

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Alimentaires  
Filière : Science Alimentaire  
Option : Biotechnologie, agro ressource, aliment et nutrition



Réf : .....

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

## **MASTER**

### ***Thème***

**Composition chimique et teneur en composés  
phénoliques des graines de *Moringa***

***oleifera***

Présenté par :  
**DJERMOUNE Sadika & HENOUNE Naouel**

Soutenu le : **17 Juin 2015**

Devant le jury composé de :

M<sup>me</sup>: **HASSISSENE.N**

MCA

Présidente

M<sup>r</sup>: **ZAIDI.F**

Professeur

Encadreur

M<sup>elle</sup>: **MEZIANI.S**

MAA

Examinatrice

**Année universitaire : 2014 / 2015**

## Remerciements

*Avant tout, nous tenons à remercier ALLAH tout puissant qui nous a accordé santé et courage pour mener à bien ce travail.*

*Nous tenons à remercier notre promoteur Mr Zaidi-F d'avoir accepté de nous encadrer, avoir apporté son aide et ses conseils précieux et pour sa gentillesse durant toute la période de la préparation de ce mémoire.*

*Nous remercions M<sup>me</sup> Hassissene de nous avoir fait l'honneur de présider notre jury, M<sup>elle</sup> Meziani d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Toute notre gratitude à tous nos enseignants qui nous ont formées.*

*Nous tenons également à remercier infiniment tous ceux qui nous ont aidées de près ou de loin pour la réalisation de ce travail; nous pensons plus spécialement toutes les doctorantes du laboratoire de Nutrition et alimentation pour leur présence et toute l'attention la sollicitude avec laquelle elles nous ont entourées.*

*Merci à vous tous.*



# Dédicace

*A celle qui m'a soutenue nuits et jours, et durant tout mon parcours*

*Très chère mère je te dis : merci.*

*A la mémoire de mon père : ton souvenir toujours vivace dans mon cœur m'a soutenue tout au long de ce travail.*

*A mes sœurs Fatiha, Leïla, Hedjila et Nadia*

*A mon très cher Nacir*

*A mes nièces Houda et Meriem et mes neveux Mohamed, Amine et Mohamed*

*A ma binôme Sadika & tous mes amis*

*A toutes les mains qui m'ont été tendues...*

*A toute la promotion Biotechnologie 2014-2015.*

*Naouel*



Dédicace

A ma mère Horria et mon père Smail

\*\* A Mon Cher fiancé \*\*

\* NABIL que j'aime \*

A mes frères et sœurs

A mes Belles sœurs

A mes nièces et neveux

A toute la famille FERHOUNE

A Nawel Faïrouse et EL- Kaïssa

A vous tous.

\*Sadika\*

## *Liste des abréviations*

---

### Liste des abréviations

- **A**: Amande.
- **Abs** : Absorbance
- **ANOVA**: Analyse de la variance.
- **BSA** : Sérum bovin albumine.
- **EAG**: Equivalent Acide Gallique.
- **EAT**: Equivalent Acide Tannique.
- **ECA** : Equivalent Catéchine.
- **EQE** : Equivalent quercitrine.
- **Ech** : Echantillon.
- **ED** : Eau distillée.
- **EtOH 50%**: Ethanol 50%.
- **EtOH 96%**: Ethanol 96%.
- **FLV** : Flavonoïdes
- **G** : Graine
- **H** : Heure.
- **Mm** : Millimètre.
- **H** : Heure.
- **MAX** : Maximum.
- **Mg** : Milligrammes
- **ML** : Millilitres.
- **Nm** : Nanomètre.
- **PH**: Potentiel d'hydrogène.
- **PLP**: Phénols liés à la protéine.
- **PNLP**: Phénols non liés aux protéines.
- **PH**: Potentiel d'hydrogène.
- **PTS** : Phénols totaux soluble.
- **TC**: Tanins condensés

## *Liste des abréviations*

---

**TH:** Tanins Hydrolysables

**UV:** ultraviolet.

Listes des figures :

<b>Figure 1:</b> Arbre(a), tronc (b) et fleurs (c) de <i>Moringa oleifera</i> .....	4
<b>Figure 2 :</b> Les feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	5
<b>Figure 3 :</b> Fruit : gousses fraîches (a),gousses mures (b) et de graines de <i>Moriga oleifera</i> .....	5
<b>Figure 4 :</b> Utilisation des gousses en alimentation humaine .....	7
<b>Figure 5 :</b> Coloration du jaune d'œufs des poules pondeuses nourries aux rations contenant respectivement 0%(1R1) ,5% (2R3) ,10%(3R3) et 20 %(4R2) de farine de feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	8
<b>Figure 7 :</b> Structure de base des flavonoïdes.....	13
<b>Figure 8:</b> Structures de deux alcaloïdes.....	14
<b>Figure 9 :</b> Photographie des gousses mures sèches de <i>Moringa oleifera</i> .....	15
<b>Figure 10 :</b> Photographie des graines(a) et amandes(b) de <i>Moringa oleifera</i> .....	15
<b>Figure 11:</b> Photographie d'Appareil de soxhle .....	16
<b>Figure 12 :</b> Protocole d'extraction des composées phénoliques.....	20
<b>Figure 13 :</b> Protocole de dosage des phénols totaux solubles .....	21
<b>Figure 14 :</b> Réaction du Chlorure d'Aluminium avec les flavonoïdes.....	22
<b>Figure 15:</b> Protocole de dosage des flavonoïdes .....	22
<b>Figure 16 :</b> Protocole de dosage des tanins hydrolysables .....	23
<b>Figure 17:</b> Réaction de la vanilline avec la catéchine .....	24
<b>Figure 18:</b> Protocole de dosage des tanins condensés.....	24
<b>Figure 19 :</b> Protocole de dosage des phénols non liés aux protéines par la méthode de précipitation par la BSA .....	25
<b>Figure 20 :</b> Composition chimique des graines et amandes de <i>Moringa oleifera</i> .....	27
<b>Figure21 :</b> Effet des deux facteurs échantillon (A) et solvant (B) sur la teneur en phénols totaux solubles.....	28
<b>Figure 22 :</b> Teneur en phénols totaux solubles.....	
<b>Figure 23 :</b> Teneur en phénols attachées et non attachée à la protéine BSA en pourcentage de PTS .....	29
<b>Figure 24 :</b> Effet des deux facteurs échantillon (A), solvant (B) sur la teneur en flavonoïdes	30
<b>Figure 25 :</b> Teneur en flavonoïdes .....	31
<b>Figure 26 :</b> Effet des deux facteurs échantillon(A), solvant (B) sur la teneur en tanins hydrolysables.....	31
<b>Figure 27 :</b> Teneur en tanins hydrolysable .....	32

