.
<b>Carbonate de sodium 75g/l</b>	Dissoudre 7.5g de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dans 100 ml d'eau distillé
<b>Ferrozines 5mM</b>	0,123g ferrozines dans 50 ml d'eau distillé.
<b>FeCl<sub>2</sub> à 2mM</b>	0,025g de FeCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O dans 100ml d'eau distillé
<b>Solution DPPH (65µM/l)</b>	0,0024 g DPPH dans 100 ml méthanol pur.
<b>Ferricyanure de potassium (K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>)1%</b>	1g de K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> dans 100ml d'eau .
<b>Tampon phosphate (0.2M, PH 6.75)</b>	-0.86g de KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (acide) dans 100ml d'eau distillée -0.87g de K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (basique) dans 100 ml d'eau distillée La solution est ajustée jusqu'à l'obtention d'un PH6.75
<b>Acide trichloracétique(TCA) 10%</b>	10g de TCA dans 100ml d'eau distillée.
<b>Chlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub>) à 0,1%</b>	0.1g de FeCl <sub>3</sub> dans 100 ml d'eau distillée.
<b>Acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) à 0.255N</b>	7ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 96-98% ajustés à 1000ml avec l'eau distillée.

<b>Vanilline a 5.8 % (P/V)</b>	5.8g de vanilline dans 100ml de méthanol.
<b>HCl 24%</b>	24ml d'HCl concentré ajusté à 100 ml avec du méthanol.
<b>Réactif vanilline HCl</b>	Ça préparation est faite juste avant utilisation en mélangeant à volume équivalant la solution de vanilline à 5,8% et la solution d'HCl 24%. .
<b>Réactif de Bouchardat</b>	2g d'iode bisublimé (I <sub>2</sub> ) + 2 g de KI dans 100ml d'eau distillée.
<b>Méthanol 80%</b>	100ml du méthanol pure + 28.59 ml d'eau distillée.
<b>Solution de chlorure d'aluminium (6H<sub>2</sub>O) a 2%</b>	2g AlCl <sub>3</sub> (6H <sub>2</sub> O) ajusté à 100 ml du méthanol. 100%.
<b>Solution de NaOH 1N</b>	NaOH ajusté a 100 ml d'eau distillée.
<b>Chlorure ferrique (Fe Cl<sub>3</sub>) à 2%</b>	2g (Fe Cl <sub>3</sub> ) dans 100ml l'eau distillée.
<b>EDTA (33µg/ml)</b>	33µg dans un 1ml d'eau distillée.
<b>Acide ascorbique</b>	0.005965g dans un 1 ml méthanol 100% 0.0096125g dans un 1ml méthanol 100%
<b>BHT</b>	25 µg dans 100ml d'eau distillé.

## Annexe II

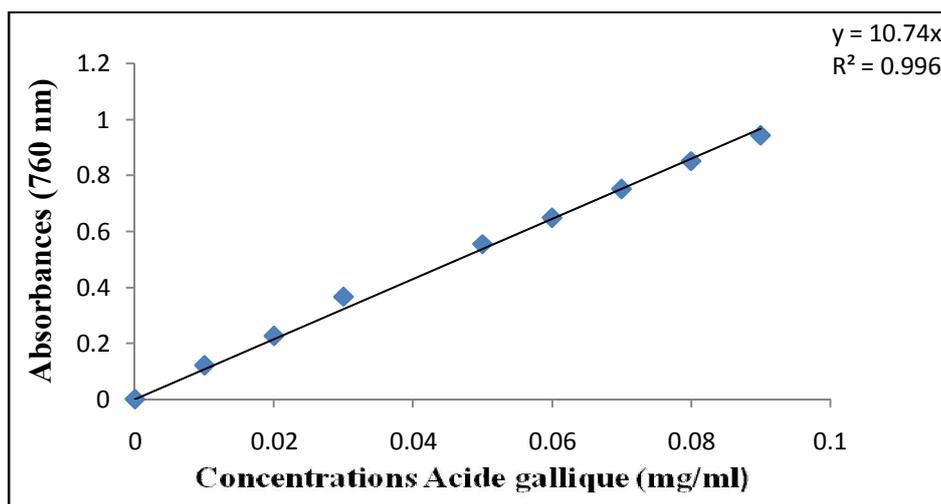


Figure 1 : Courbe d'étalonnage de dosage des polyphénols.

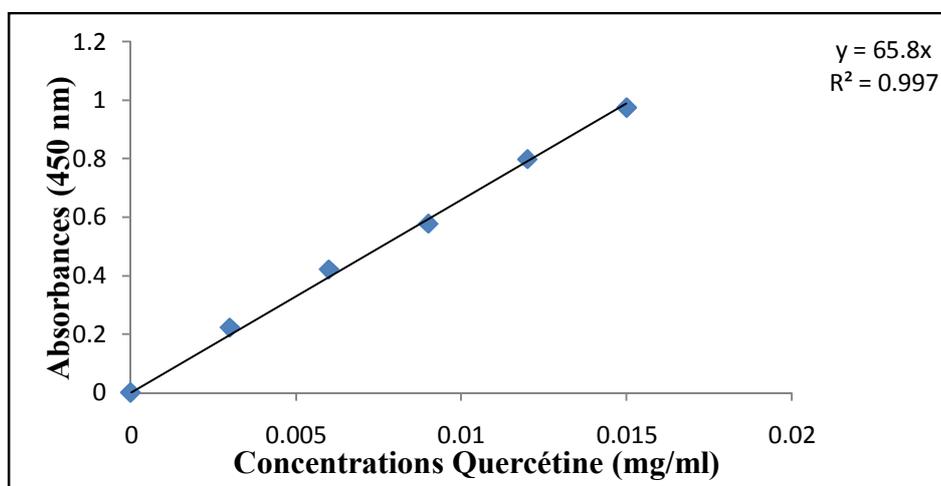


Figure 2 : Courbe d'étalonnage de dosage des flavonoïdes.