<b>Figure 28 :</b> Effet des deux facteurs échantillon (A) et solvant(B) sur les teneurs en tanins condensés.....	33
<b>Figure 29 :</b> Teneur en tanins condensés .....	34
<b>Figure 30 :</b> Mise en évidence des saponines dans les extraits d'amandes et graines de <i>Moringa oleifera</i> .....	34
<b>Figure 31 :</b> Mise en évidence des Terpénoïdes dans les extraits d'amandes et graines de <i>Moringa oleifera</i> .....	35
<b>Figure 32 :</b> Mise en évidence des Alcaloïdes dans les extraits d'amande et graines de <i>Moringa oleifera</i> .....	35



**Liste des tableaux**

<b>Tableau I:</b> Quelques noms vernaculaires du <i>Moringa oleifera lam.</i> .....	3
<b>Tableau IX :</b> Analyse de la variance des polyphénols totaux solubles .....	28
<b>Tableau X :</b> Analyse de la variance des flavonoïdes.....	30
<b>Tableau XI:</b> Analyse de la variance des tanins hydrolysables .....	31
<b>Tableau XII :</b> Analyse de la variance des tanins condensés .....	33
<b>Tableau XIII :</b> Résultats de mise en évidence de Saponines, Terpénoïdes et Alcaloïdes .....	36

# *Sommaire*

---

**Sommaire**

Liste des abréviations.

Liste des figures.

Liste des tableaux.

**Introduction** ..... 1**Synthèse bibliographique****Chapitre I : Généralités sur la plante**

I. <i>Moringa oleifera</i> Lam .....	3
I.1. Classification classique .....	3
I.2. Historique et répartition géographique.....	4
I.3. Description botanique .....	4
I.4. Ecologie de <i>Moringa oleifera</i> .....	5
I.5. Composition chimique .....	6
I.6. Domaines d'utilisation de <i>Moringa oleifera</i> .....	6
I.6.1. Alimentation.....	7
I.6.1.1. Humaine .....	7
I.6.1.2. Animale.....	7
I.6.2. Phytothérapie .....	8
I.6.3. Industrie .....	9
I.6.4. Purification d'eau.....	9
I.6.5. Biodiesel .....	9
I.6.6. Autres utilisations .....	9
I.7. Importance socio-économique .....	10

**Chapitre II : Métabolites secondaires et *Moringa oleifera***

II. Métabolites secondaires .....	11
II.1. Principales classes de métabolites secondaires .....	11
II.1.1. Composés phénoliques .....	11
II.1.1.1. Définition et classification des composés phénoliques .....	11

---

---

II.1.1.1.1. Acides phénoliques .....	12
1) Les acides hydroxybenzoïques .....	12
2) Les acides hydroxycinamiques (phénylpropanoïdes) .....	12
II.1.1.1.2. Les flavonoïdes .....	12
II.1.1.1.3. Les tanins .....	13
1) Tanins hydrolysables .....	13
2) Tanins condensés (proanthocyanidines).....	13
II.1.2. Les terpènes .....	14
II.1.3. Les alcaloïdes.....	14

### *Partie pratique*

#### **Chapitre III : Matériel et méthodes**

III. Matériel végétal .....	15
III.1. Préparation des échantillons .....	15
III.2. Composition chimique globale.....	16
III.2.1. La matière grasse.....	16
III.2.2. Dosage des protéines.....	17
III.2.2.1. Minéralisation.....	17
III.2.2.2. Distillation .....	17
III.2.2.3. Titration .....	17
III.2.3. Teneur en Cellulose brute.....	18
III.3. Extraction et dosage des composés phénoliques .....	19
III.3.1. Extraction .....	19
III.3.2. Dosage des composés phénoliques.....	20
III.3.2.1. Dosage des phénols totaux solubles par la méthode (Folin Ciocalteu).....	20
III.3.2.2. Dosage des flavonoïdes au trichlorure d'aluminium.....	21
III.3.2.3. Dosage des tanins hydrolysables (au chlorure ferrique) .....	23
III.3.2.4. Dosage des tanins condensés.....	23
III.3.2.5. Dosages des phénols non liés à la protéine .....	25
III.4. Mise en évidence de la présence d'autres métabolites secondaires .....	26
III.4.1. Saponines.....	26

---

III.4.2. Alcaloïdes .....	26
III.4.3. Terpénoïdes .....	26
III.5. Analyses statistiques.....	26

***Chapitre IV : Résultat et discussion***

<b>IV. Résultats et discussion .....</b>	<b>27</b>
IV.1. Composition chimique .....	27
IV.2. Teneur en composés phénoliques.....	27
IV.2.1. Teneur en composés phénoliques solubles.....	27
IV.2.2. Teneur en tanins polymérisés .....	29
IV.2.3. Teneur en flavonoïdes .....	30
IV.2.4. Teneur en Tanins hydrolysables .....	31
IV.2.5. Teneur en tanins condensés.....	32
IV.3. Mise en évidence de métabolites secondaires .....	34
Discussion générale .....	37
Conclusion et perspectives .....	39
Références bibliographiques .....	40

Annexes

---

# *Introduction*

## Introduction

Depuis longtemps, l'Homme s'est nourri et s'est soigné avec les plantes qu'il avait à sa disposition contre différentes maladies. Ce n'est ni le hasard ni la superstition qui a guidé la médecine traditionnelle à employer une plante plutôt qu'une autre, mais plutôt l'expérience où les populations ont pu apprécier les vertus apaisantes et analgésiques de ces plantes (**Cero et al., 2014**).

En effet, la plante est le siège d'une intense activité métabolique aboutissant à la synthèse de principes actifs très divers. Ce processus métabolique est lié aux conditions mêmes de vie de la plante: qui doit faire face à de multiples agressions de l'environnement dans lequel elle vit (prédateurs, microorganismes, pathogènes, etc...) (**Kansole, 2009**) ; pour s'en défendre, elle élabore diverses substances appelées métabolites secondaires (**Nacz et Shahidi, 2004**).

Les substances représentent une source importante d'antioxydants naturels et constituent une source importante de produits actifs naturels dont la plupart sont utilisés comme additifs dans les aliments fonctionnels ou de composants bioactifs dans les préparations pharmaceutiques.

Divers constituants phytochimiques des plantes en particulier les vitamines et les polyphénols tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes, des tanins, etc..., sont connus pour être responsables des activités de piégeage de radicaux libres.

Dans les dernières décennies il y a eu un intérêt croissant pour l'étude des plantes médicinales et leur utilisation traditionnelle dans différentes régions du monde

(**Muthu et al., 2006; Arora et al., 2013**).

Les substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie : en alimentation, en cosmétologie et en dermatopharmacie. Parmi ces composés on retrouve dans une grande mesure des métabolites secondaires qui se sont surtout illustrés en thérapeutique (**Falleh et al., 2008**). La Pharmacie utilise encore une forte proportion de médicaments d'origine végétale (**Bourgaud et al., 2001**).

Des recherches scientifiques ont été développées pour l'extraction, l'identification et quantification de ces composés à partir des différentes sources telles que les cultures agricoles et horticoles ou les plantes médicinales.

Le genre *Moringa* appartenant à la famille des Moringaceae comporte plusieurs espèces largement répandues dans les régions méditerranéennes sud-ouest de l'Asie et d'Amérique (**Olson et Carlquist, 2001**). De par leur richesse en composés antioxydants naturels comme composés phénoliques, flavonoïdes et vitamines (**Vongsak et al., 2013**) ,ses feuilles de *Moringa oleifera* sont utilisées en tant que plante médicinale et nutritionnelle.

Cet arbre présent dans la région du sud algérien est très peu connu et très peu étudié.

Par ses nombreuses potentialités décrites dans la bibliographie, cette espèce mériterait une attention particulière en vue de son exploitation dans différents domaines (agro alimentaire, thérapeutique et environnemental) avec des avantages socio économiques non négligeables.

Le travail qui est mené vise la valorisation de cette plante et ces constituants chimiques. Aussi, et tenant compte de nos conditions, nous sommes nous intéressées à une approche phyto-chimique globale des graines et amandes de cet arbre en provenance du Sud algérien ;dans une seconde étape nous avons réalisé le dosage des composés phénoliques solubilisés dans l'éthanol et eau distillée ainsi que la mise en évidence d'autres métabolites secondaires solubilisés dans ces mêmes solvants .



*Synthèse*

*bibliographique*

*ue*

## I. *Moringa oleifera* Lam

*Moringa oleifera* Lamarck, 1785 (synonyme *Moringa pterygosperma* Gaertner) appartient à la famille mono générique des arbustes et arbres des Moringaceae qui comprend environ 13 espèces (Foidl et al., 2001). Les douze autres espèces sont bien connues : *M. arborea*, *M. borziana*, *M. concanensis*, *M. drouhardii*, *M. hildebrandtii*, *M. loongituba*, *M. ovalifolia*, *M. peregrina*, *M. pygmaea*, *M. rivaie*, *M. ruspoliana*, *M. stenopetala* (Hédji et al., 2014). *Moringa oleifera* Lam est l'espèce la plus largement connue et utilisée (Morton, 1991). *Moringa oleifera* est un arbre connu sous diverses appellations dans le monde (Tableau I).

**Tableau I :** Quelques noms vernaculaires du *Moringa oleifera* Lam (Roloff et al., 2009; Navie et Csurhes, 2010)

Inde	Anglais	Français	Arabe
Horseradish	Drumstick tree	Ben ailé	Shagara Al Ruwag
Shajnah	Ben oil tree	Moringa ailé	Habbah Ghaliah
Dumstick	Never die	morungue	Rawag

### I.1. Classification classique

Classification de *Moringa oleifera lam* (Mustapha Hassan Bic, 2013).