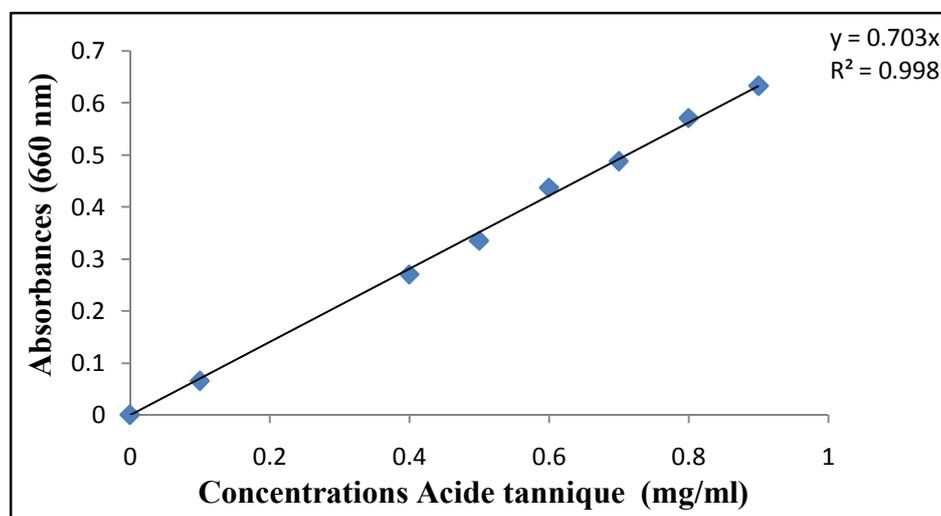


Figure 3 : Courbe d'étalonnage de dosage des tanins hydrolysables.

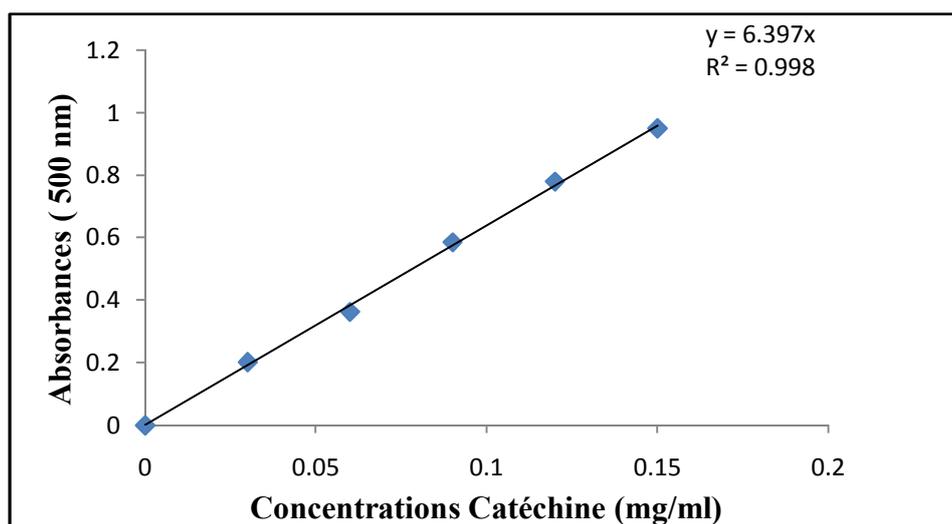


Figure 4 : Courbe d'étalonnage des tanins condensés.

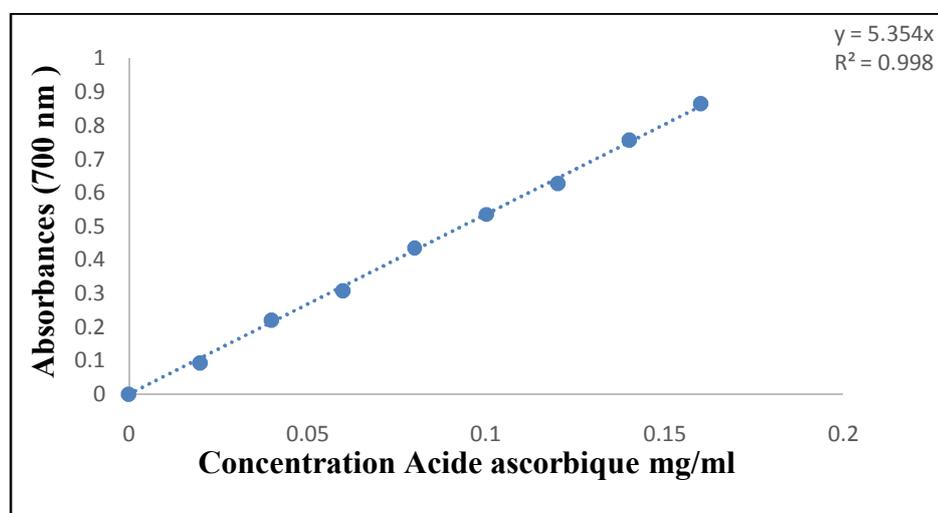


Figure 5 : Courbe d'étalonnage de pouvoir réducteur.

## Annexe III

**Résultats des analyses statistiques de PTS, PAP, PNLC, PNAP, PP, TC, TH, Flav, DPPH, PR et PCH par le logiciel STATISTICA :**

**PTS:**

ONE-WAY AOV FOR PTS BY ECHANTILL

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
BETWEEN	1	2.35885	2.35885	0.51	0.5127
WITHIN	4	18.3265	4.58163		
TOTAL	5	20.6853			

LSD (T) COMPARISON OF MEANS OF PTS BY ECHANTILL

HOMOGENEOUS  
ECHANTILL MEAN GROUPS

T	MEAN	GROUPS
T	28.022	I
S	26.768	I

THERE ARE NO SIGNIFICANT PAIRWISE DIFFERENCES AMONG THE MEANS

**PAP:**

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
BETWEEN	1	57.2272	57.2272	136.25	0.0003
WITHIN	4	1.68011	0.42003		
TOTAL	5	58.9073			

LSD (T) COMPARISON OF MEANS OF PAP BY ECHANTILL

HOMOGENEOUS  
ECHANTILL MEAN GROUPS

S	MEAN	GROUPS
S	16.056	I
T	9.8794	.I

ALL 2 MEANS ARE SIGNIFICANTLY DIFFERENT FROM ONE ANOTHER.

**PNLC :**

ONE-WAY AOV FOR PNLC BY ECHANTILL

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
BETWEEN	1	0.00769	0.00769	0.48	0.5286
WITHIN	4	0.06477	0.01619		
TOTAL	5	0.07246			

LSD (T) COMPARISON OF MEANS OF PNLC BY ECHANTILL

HOMOGENEOUS  
ECHANTILL MEAN GROUPS

-----  
T 1.4795 I  
S 1.4079 I

THERE ARE NO SIGNIFICANT PAIRWISE DIFFERENCES AMONG THE MEANS

**PNLP :**

ONE-WAY AOV FOR PNLP BY ECHANTILL

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
BETWEEN	1	0.04260	0.04260	0.08	0.7942
WITHIN	4	2.19241	0.54810		
TOTAL	5	2.23501			

LSD (T) COMPARISON OF MEANS OF PNLP BY ECHANTILL

HOMOGENEOUS  
ECHANTILL MEAN GROUPS

-----  
S 7.8733 I  
T 7.7048 I

THERE ARE NO SIGNIFICANT PAIRWISE DIFFERENCES AMONG THE MEANS.