Règne : végétal

Sous-règne : Angiospermes

Division : Dicotylédones

Classe : Rosacées

Ordre : Brassicale

Famille : Moringaceae

Genre : *Moringa*

Espèce : *Moringa Oleifera Lamarck*

## I.2. Historique et répartition géographique

L'histoire de *Moringa oleifera* remonte à 150 avant Jésus Christ, des preuves historiques indiquent que les rois et les reines antiques ont utilisé, les feuilles et les fruits de *Moringa oleifera* dans leur régime alimentaire pour maintenir la vigilance mentale et une peau saine (Khawaja et al., 2010).

*Moringa oleifera* est un arbre originaire du nord-ouest de l'Inde du Pakistan partie situant en bordure de l'Himalaya (Aberra, 2011; Panchal et al., 2011; Bayé-Niwah et Mapongmetsem, 2014) il a été introduit dans toutes les régions tropicales et subtropicales (Price, 2007) et s'est naturalisé dans de nombreux pays africains (Bezerra et al., 2004).

## I.3. Description botanique

*Moringa Oleifera* ou «arbre miracle » est généralement présenté comme un arbre pérenne (Makkar et Becker, 1997; Nouman et al., 2012) relativement petit, parfois même considéré comme un arbuste qui peut atteindre 7 à 12 mètres de hauteur (Figure 1 a). Il a une croissance rapide (Yang et al., 2006), il se plaît en milieu aride ou semi-aride mais peut tolérer jusqu'à 6 mois de sécheresse (Aberra et al., 2012).

A un tronc de couleur gris violacé (Figure 1 b), souvent divisé au niveau du sol, avec un tronc de 45 cm de diamètre (Hédji et al., 2014) et les plus gros troncs peuvent atteindre un diamètre d'une soixantaine de cm ; le tronc est généralement droit, et peut atteindre 1,5 à 2 mètres de haut avant de se ramifier, bien qu'il puisse parfois atteindre les 3 mètres (Foidl et al., 2001).

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

Cet arbre possède des fleurs odorantes, bisexuelles de couleur blanche ou crèmeuse (Figure 1 c), avec des staminés jaunes de 2,5 cm de large et qui se développent en panicules axillaires et tombantes de 10 à 25 cm. (Morton, 1991).

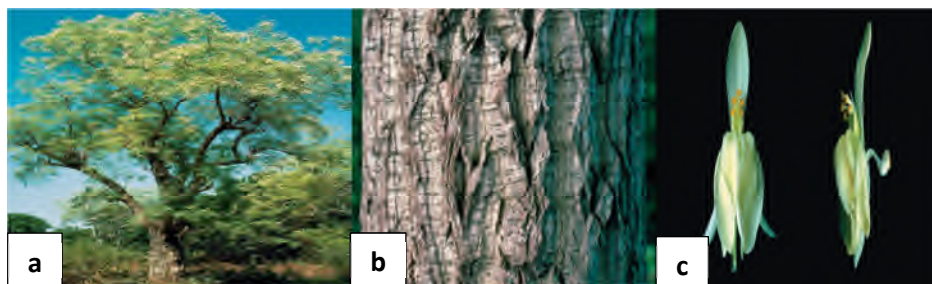


Figure 1: Arbre(a), tronc (b) et fleurs (c) de *Moringa oleifera* (Roloff et al., 2009).

Ses feuilles sont alternes, composées bipennées ou tripennées (**Panchal et al., 2011**) (**Figure 2**), se développent principalement dans la partie terminale des branches, 3 à 6 cm long avec 2 à 6 paires de pinnules. Chacun de pinnule a 3 à 5 feuillettes elliptiques qui sont de 1 à 2 cm de long et de 0.3 à 0.6 cm de large. Le feuillet terminal est ovale et souvent légèrement plus grand (**Olson, 2001**).



**Figure 2** :Les feuilles de *Moringa oleifera* (**Price, 2007** ; **Harimalala et Razanamparany, 2014**)

Les fruits de *Moringa oleifera* sont faits de gousses linéaires qui peuvent atteindre environ 20 cm de longueur mais de temps en temps jusqu'à 1 m ou plus. Ils sont vert-foncé pendant leur développement (**Figure 3 a**), et prennent approximativement 3 mois pour mûrir après la floraison, elles prennent la couleur brune à sa maturité (**Figure 3 b**), Chaque gousse contient environ 30 graines (**Makkar et Becker, 1997**).

Les graines sont rondes (**Figure 3 c**) avec une coque semi-perméable et brunâtre varie de 130 à 320 mg en fonction des régions, avec trois ailes semblables au papier blanchâtres sur les angles (**Panchal et al., 2010**).



**Figure 3**: Fruit: Gousses fraîches (a), gousses mûres (b), et graines (c) de *Moringa oleifera* ([www.moringanews.org](http://www.moringanews.org)).

#### **I.4. Ecologie de *Moringa oleifera***

Selon **Saint sauveur et Broin (2010)** *Moringa oleifera* a une grande adaptation à des milieux très diversifiés **Tableau II (Annexe I)**.

## I.5. Composition chimique

La valeur nutritive des feuilles de *Moringa* est d'une richesse rarement observée. En effet, les feuilles contiennent une très grande concentration de vitamines, de protéines, de certains minéraux et phénomène assez rare pour une plante, elle possède les acides aminés et les acides gras essentiels, **Tableau III (Annexe I) (Broin, 2005; Nouman et al., 2012; Osman et al., 2012 ; Harimalala et Razanamparany, 2014)**. De ce fait, les feuilles de *Moringa oleifera* constituent alors un met très apprécié (**Aregheore, 2002; Louis et al., 2003; Ayssiwede et al., 2011**).

Des études ont montré que les feuilles matures de *Moringa oleifera* contiennent moins de protéines que les jeunes feuilles du fait de leur teneur élevée en fibres, notamment en cellulose brute variant de 9,13-28,2% de la matière sèche. (**Richter et al., 2003; Tchiégang et Kitikil, 2004; Pamo et al., 2005; Kakengi et al., 2007; Ndong et al., 2007; Olugbemi et al., 2010**).

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

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

Les graines de *Moringa oleifera* sont du type oléagineuse elles renferment 42% d'huile dont le profil d'acides gras comporte 70% d'acide oléique proche de l'huile d'olive 72%. La teneur en acides gras saturés et insaturés est respectivement de 13% et 82% et celle en acides gras libres varie de 0,5 à 3% (**Foidl et al., 2001**). L'huile de *Moringa* présente les mêmes avantages que celle d'huile d'olive pour la santé (**Creighton, 2001; Saint Sauveur et Armelle, 2001**).

## I.6. Domaines d'utilisation de *Moringa oleifera*

*Moringa Oleifera* est d'usage courant en médecine populaire et en alimentation humaine et animale dans les sociétés africaines et asiatiques (Estrella et al., 2000; Tahiliani et Kar, 2000; Fahey, 2005; Anwar et al., 2007; Thurber et Fahey, 2009; Aberra et al., 2011; Giridhari et al., 2011).

### I.6.1. Alimentation

#### I.6.1.1. Humaine

Les feuilles, les fruits, les jeunes tiges, les racines et les fleurs sont consommables et se consomment partout dans le monde. Les feuilles peuvent se consommer fraîches ou en poudre (Broin, 2005) et même associées aux épices comme le piment, elles peuvent également être préparées en soupe ou en salade. Les jeunes gousses vertes (Figure 4) peuvent être consommées bouillies comme des haricots (Foidl et al., 2001).



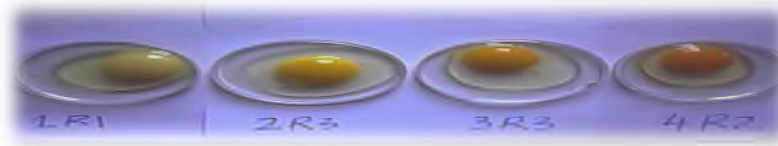
**Figure 4** :Utilisation des gousses en alimentation humaine ([www.moringanews.org](http://www.moringanews.org)) .

Les graines sèches peuvent être réduites en poudre et utilisées pour assaisonner les sauces, et les fleurs peuvent également être consommées comme crudités (salade).

L'huile de *Moringa oleifera* est utilisée comme huile végétale comestible et également comme huile de cuisson (Foidl et al., 2001).

#### I.6.1.2. Animale

Les qualités nutritives de *Moringa* sont excellentes, ce qui en fait une source de fourrage de très bonne qualité (Foidl et al., 2001), les effets positifs sur le taux de croissance chez les moutons (Ben Salem et Makkar, 2009) et un double rendement de lait chez des vaches ont été rapportés par Reyes (2006). Aussi l'incorporation de farine de feuilles de *Moringa oleifera* dans les rations des poulets a montré une amélioration significative de la coloration jaune du jaune d'œuf (Figure 5) et de la productivité chez les poules pondeuses (Kakengi et al., 2007; Tendonkeng et al., 2009; Pagua et al., 2014).



**Figure 5** : Coloration du jaune d'œuf des poules pondeuses nourries aux rations contenant respectivement 0% (1R1), 5% (2R3), 10% (3R3) et 20% (4R2) de farine de feuilles de *Moringa oleifera* (Bello, 2010).

### I.6.2. Phytothérapie

L'utilisation de la poudre des feuilles de *Moringa oleifera* a montré son efficacité à prévenir la malnutrition chez les enfants (Ndong et al., 2007) et même chez les sujets atteints du VIH (Tete-Benissan et al., 2012), celle-ci constitue un complément alimentaire tout en se positionnant comme un produit tonifiant, fortifiant et stimulant du système immunitaire.

De nombreuses vertus thérapeutiques sont attribuées à *Moringa oleifera* **Tableau IV (Annexe I)** utilisé en médecine traditionnelle pour le traitement de maladies métaboliques, inflammatoires, infectieuses, parasitaires et tumorales (Tahiliani et Kar, 2000; Siddhuraju et Becker, 2003; Ferreira et al., 2007; Sengupta et al., 2012).

En effet, quelques études effectuées sur l'utilisation des feuilles ont montré leurs propriétés anticancéreuse (Fahey, 2005; Montaut et al., 2012; Santos et al., 2012) et anti-hypertensive (Chumark et al., 2007; Jaiswal et al., 2009; Kumbhare et al., 2012).

Nambiar et al (2010) ont prouvé son potentiel anti-dyslipidémique chez les humains hyper-lipidémiques. Des études sur l'utilisation des extraits de feuilles de *Moringa oleifera* ont confirmé les propriétés hypoglycémiantes chez des patients atteints de diabète de type II (Kumari, 2010; Giridhari et al., 2011). Des résultats d'études in vitro suggèrent que la prise régulière des feuilles de *Moringa oleifera* dans le régime alimentaire peut protéger les patients diabétiques contre des dommages oxydatifs (Jaiswal et al., 2013).