**PP:**

ONE-WAY AOV FOR PP BY ECHANTILL

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
BETWEEN	1	0.01138	0.01138	33.29	0.0288
WITHIN	2	6.836E-04	3.418E-04		
TOTAL	3	0.01206			

LSD (T) COMPARISON OF MEANS OF PP BY ECHANTILL

HOMOGENEOUS  
ECHANTILL MEAN GROUPS

-----  
T 0.2582 I  
S 0.1515 .. I

ALL 2 MEANS ARE SIGNIFICANTLY DIFFERENT FROM ONE ANOTHER.

**Flav:**

ONE-WAY AOV FOR FLAV BY ECHANTILL

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
BETWEEN	1	1.678E-04	1.678E-04	0.34	0.5926
WITHIN	4	0.00199	4.979E-04		
TOTAL	5	0.00216			

LSD (T) COMPARISON OF MEANS OF FLAV BY ECHANTILL

HOMOGENEOUS		
ECHANTILL	MEAN	GROUPS
T	0.2403	I
S	0.2297	I

THERE ARE NO SIGNIFICANT PAIRWISE DIFFERENCES AMONG THE MEANS.

**TC:**

ONE-WAY AOV FOR TC BY ECHANTILL

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
BETWEEN	1	0.00248	0.00248	1.54	0.2825
WITHIN	4	0.00644	0.00161		
TOTAL	5	0.00892			

LSD (T) COMPARISON OF MEANS OF TC BY ECHANTILL

HOMOGENEOUS		
ECHANTILL	MEAN	GROUPS
T	0.4868	I
S	0.4462	I

THERE ARE NO SIGNIFICANT PAIRWISE DIFFERENCES AMONG THE MEANS.

**TH:**

ONE-WAY AOV FOR TH BY ECHANTILL

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
BETWEEN	1	405.544	405.544	63.11	0.0014
WITHIN	4	25.7050	6.42626		
TOTAL	5	431.249			

LSD (T) COMPARISON OF MEANS OF TH BY ECHANTILL

HOMOGENEOUS		
ECHANTILL	MEAN	GROUPS
S	38.381	I
T	21.938	.. I

ALL 2 MEANS ARE SIGNIFICANTLY DIFFERENT FROM ONE ANOTHER

**DPPH:**

ONE-WAY AOV FOR DPPH BY ECHANTILL

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
BETWEEN	1	196.130	196.130	35.33	0.0040
WITHIN	4	22.2077	5.55193		
TOTAL	5	218.338			

LSD (T) COMPARISON OF MEANS OF DPPH BY ECHANTILL

HOMOGENEOUS		
ECHANTILL	MEAN	GROUPS
S	79.935	I
T	68.501	.. I

ALL 2 MEANS ARE SIGNIFICANTLY DIFFERENT FROM ONE ANOTHER.

**PR:**

ONE-WAY AOV FOR PR BY ECHANTILL

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
BETWEEN	1	3.57260	3.57260	0.28	0.6233
WITHIN	4	50.6011	12.6503		
TOTAL	5	54.1737			

LSD (T) COMPARISON OF MEANS OF PR BY ECHANTILL

HOMOGENEOUS		
ECHANTILL	MEAN	GROUPS
S	34.372	I
T	32.829	I

THERE ARE NO SIGNIFICANT PAIRWISE DIFFERENCES AMONG THE MEANS.

**PCH:**

ONE-WAY AOV FOR PCH BY ECHANTILL

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
BETWEEN	1	128.461	128.461	3.36	0.2084
WITHIN	2	76.5160	38.2580		
TOTAL	3	204.977			

LSD (T) COMPARISON OF MEANS OF PCH BY ECHANTILL

HOMOGENEOUS		
ECHANTILL	MEAN	GROUPS
T	70.553	I
S	59.219	I

THERE ARE NO SIGNIFICANT PAIRWISE DIFFERENCES AMONG THE MEANS.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES





- Abdallah, E. M. (2016).** "Antibacterial properties of leaf extracts of *Moringa oleifera* Lam. Growing in Sudan." *Journal of Advances in Medical and Pharmaceutical Sciences*, 5(1), 1-5.
- Abrogoua, D. P., Dano, D. S., Manda, P., Adepo, A. J.-B., Kablan, B. J., Goze, N. B., and Ehoulé, K. (2012).** "Effect on blood pressure of a dietary supplement containing traditional medicinal plants of Côte d'Ivoire." *Journal of ethnopharmacology*, 141(3), 840-847.
- Agarwal, A., and Prabakaran, S. A. (2005).** "Mechanism, measurement, and prevention of oxidative stress in male reproductive physiology."
- Aguilera-Carbo, A., Augur, C., Prado-Barragan, L. A., Favela-Torres, E., and Aguilar, C. N. (2008).** "Microbial production of ellagic acid and biodegradation of ellagitannins." *Applied microbiology and biotechnology*, 78(2), 189-199.
- Akouwah, G., Zhari, I., Norhayati, I., and Sadikun, A. (2005).** "Radical Scavenging Activity of Methanol Leaf Extracts of *Orthosiphon stamineus*." *Pharmaceutical Biology*, 42(8), 629-635.
- Allane, T., and Benamara, S. (2010).** "Activités antioxydantes de quelques fruits communs et sauvages d'Algérie." *Phytothérapie*, 8(3), 171-175.
- Andrade, P., Ferreres, F., Gil, M. I., and Tomás-Barberán, F. A. (1997).** "Determination of phenolic compounds in honeys with different floral origin by capillary zone electrophoresis." *Food Chemistry*, 60(1), 79-84.
- AOAC, (1998).** Official methods of analysis. Washington, DC. USA: Association of Official Analytical Chemists. 16th ed, 4th revision.
- Arous, S. (2014).** Etude phytochimique et évaluation de l'activité antiradicalaire des extraits de *Fredolia aretioides*.
- ATAKPAMA, W., KPNOR, E. G. E., KANDA, M., DOURMA, M., M'tékounm, N., BATAWILA, K., and AKPAGANA, K. (2014).** "*Moringa oleifera* Lamarck (Moringaceae): une ressource phytogénétique à usage multiple." *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 2(1).
- Aufrere, J., Theodoridou, K., and Baumont, R. (2012).** "Valeur alimentaire pour les ruminants des légumineuses contenant des tannins condensés en milieux tempérés." *Productions Animales*, 25(1), 29.
- Aurousseau, B. (2002).** "Les radicaux libres dans l'organisme des animaux d'élevage: conséquences sur la reproduction, la physiologie et la qualité de leurs produits." *Productions Animales*, 15(1), 67-82.