*Moringa oleifera* possède aussi des propriétés anti-inflammatoire et antalgique (Ndiaye et al., 2002; Devaraj et al., 2007).

Les feuilles de *Moringa oleifera* peuvent être aussi employées pour amplifier le sang pendant l'anémie hémolytique (Ezekwe et Ugwu, 2013).

### I.6.3. Industrie

Grâce à ses propriétés, l'huile de *Moringa oleifera* est utilisée comme lubrifiant dans la machinerie fine (**William et al., 2012**), comme l'horlogerie (pour sa faible tendance à se détériorer et devenir rance et collante). Elle est également intéressante dans l'industrie cosmétique et de parfums (**Foidl et al., 2001**). Le bois de *Moringa oleifera* constitue aussi une excellente pâte à papier (**Price, 2007**).

### I.6.4. Purification d'eau

Les graines de *Moringa oleifera* sont utilisées pour traiter l'eau (**Beth et Echo, 2005; Houndji et al., 2013; Kwaambwa et al., 2015; Yuakubu et Balarabe, 2015; Yusuf et al., 2015**) grâce à sa richesse en polyélectrolytes cationiques actifs (**Poumaye et al., 2012**) utilisés comme polypeptides naturels non toxiques qui neutralisent les matières colloïdales et provoquent la sédimentation des particules minérales et organiques (**Foidl et al., 2001**).

### I.6.5. Biodiesel

Après l'extraction de nutriments de valeur élevée, l'huile de *Moringa oleifera* peut être convertie en biodiesel. La propriété la plus remarquable de ce biodiesel est réside dans les indices de cétane élevés (**Kafuku et Mbarawa, 2010**).

Les propriétés physico-chimiques étudiées du biodiesel de l'huile de *Moringa oleifera*, suggèrent qu'il puisse être employé comme carburant dans des moteurs diesel, principalement comme mélange au petro-diesel (**Silva et al., 2010**). Cependant, ce biodiesel de *Moringa* a montré des points de congélation à 3 C° et 10 C°, ce qui présente un inconvénient lors de son utilisation dans des températures basses

(**Kafuku et Mbarawa, 2010**).

### I.6.6. Autres utilisations

*Moringa oleifera* possède d'autres pouvoirs; ses graines sont utilisées pour purifier le lait et le miel. En raison de sa teneur en composés phytohormones de type cytokinines *Moringa* peut être utilisé comme un engrais pour activer la croissance des arbres et les rendements des plantes (**Pamo et al., 2002; Gnangle et al., 2010**). *Moringa oleifera* a été employé aussi comme une barrière de phase et coupe-vent (**Morton, 1991**).



**I.7. Importance socio-économique**

*Moringa oleifera* est l'un des arbres tropicaux les plus utiles. Il se propage relativement facilement, aussi bien de manière végétative que sexuée, et il est peu exigeant en eau et matières minérales. Ainsi, sa production et son entretien sont aisés. L'introduction de cette plante au sein d'une ferme dans un environnement riche en biodiversité peut être bénéfique à la fois pour l'exploitant et pour l'écosystème environnant (**Foidl et al., 2001**). Presque toutes les parties de la plante ont des intérêts nutritionnels d'où l'importance socio-économique dans la région agro-écologique (**Claudette, 2014**).

## II. Métabolites secondaires

### Introduction

Métabolites secondaires sont des molécules organiques synthétisées par les végétaux à partir de métabolites primaires (acides aminés, hydrates de carbone) par diverses voies (**Charles et Benbrook, 2005**). Ces composés sont souvent considérés comme n'étant pas essentiels à la vie de la plante (**Verscheure et al., 2002**), mais ils jouent un rôle majeur dans les interactions de la plante avec son environnement, contribuant ainsi à la survie de l'organisme dans son écosystème. Ils interviennent dans la défense contre les pathogènes, les prédateurs ou encore dans la pollinisation et la dissémination des graines (**Wink, 2003**).

### II.1. Principales classes de métabolites secondaires

Trois grandes familles de métabolites secondaires ont été définies, sur la base de leurs voies de biosynthèses : les terpénoïdes, les alcaloïdes et les composés phénoliques (**Bourgaud et al., 2001**).

#### II.1.1. Composés phénoliques

##### II.1.1.1. Définition et classification des composés phénoliques

Les composés phénoliques constituent un des groupes le plus nombreux et largement distribué des substances dans le royaume des végétaux avec plus de 8000 structures phénoliques présents dans tous les organes de la plante (**Lugasi et al., 2003**).

Ce sont des molécules hydrosolubles. L'élément fondamental qui caractérise ces composés est la présence d'au moins un noyau benzénique ( $-C_6H_5$ ) auquel est directement lié un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester, hétéroside (**Croteau et al., 2000; Lattanzio et al., 2006; Bruneton, 2008**).

Ils ont divers effets sur la physiologie végétale; ils participent à la pigmentation des fleurs, des légumes et de quelques fruits (raisins, agrumes, etc...). Certains d'entre eux sont responsables d'amertume et d'astringence ((**Macheix et al., 2006; Milane, 2004**).

Les fonctions principales attribuées à ces composés chez les végétaux sont la protection contre les pathogènes et les herbivores ainsi que la limitation des dommages dus aux radiations UV (**Lebham, 2005**).