## Références bibliographiques

---

**Avallone, R., Plessi, M., Baraldi, M., and Monzani, A. (1997).** "Determination of chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua*): protein, fat, carbohydrates, and tannins." *Journal of Food Composition and Analysis*, 10(2), 166-172.

**Aziman, N., Abdullah, N., Noor, Z. M., Zulkifli, K. S., and Kamarudin, W. S. S. W. (2012).** "Phytochemical constituents and in vitro bioactivity of ethanolic aromatic herb extracts." *Sains Malaysiana*, 41(11), 1437-1444.

## B

**Baba, M. D., Yakubu, G., Yelwa, J. M., and Haruna, L. (2015).** "Costs and Returns of Moringa (*Moringa oleifera*) Production in Zuru Local Government Area of Kebbi State, Nigeria." *New York Science Journal*, 8(1), 36-40.

**Badeau, M. (2006).** Effets d'un antioxydant, le tempol, sur les actions métaboliques et vasculaires de l'insuline chez le rat insulino-résistant avec un surplus de poids. Effets de l'insuline sur le transport du glucose dans le muscle squelettique, la réactivité vasculaire, l'expression des protéines eNOS, le stress oxydatif et les effets hémodynamiques régionaux, Université Laval.

**Bahri-Sahloul, R., Ammar, S., Fredj, R., Saguem, S., Grec, S., Trotin, F., and Skhiri, F. (2009).** "Polyphenol contents and antioxidant activities of extracts from flowers of two *Crataegus azarolus* L. varieties." *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 12(9), 660.

**Balasundram, N., Sundram, K., and Samman, S. (2006).** "Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses." *Food Chemistry*, 99(1), 191-203.

**Barbehenn, R. V., Jones, C. P., Hagerman, A. E., Karonen, M., and Salminen, J.-P. (2006).** "Ellagitannins have greater oxidative activities than condensed tannins and galloyl glucoses at high pH: potential impact on caterpillars." *Journal of chemical ecology*, 32(10), 2253-2267.

**Basli, A., Chibane, M., Madani, K., and Oukil, N. (2012).** "Activité antibactérienne des polyphénols extraits d'une plante médicinale de la flore d'Algérie: *Origanum glandulosum* Desf." *Phytothérapie*, 10(1), 2-9.

**BATIONO, F., SAVADOGO, A., KABORE, D., OUATTARA, L., OUEDRAOGO, H. G., SAVADOGO, B., and TRAORE, A. (2015).** "Storage influence on beta-carotene and alpha-tocopherol contents of solar-dried *Spirulina platensis* (*Spirulina*)." *African Journal of Food Science*, 9(12), 546-554.

**Baudin, B. (2006).** "Oxidative stress and cardiovascular pathology." *MT Cardio*, 2(1), 43-52.

**Benkrief, R. (1990).** Inventaire ethnobotanique des plantes médicinales de l'Est algérien: étude chimique de " *Hammada articulata*" (Moquin) Iljin ssp. *scoparia* Pomel. Etude chimique de 3 plantes néo-calédonniennes à monoterpénoïdes, Paris 5.

## Références bibliographiques

---

- BELABBASSI, O. (2012).** Etude de l'effet de la polyploïdisation sur la teneur en hyoscyamine des chevelus racinaires de *Datura stramonium* L.
- Bénard, J., Moreau, J., Lelong, P., and Herenguel, J. (1964).** L'oxydation des métaux: Gauthier-Villars Paris.
- Berger, M., and Que, Y. (2009).** "Traitement nutritionnel du grand brûlé." *Réanimation*, 18(8), 694-701.
- Bernatova, I., Kopincova, J., and Puzserova, A. (2010).** "Chronic stress deteriorated nitric oxide production in Wistar rats exposed to a low dose of L-NAME." *Act Nerv Super Rediviva*, 52(3), 200-205.
- BESSAOUD, S. (2015).** Evaluation de quelques paramètres de la balance oxydants/antioxydants chez des rats diabétiques recevant de la quercétine.
- Bhat, A., Dasan, Y., and Khan, I. (2015).** "Extraction of Lignin from Biomass for Biodiesel Production", *Agricultural Biomass Based Potential Materials*. Springer, pp. 155-179.
- Block, E. L. (1992).** "See how they read: Comprehension monitoring of L1 and L2 readers." *Tesol quarterly*, 319-343.
- Bors, W., Michel, C., and Stettmaier, K. (1997).** "Antioxidant effects of flavonoids." *Biofactors*, 6(4), 399-402.
- Bouabdallah, A. (2014).** Evaluation de l'activité antioxydante des feuilles d'olivier sauvage (*Olea europea sylvestris*).
- Bourgou, S., Ksouri, R., Bellila, A., Skandrani, I., Falleh, H., and Marzouk, B. (2008).** "Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa* L. shoots and roots." *Comptes Rendus Biologies*, 331(1), 48-55.
- Brand-Williams, W.(1995).** Activités antioxydante et antiradicalaire de composés phénoliques et d'extraits végétaux en systèmes modèles et en cuisson-extrusion.
- Brianceau, S. n. (2015).** Vers une amélioration quantitative et qualitative de l'extraction des composés phénoliques du marc de raisin rouge à l'aide d'électrotechnologies, Compiègne.
- Bucić-Kojić, A., Planinić, M., Tomas, S., Bilić, M., and Velić, D. (2007).** "Study of solid–liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds." *Journal of Food Engineering*, 81(1), 236-242.
- Bukar, A., Uba, A., and Oyeyi, T. (2010).** "Antimicrobial profile of *Moringa oleifera* Lam. extracts against some food–borne microorganisms." *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 3(1).

C

- Carvalho, O., Botelho, C., Ferreira, C., Ferreira, H., Santos, M., Diaz, M., Oliveira, T., Soares-Martins, J., Almeida, M., and Júnior, A. S. (2013).** "In vitro inhibition of canine distemper virus by flavonoids and phenolic acids: implications of structural differences for antiviral design." *Research in veterinary science*, 95(2), 717-724.
- Charoensin, S. (2014).** "Antioxidant and anticancer activities of *Moringa oleifera* leaves." *Journal of Medicinal Plants Research*, 8(7), 318-325.
- Choi, C.-W., Vanhatalo, A., Ahvenjärvi, S., and Huhtanen, P. (2002).** "Effects of several protein supplements on flow of soluble non-ammonia nitrogen from the forestomach and milk production in dairy cows." *Animal feed science and technology*, 102(1), 15-33.
- Choi, E.-J., and Kim, E.-K. (2015).** "Antioxidation, physicochemical, and sensory characteristics of sulgiduck fortified with water extracts from *Moringa oleifera* leaf." *Korean journal of food and cookery science*, 31(3), 335-343.
- COLIN, J.-P. (2008).** "Sénescence et stratégie d'allocation des caroténoïdes chez le diamant mandarin, *Taeniopygia guttata*."
- Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E., and García-Villanova, B. (2011).** "Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia." *Food research international*, 44(7), 2047-2053.

D

- Dao, M., Sanou, J., and Pare, S. (2016).** "Maraichage urbain et semi-urbain de *Moringa oleifera* Lam. par des associations de femmes au Burkina Faso: contraintes et opportunités." [VertigO] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, 16(1).
- De Freitas, V., Carvalho, E., and Mateus, N. (2003).** "Study of carbohydrate influence on protein-tannin aggregation by nephelometry." *Food Chemistry*, 81(4), 503-509.
- Delattre, J., Beaudoux, J.-L., and Bonnefont-Rousselot, D. (2005).** "Radicaux libres et stress oxydant(aspects biologiques et pathologiques)."
- Dell'Agli, M., Buscialà, A., and Bosisio, E. (2004).** "Vascular effects of wine polyphenols." *Cardiovascular Research*, 63(4), 593-602.
- Deshpande, S. S., Cheryan, M., Salunkhe, D., and Luh, B. S. (1986).** "Tannin analysis of food products." *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 24(4), 401-449.

## Références bibliographiques

---

- Dibong, S. D., Ottou, P. B. M., Vandi, D., Ndjib, R. C., Tchamaha, F. M., and Mpondo, E. M. (2015).** "Ethnobotanique des plantes médicinales anti hémorroïdaires des marchés et villages du Centre et du Littoral Cameroun." *Journal of Applied Biosciences*, 96, 9072-9093.
- Doat, J. (1978).** "Les tanins dans les bois tropicaux." *Bois et Forêts des Tropiques*(182), 37-54.
- Doerr, B., and Staff, E. (2005).** "*Moringa* water treatment." An Echo Technical Note.
- Duthie, G. G., Gardner, P. T., and Kyle, J. A. (2003).** "Plant polyphenols: are they the new magic bullet?" *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(03), 599-603.

### E

- El Houda, B. N., and Aicha, B.** "L'activité inhibitrice des composés phénoliques de *Dictyopteris polypodioides* sur l' $\alpha$ -amylase salivaire libre et immobilisée in vitro."
- El Kabouss, A., Charrouf, Z., Oumzil, H., Faid, M., Lamnaouer, D., Miyata, Y., and Miyahara, K. (2011).** "Caractérisation des flavonoïdes des feuilles d'Arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels, Sapotaceae) et étude de leur activité antimicrobienne." *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 21(3), 157-162.

### F

- Fahey, J. W. (2005).** "*Moringa oleifera*: a review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1." *Trees for life Journal*, 1(5), 1-15.
- Favier, A.(1997).** "Le stress oxydant: intérêt de sa mise en évidence en biologie médicale et problèmes posés par le choix d'un marqueur." Presented at *Annales de biologie clinique*.
- Ferrerres, F., García-Viguera, C., Tomás-Lorente, F., and Tomás-Barberán, F. A. (1993).** "Hesperetin: A marker of the floral origin of citrus honey." *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61(1), 121-123.
- Foidl, N., Makkar, H., and 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.

**G**

- Gardès-Albert, M., Bonnefont-Rousselot, D., Abedinzadeh, Z., and Jore, D. (2003).** "Espèces réactives de l'oxygène." *L'actualité chimique*, 91.
- Genoux, E. (2011).** Dérivés de flavonoïdes et de vérapamil comme ligands des transporteurs MRP1 et ABCG2: de la conception à l'activité anticancéreuse, Université de Grenoble.
- Gerber, M., Boutron-Ruault, M.-C., Hercberg, S., Riboli, E., Scalbert, A., and Siess, M.-H. (2002).** "Actualités en cancérologie: fruits, légumes et cancers. Une synthèse du réseau Nacre." *Bulletin du cancer*, 89(3), 293-312.
- GHEDJATI, N. (2015).** Toxicité aigue et subaigüe des alcaloïdes naturels et synthétiques des graines du *Datura stramonium*.
- GRAIT, S. (2015).** Etude du pouvoir antioxydant d'une plante médicinale (*Urginea maritima* L).
- Guillon, Y. (2010).** Diversité des composés terpéniques volatils au sein du genre *Lavandula*: aspects évolutifs et physiologiques, Université Jean Monnet-Saint-Etienne.

**H**

- Haenen, G. R., Arts, M. J., Bast, A., and Coleman, M. D. (2006).** "Structure and activity in assessing antioxidant activity in vitro and in vivo: A critical appraisal illustrated with the flavonoids." *Environmental toxicology and pharmacology*, 21(2), 191-198.
- Hagerman, A. E. (2002).** "Hydrolyzable tannin structural chemistry." *Tannin Handbook* (<http://www.users.muohio.edu/hagermae/tannin.pdf>).
- Hagerman, A. E., and Butler, L. G. (1978).** "Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins." *Journal of Agricultural and food chemistry*, 26(4), 809-812.
- Hédji, C. C., Gangbazo, D. K., Houinato, M. R., and Fiogbé, E. D. (2014).** "Valorisation de *Azolla* spp, *Moringa oleifera*, son de riz, et de co-produits de volaille et de poisson en alimentation animale: synthèse bibliographique." *Journal of Applied Biosciences*, 81(1), 7277-7289.
- Heim, K. E., Tagliaferro, A. R., and Bobilya, D. J. (2002).** "Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships." *The Journal of nutritional biochemistry*, 13(10), 572-584.
- Hernandez Ochoa, L. R. (2005).** Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combiné «solvant/actif» d'origine végétale, Institut National Polytechnique de Toulouse.

## Références bibliographiques

---

**Hertog, M. L., Putz, B., and Tijskens, L. M. (1997).** "The effect of harvest time on the accumulation of reducing sugars during storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers: Experimental data described, using a physiological based, mathematical model." *Potato research*, 40(1), 69-78.

**Hristov, A., Oh, J., Firkins, J., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Makkar, H., Adesogan, A., Yang, W., and Lee, C. (2013).** "Special topics—Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options." *Journal of Animal Science*, 91(11), 5045-5069.

**Hurabielle, M., Eberle, J., and Paris, M. (1982).** "Etude des flavonoïdes d'*Artemisia campestris* sous-espèce *glutinosa*." *Planta medica*, 46(10), 124-125.

### I

**Iserin, P., Masson, M., et Restillini, J. (2001).** "Larousse des plantes médicinales, identification." *préparation et*.

### J

**Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., and Brulé, G. (2006).** "Science des aliments." Lavoisier, Paris.