Les composés phénoliques forment le groupe des composés phytochimiques le plus important des plantes (**Xiuzhen et al., 2007**). Ces substances sont dotées de certaines activités biologiques **Tableau V (Annexe I)**.

### II.1.1.1.1. Les acides phénoliques

Les acides phénoliques sont contenus dans un certain nombre de plantes agricoles et médicinales (Psotove *et al.*, 2003). Ils sont solubles dans les solvants organiques, ils représentent la forme la plus simple des composés phénoliques (Guignard, 2001; Barboni, 2006).

Les acides phénoliques se scindent en deux grands groupes distincts : les acides hydroxybenzoïques, et les acides hydroxycinnamiques (Han *et al.*, 2007).

Une analyse de HPLC des feuilles de *Moringa oleifera* a indiqué la présence d'acides phénoliques **figure 6 (Annexe I)** (gallique, chlorogénique, ellagique et férulique) (Verma *et al.*, 2009)

.

#### 1) Les acides hydroxybenzoïques

- Ce sont des dérivés de l'acide benzoïque
- Ont une structure générale de base de type (C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>)
- Existents souvent sous forme d'esters ou de glycosides
- Les Principaux acides hydroxybenzoïques sont résumés en **Tableau VI (Annexe I)**

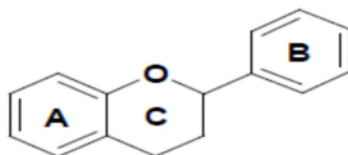
#### 2) Les acides hydroxycinnamiques (phénylpropanoïdes)

- Dérivent de l'acide cinnamique
- Ont une structure générale de base de type (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>)
- Existents souvent sous forme combinée avec des molécules organiques.

(Sarni-Manchado et Cheynier, 2006) **Tableau VII (Annexe I)**.

### II.1.1.1.2. Les flavonoïdes

Le nom flavonoïde proviendrait du terme Latin flavus ; (flavus=jaune) (Malešev et Kuntić, 2007). Près de 4000 flavonoïdes ont été décrits (Medić-Šarić *et al.*, 2004). Les flavonoïdes ont tous la même structure chimique de base (**Figure 7**). Ils possèdent un squelette carboné de quinze atomes (Erdman *et al.*, 2007). La structure des flavonoïdes est généralement représentée selon le système C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> (Emerenciano *et al.*, 2007) en formant une structure de type diphényle propane dont des groupements hydroxyles, oxygènes, méthyles, ou des sucres peuvent être attachés sur les noyaux de cette molécule (Narayana, 2001; Malešev et Kuntić, 2007). Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange et rouge de différents organes végétaux (Havsteen, 2002).



**Figure 7 :** Structure de base des flavonoïdes (Havsteen, 2002).

Les flavonoïdes peuvent être divisés en différentes classes **Tableau VIII (Annexe I)**.

### **II.1.1.1.3. Les tanins**

Les tanins sont des composés généralement amorphes localisés dans les vacuoles, solubles dans l'eau et insolubles dans les solvants organiques apolaires (Aguilera-Carbo *et al.*, 2008) et ayant, les propriétés habituelles des phénols, (soit la capacité de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et les protéines). Les tanins peuvent être divisés en deux groupes principaux en fonction de leurs structures (Khanbabaee et Van Ree, 2001; Hagermane, 2002).

#### **1) Tanins hydrolysables**

Ce sont des esters de glucose, c'est à dire un noyau central de glucose sur lequel se fixent, au moyen d'une liaison ester, des acides : l'acide gallique pour le groupe des gallotanins et l'acide ellagique pour le groupe des ellagitanins, leur hydrolyse par des acides, des bases ou certaines enzymes, libère le glucose ainsi que les acides gallique ou phénolique liés (Ghestem *et al.*, 2001).

#### **2) Tanins condensés (proanthocyanidines)**

De structure plus complexe, ces tanins sont les plus largement rencontrés dans les plantes vasculaires, des dicotylédones aux plantes plus primitives, fougères et gymnospermes.

Ce sont des polymères de flavan-3-oles (Catéchine) et de flavan-3,4-dioles (leucoanthocyanidines), ou un mélange des deux. Les chaînes de polymères comptent de 2 à 20 unités environ, et il existe de nombreuses hydroxylations possibles en différents endroits de chaque monomère. Cette diversité structurale explique les variations d'activité biologique (Aganga et Mosase, 2001; Sermr *et al.*, 2008).

### **II.1.2. Les terpènes**

Les terpènes ou terpénoïdes sont une classe importante de métabolites secondaires qui proviennent du même précurseur biosynthétique, l'acide mévalonique. Chaque classe de terpènes est issue du couplage « tête-à-queue » d'unités isopréniques. La première étape de

leur biosynthèse commence toujours par condensation de deux dérivés phosphorylés de l'acide mévalonique, l'isopentényl pyrophosphate et le diméthylallyl pyrophosphate

(Rouessac et Rouessac, 2004)

### II.1.3. Les alcaloïdes

Un alcaloïde est un composé organique naturel (le plus souvent d'origine végétale), hétérocyclique avec l'azote comme hétéroatome. Les alcaloïdes dérivent des acides aminés, de structure moléculaire complexe plus ou moins basique et doué de propriétés physiologiques prononcées même à faible dose (Zenk et Juenger, 2007) ils constituent un des plus grands groupes de métabolites secondaires avec près de 10 000 à 12 000 différentes structures. Les alcaloïdes (**Figure 8**) ont plusieurs applications pharmaceutiques chez l'Homme : antalgiques (morphine, codeïne), spasmolytiques (tubocurarine et papaverine) ; antitussifs (codéine) (Stöckigt et al., 2002).