**Judde, A. (2004).** "Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique: mécanismes, conséquences, moyens de mesure, quels antioxydants pour quelles applications?" *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 11(6), 414-418.

### K

**Kamaliroosta, L., Gharachorloo, M., Kamaliroosta, Z., and KH, A. Z. (2012).** "Extraction of cinnamon essential oil and identification of its chemical compounds." *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(4), 609-614.

**Kasolo, J. N., Bimenya, G. S., Ojok, L., Ochieng, J., and Ogwal-Okeng, J. W. (2010).** "Phytochemicals and uses of *Moringa oleifera* leaves in Ugandan rural communities." *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(9), 753-757.

**Katalinic, V., Milos, M., Kulisic, T., and Jukic, M. (2006).** "Screening of 70 medicinal plant extracts for antioxidant capacity and total phenols." *Food Chemistry*, 94(4), 550-557.

## Références bibliographiques

---

- Kaur, C., and Kapoor, H. C. (2002).** "Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables." *International Journal of Food Science & Technology*, 37(2), 153-161.
- Kjeldahl, J. (1883).** "A new method for the determination of nitrogen in organic matter." *Z. Anal. Chem*, 22(1), 366-382.
- Kpemissi Amana, E. (2007).** Les Anacardiaceae du Togo: Etudes botaniques, écologiques et propriétés antifongiques, Thèse de Doctorat, Université de Lomé, Togo.
- Krief, S. (2003).** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées, Museum national d'histoire naturelle-MNHN PARIS.
- Kumaran, A. (2006).** "Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*." *Food Chemistry*, 97(1), 109-114.

## L

- Laleye, O. A. F., Ahissou, H., Olounlade, A. P., Azando, E. V. B., and Laleye, A. (2015).** "Etude bibliographique de trois plantes antidiabétiques de la flore béninoise: *Khaya senegalensis* (Desr) A. Juss (Meliaceae), *Momordica charantia* Linn (Cucurbitaceae) et *Moringa oleifera* Lam (Moringaceae)." *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(5), 2682-2700.
- Lamaison, J., Carnat, A., and PETITJEAN-FREYET, C. (1990).** "Teneur en tanins et activité inhibitrice de l'elastase chez les Rosaceae." Presented at *Annales pharmaceutiques françaises*.
- Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., and Bertoli, S. (2015).** "Cultivation, genetic, ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of *Moringa oleifera* leaves: An overview." *International journal of molecular sciences*, 16(6), 12791-12835.
- Levasseur-Garcia, C., Kleiber, D., and Surel, O. (2013).** "Utilisation de la spectroscopie infrarouge comme élément d'aide à la décision pour la gestion du risque fongique et mycotoxique." *Cahiers Agricultures*, 22(3), 216-227 (1).
- Levizou, E., Drilias, P., and Kyparissis, A. (2004).** "Exceptional photosynthetic performance of *Capparis spinosa* L. under adverse conditions of Mediterranean summer." *Photosynthetica*, 42(2), 229-235.
- Li, X., Xing, Y., Jiang, Y., Ding, Y., and Li, W. (2009).** "Antimicrobial activities of ZnO powder-coated PVC film to inactivate food pathogens." *International Journal of Food Science & Technology*, 44(11), 2161-2168.

**M**

- Magalhães, L., Ramos, I., Reis, S., and Segundo, M. (2014).** "Antioxidant profile of commercial oenological tannins determined by multiple chemical assays." *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20(1), 72-79.
- Mahmoudi, S., Khali, M., and Mahmoudi, N. (2013).** "Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L.)." *Nature & Technology*(9), 35.
- MAKHLOUFI, A. (2013).** Etude des activités antimicrobienne et antioxydante de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de bechar (*Matricaria pubescens* (Desf.) et *Rosmarinus officinalis* L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru.
- Malešev, D., and Kuntić, V. (2007).** "Investigation of metal-flavonoid chelates and the determination of flavonoids via metal-flavonoid complexing reactions." *Journal of the Serbian chemical society*, 72(10), 921-939.
- Mangambu, M., Mushagalusa, K., and Kadima, N. (2014).** "Contribution à l'étude photochimique de quelques plantes médicinales antidiabétiques de la ville de Bukavu et ses environs (Sud-Kivu, RD Congo)." *Journal of Applied Biosciences*, 75(1), 6211-6220.
- Manolaraki, F. (2011).** Propriétés anthelminthiques du sainfoin (*Onobrychis viciifoliae*): Analyse des facteurs de variations et du rôle des composés phénoliques impliqués, Institut National Polytechnique de Toulouse.
- Marcheix, J., Fleuriet, A., and Jay-Allemand, C. (2005).** "Les composés phénoliques des végétaux."
- Mawouma, S., and Mbofung, C. M. (2014).** "Usages alimentaires de *Moringa oleifera* dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun." *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(4), 1847-1852.
- Mboko, A., Matumuini, F., Tendonkeng, F., Miégoué, E., Lemoufouet, J., Akagah, A., Boukila, B., and Pamo, E.** "Composition chimique d'arbustes fourragers (*Albizia lebeck*, *Leucaena leucocephala*, *Morinda lucida*, *Senna siamea*) en saison sèche au Gabon."
- Medić-Šarić, M., Jasprica, I., Mornar, A., Smolčić-Bubalo, A., and Golja, P. (2004).** "Quantitative analysis of flavonoids and phenolic acids in propolis by two-dimensional thin layer chromatography." *JPC-Journal of Planar Chromatography-Modern TLC*, 17(100), 459-463.
- Mehansho, H., Butler, L. G., and Carlson, D. M. (1987).** "Dietary tannins and salivary proline-rich proteins: interactions, induction, and defense mechanisms." *Annual review of nutrition*, 7(1), 423-440.

## *Références bibliographiques*

---

- Meneghel, A. P., Gonçalves, A. C., Rubio, F., Dragunski, D. C., Lindino, C. A., and Strey, L. (2013).** "Biosorption of cadmium from water using *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam.) seeds." *Water, air and soil pollution*, 224(3), 1.
- Merzougui, I., and Tadj, H. (2015).** Etude de l'effet antibactérien et antioxydant d'*Ammoides verticillata* De la région de Tlemcen.
- MEZOUAR, D. (2013).** Recherche d'activités biologiques de *Berberis vulgaris*.
- Middleton, E., Kandaswami, C., and Theoharides, T. C. (2000).** "The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer." *Pharmacological reviews*, 52(4), 673-751.
- Milane, H. (2004).** La quercétine et ses dérivés: molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs de radicaux libres; études et applications thérapeutiques, Université Louis Pasteur (Strasbourg).
- MOHAMMEDI, Z. (2013).** Etude Phytochimique et Activités Biologiques de quelques Plantes médicinales de la Région Nord et Sud Ouest de l'Algérie.
- Mole, S., Rogler, J. C., and Butler, L. G. (1993).** "Growth reduction by dietary tannins: different effects due to different tannins." *Biochemical systematics and ecology*, 21(6-7), 667-677.
- Mole, S., and Waterman, P. (1987).** "A critical analysis of techniques for measuring tannins in ecological studies." *Oecologia*, 72(1), 137-147.
- Montoro, P., Braca, A., Pizza, C., and De Tommasi, N. (2005).** "Structure–antioxidant activity relationships of flavonoids isolated from different plant species." *Food Chemistry*, 92(2), 349-355.
- Mostafa, M. (2008).** The metabolism of terpenoides in caprins, AgroParisTech.
- Moussa, M. H. (2011).** Etude Analytique et Biologique des Flavonoïdes Naturels, Université Badji Mokhtar de Annaba.
- Moyo, B., Masika, P. J., Hugo, A., and Muchenje, V. (2011).** "Nutritional characterization of *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam.) leaves." *African Journal of Biotechnology*, 10(60), 12925-12933.

## N

- Nethravathi, C., Nisha, T., Ravishankar, N., Shivakumara, C., and Rajamathi, M. (2009).** "Graphene–nanocrystalline metal sulphide composites produced by a one-pot reaction starting from graphite oxide." *Carbon*, 47(8), 2054-2059.

## Références bibliographiques

---

- Newsholme, P., Haber, E., Hirabara, S., Rebelato, E., Procopio, J., Morgan, D., Oliveira-Emilio, H., Carpinelli, A., and Curi, R. (2007).** "Diabetes associated cell stress and dysfunction: role of mitochondrial and non-mitochondrial ROS production and activity." *The Journal of physiology*, 583(1), 9-24.
- Nijveldt, R. J., Van Nood, E., Van Hoorn, D. E., Boelens, P. G., Van Norren, K., and Van Leeuwen, P. A. (2001).** "Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications." *The American journal of clinical nutrition*, 74(4), 418-425.
- Norshazila, S., Syed Zahir, I., Mustapha Suleiman, K., Aisyah, M., and Kamarul Rahim, K. (2010).** "Antioxidant levels and activities of selected seeds of Malaysian tropical fruits." *Malaysian journal of nutrition*, 16(1).

## O

- Oomah B. D., Caspar F., Malcolmson L. J., et Bellido A. S. (2010).** Phenolics and antioxidant activity of lentil and pea hulls. *Food Research International*. 44: 436-441.
- Okuda, T. (2005).** "Systematics and health effects of chemically distinct tannins in medicinal plants." *Phytochemistry*, 66(17), 2012-2031.
- Owusu-Ansah, M., Achel, D. G., Adaboro, R. M., Asare, D. K., and Amoatey, H. M. (2011).** "Total phenolic content and antioxidant activity in leaf samples of twelve accessions of *Moringa oleifera* Lam." *Journal of Chemical and Analytical Science*, 2(10), 1226-1230.

## P

- Patel, S., Thakur, A., Chandy, A., and Manigauha, A. (2010).** "*Moringa oleifera*: a review of their medicinal and economical importance to the health and nation." *Drug Interv Today*, 2(7), 339-342.
- Pico, S. M., Gutiérrez, D., Aragón, I., Escobar, A., Ortiz, D., Sánchez, T., Imbachí, P., and Pachón, H. (2011).** "Evaluación de la composición nutricional, antinutricional y biodisponibilidad in vitro de diferentes extractos foliares." *Revista chilena de nutrición*, 38(2), 168-176.
- Pincemail, J., and Defraigne, J. (1999).** "Les antioxydants: un vaste réseau de défenses pour lutter contre les effets toxiques de l'oxygène." Presented at Symposium «antioxydants et alimentation», Institut Danone, Bruxelles.
- Pincemail, J., Meurisse, M., Limet, R., and Defraigne, J. (1999).** "Espèces oxygénées activées, antioxydants et cancer." *Medi-Sphere*, 97, 29-33.
- Pinheiro, R. P. (2015).** "Caracterização química e efeitos farmacológicos de produtos derivados de *Palicourea rigida* Kunth (Rubiaceae)."

## *Références bibliographiques*

---

**Potisate, Y., Phoungchandang, S., and Kerr, W. L. (2014).** "The effects of predrying treatments and different drying methods on phytochemical compound retention and drying characteristics of Moringa leaves (*Moringa oleifera* Lam.)." *Drying Technology*, 32(16), 1970-1985.

**Price, M. L. (2007).** "Le Moringa." Note technique-ECHO (revue en 2000, en 2002 et en 2007).

### **R**

**Ramaroson Rakotosamimanana, V. (2014).** Etude des pratiques et croyances alimentaires pour comprendre la malnutrition à Madagascar: intérêt de l'introduction de feuilles de Moringa oliefara, Dijon.

**Rapportrice, C. S. G. I. L. (2014).** Etude des pratiques et croyances alimentaires pour comprendre la malnutrition à Madagascar. Intérêt de l'introduction de feuilles de Moringa oleifera, Citeseer.

**Ribéreau-Gayon, P., and Gautheret, R. J. (1968).** Les composés phénoliques des végétaux: Dunod Paris.

**Rice-Evans, C., Miller, N., and Paganga, G. (1997).** "Antioxidant properties of phenolic compounds." *Trends in plant science*, 2(4), 152-159.

**Riou, V., Vernhet, A., Doco, T., and Moutounet, M. (2002).** "Aggregation of grape seed tannins in model wine—effect of wine polysaccharides." *Food Hydrocolloids*, 16(1), 17-23.

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

**Rowland, I., Gibson, G., Heinken, A., Scott, K., Swann, J., Thiele, I., and Tuohy, K. (2017).** "Gut microbiota functions: metabolism of nutrients and other food components." *European Journal of Nutrition*, 1-24.

**Royer, M., Houde, R., Viano, Y., and Stevanovic, T. (2012).** "Non-wood Forest Products Based on Extractives-A New Opportunity for the Canadian Forest Industry Part 1: Hardwood Forest Species." *Journal of Food Research*, 1(3), 8.

### **S**

**Saini, R. K., Sivanesan, I., and Keum, Y.-S. (2016).** "Phytochemicals of *Moringa oleifera*: a review of their nutritional, therapeutic and industrial significance." *3 Biotech*, 6(2), 203.

**Sánchez-Machado, D. I., Núñez-Gastélum, J. A., Reyes-Moreno, C., Ramírez-Wong, B., and López-Cervantes, J. (2010).** "Nutritional quality of edible parts of *Moringa oleifera*." *Food analytical methods*, 3(3), 175-180.

## *Références bibliographiques*

---

- Sánchez-Martín, J., González-Velasco, M., and Beltrán-Heredia, J. (2009).** "Acacia mearnsii de wild tannin-based flocculant in surface water treatment." *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 29(2), 119-135.
- SCEHOVIC. J. (1990) :** Tannins et autre polymères phénoliques dans les plantes de prairies: détermination de leur teneur et leur activité biologique. *Revue Suisse Agric.*, 1990, **22**, 179-184.
- Seaman, G., Lowry, L., and Frost, K. (1982).** Foods of belukha whales (*Delphinapterus leucas*) in western Alaska: Biological Systems.
- Servais, S. (2004).** Altérations mitochondriales et stress oxydant pulmonaire en réponse à l'ozone: effets de l'âge et d'une supplémentation en oméga-3, Université Claude Bernard-Lyon I.
- Škerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, A. R., Simonič, M., and Knez, Ž. (2005).** "Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities." *Food Chemistry*, 89(2), 191-198.
- Soliva, C., Kreuzer, M., Foidl, N., Foidl, G., Machmüller, A., and Hess, H. (2005).** "Feeding value of whole and extracted *Moringa oleifera* leaves for ruminants and their effects on ruminal fermentation in vitro." *Animal feed science and technology*, 118(1), 47-62.
- Soulama, S., Sanon, H. O., Meda, R., and Boussim, J. I. (2014).** "Teneurs en tanins de 15 ligneux fourragers du Burkina Faso." *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 10(4), 180-190.
- Sreelatha, S., and Padma, P. (2009).** "Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity." *Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)*, 64(4), 303-311.
- Sumathy, R., Sankaranarayanan, S., Bama, P., Ramachandran, J., Vijayalakshmi, M., and Deccaraman, M. (2013).** "Antibacterial & antioxidant activity of flavanoid rich fraction from the petals of *cassia auriculata*—an in-vitro study." *Int J Pharm Pharm Sci*, 5(3), 492-497.

## T

- Tchiégang, C., and Aissatou, K. (2004).** "Données ethn nutritionnelles et caractéristiques physico-chimiques des légumes-feuilles consommés dans la savane de l'Adamaoua (Cameroun)." *Tropicultura*, 22(1), 11-18.
- Tsaknis, J., Lalas, S., Gergis, V., Dourtoglou, V., and Spiliotis, V. (1999).** "Characterization of *Moringa oleifera* variety Mbololo seed oil of Kenya." *Journal of Agricultural and food chemistry*, 47(11), 4495-4499.

## Références bibliographiques

---

### V

- Vandi, D., Nga, E. N., Betti, J. L., Loe, G. M. E., Ottou, P. B. M., Priso, R. J., Foze, T. N., Boumsong, P. C. N., Dibong, S. D., and Mpondo, E. M. (2016).** "Contribution des populations des villes de Yaoundé et Douala à la connaissance des plantes à tanins et à anthocyanes." *Journal of Animal & Plant Sciences*, 30(3), 4797-4814.
- Verma, K. S., and Nigam, R. (2013).** "Phytochemical screening of different plant parts of munga (*Moringa oleifera* Lam.)" *Jawaharlal Nehru Krishi Vishwa Vidyalaya Jabalpur 482004 (Madhya Pradesh) India*, 263.
- Verykokidou-Vitsaropoulou, E., and Vajias, C. (1986).** "Methylated flavones from *Teucrium polium*." *Planta medica*, 52(05), 401-402.
- Vincent, A. M., Russell, J. W., Low, P., and Feldman, E. L. (2004).** "Oxidative stress in the pathogenesis of diabetic neuropathy." *Endocrine reviews*, 25(4), 612-628.

### W

- Waché, Y. (2016).** Déterminants de la bioaccessibilité des caroténoïdes et tocophérols de légumes feuilles: comparaison variétale et influence du procédé, Institut de recherche pour le développement.
- Wang, H., Ullah, M. M., Klaser, A., Laptev, I., and Schmid, C.(2009).** "Evaluation of local spatio-temporal features for action recognition." Presented at BMVC 2009-British Machine Vision Conference.

### Y

- Yadav, R., and Agarwala, M. (2011).** "Phytochemical analysis of some medicinal plants." *Journal of phytology*, 3(12).
- Yang, R.-Y., Chang, L.-C., Hsu, J.-C., Weng, B. B., Palada, M. C., Chadha, M., and Levasseur, V. (2006).** "Propriétés Nutritionnelles et Fonctionnelles des Feuilles de *Moringa*; Du Germoplasme, à la Plante, à l'aliment et à la santé." *The World Vegetable Center*.

**Résumé :**

*Moringa oleifera* est un arbre tropical appartenant à la famille des moringacées, c'est une plante à usage alimentaire et médical grâce à ses activités biologiques (anti microbiennes, anti inflammatoires, anti oxydantes...etc.). Dans le cadre de La recherche des antioxydants naturels suivi par l'évaluation des propriétés anti oxydantes des poly phénols, et la mise en évidence de l'effet des conditions de séchage et stockage sur la composition globale de deux poudres (T et S) des feuilles de *Moringa oleifera*, qui se trouvent dans la région de Oued-souf au sud d'Algérie, plusieurs tâches ont été réalisées (extraction des composés phénoliques par l'eau distillé suivi par dosages de ces derniers , évaluer le pouvoir anti oxydant et déterminer la composition chimique globale). Les résultats obtenus montrent que les feuilles de cette plante contiennent des éléments nutritifs (protéines, matière grasse et minérale) avec des valeurs satisfaisantes, et elles portent un pouvoir anti oxydant fort. Nos résultats montrent que les poudres (T et S) présentent des valeurs similaires sauf pour quelques éléments.

**Mots clés :** *Moringa oleifera*, composition chimique, composés phénoliques, pouvoir antioxydant.

**Absract:**

*Moringa oleifera* is a tropical tree belonging to the family of moringaceae, It is a plant for food and medical use due to its biological activities (Anti-microbial, anti-inflammatory, antioxidant ... etc). The research of natural antioxidants, evaluated the antioxidants properties of polyphenols and the evidence of the effect of storage conditions on the overall composition of two powders (T and S) of the leaves of *Moringa oleifera*, which are found in the region of Oued souf in the south of Algeria, Several tasks have been carried out (extraction of the phenolic compounds by distilled water, assays are carried out, evaluation of the antioxidant power and determination of the overall chemical composition). The results obtained show that the leaves of this plant contain nutritional elements (proteins, mineral, fat) with the satisfactory values, and bearing a strong antioxidant power. Ours results show that the powders (T and S) present a similar values except for a few elements.

**Keywords:** Chemical composition, phenolic compounds, antioxidant power.