**Figure 8:** Structures de deux alcaloïdes (Mamadou, 2011).

*Partie*  
*pratique*

*Matériel et  
méthodes*

### III. Matériel végétal

#### ➤ Origine des échantillons

Notre échantillon (**Figure 9**) a été réceptionné sous forme des gousses mures séchées naturellement.

Leur longueur varie entre 19,5 à 41,8 cm. Chaque gousse contient environ 3 à 20 graines. Les gousses de *Moringa oleifera* en provenance du Sud de l'Algérie, ont été récoltées à la fin du mois de Septembre 2014.

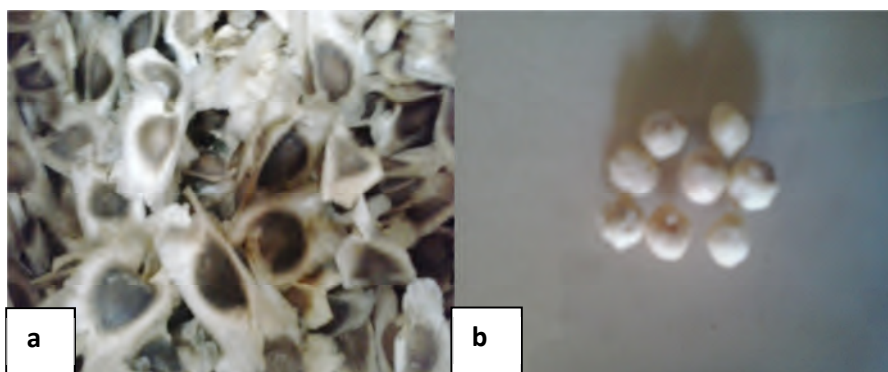


**Figure 9** : Photographie des gousses mures sèches de

#### III. 1. Préparation des échantillons

Les graines sont libérées des gousses et décortiquées manuellement (séparation de l'amande du tégument).

Après l'élimination du tégument, les graines (**figure 10, a**) et les amandes (**figure 10, b**) ont été broyées séparément à l'aide d'un broyeur électrique, les poudres obtenues ont été ensuite tamisées à l'aide d'un tamis électrique (Retsch), dont le diamètre est de 0,5 mm. Les poudres ainsi obtenues ont été délipidées suivant la méthode de Soxhlet, puis conservées dans des bocaux en verre à l'abri de la lumière pour éviter toute détérioration des échantillons.



**Figure 10** : Photographie des graines(a) et amandes(b) de *Moringa oleifera*.



## III.2. Composition chimique globale

### III.2.1. La matière grasse

- **Principe**

La méthode de Soxhlet (**figure 11**), 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, 1975**).

- **Mode opératoire**

30g de l'échantillon (graine/amande) ont été introduits dans une cartouche filtrante de cellulose et extraits à chaud (température d'ébullition d'éther de pétrole) par trempage dans 250 ml de solvant durant 8 heures le résidu d'extraction. Après évaporation du solvant le résidu est séché à l'air libre puis pesé. Pour des dosages ultérieurs les résidus sont conservés dans des bocaux en verre, à l'abri de la lumière pour éviter toute altération de l'échantillon.

- **Expression des résultats**

$$MG\% = \frac{P_3 - P_2}{P_1} \times 100$$

**P<sub>1</sub>** : Poids sec de la prise d'essai.

**P<sub>2</sub>** : Poids du ballon vide séché dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures.

**P<sub>3</sub>** : Poids du ballon contenant la matière grasse mis dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures.



**Figure 11: Photographie d'Appareil de soxhlet .**

### III.2.2. 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

(Kjeldhal, 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)

#### III.2.2.1. Minéralisation

Pendant l'étape de la minéralisation, l'azote protéique est transformé en azote ammoniacal par oxydation de la matière organique dans l'acide sulfurique concentré à haute température 400°C, en présence d'un catalyseur.

L'acide sulfurique concentré a pour but d'oxyder la matière organique et de transformer l'azote protéique en ammoniac  $\text{NH}_3$ . Il sert également à piéger l'ammoniac gazeux sous la forme de sulfate d'ammoniac.

#### III.2.2.2. Distillation

Une distillation à froid de l'ammonium par l'ajout d'un excès de soude afin de changer le pH acide en un pH basique, ce qui a pour effet d'obtenir l'ammoniac qui sera entraîné par la vapeur de distillation. L'ammonium sera ainsi piégé par l'eau formée après condensation en hydroxyde d'ammonium.

#### III.2.2.3. Titration

Un titrage de l'ammoniac complexe avec de l'acide borique ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) par une solution titrant de l'acide sulfurique en présence d'un indicateur coloré.

- **Mode opératoire**

On introduit une prise d'essai 0,5g d'échantillon dans des matras, 2g de catalyseur (2g de sélénium, 20g de sulfate de cuivre, 80g de sulfate de potassium), 20ml d'acide sulfurique (98%) les matras sont placés sur un bloc minéralisateur chauffé à 400°C pendant une heure sous une hotte qui aspire les vapeurs sulfureuses résultantes de la décomposition partielle de l'acide sulfurique. Le chauffage est maintenu jusqu'à obtention d'un filtrat limpide.

Un témoin est réalisé dans les mêmes conditions sans échantillon.

Après refroidissement des matras, on verse le contenu dans des fioles puis on ajuste le volume jusqu'à 100ml avec de l'eau distillée.

L'ammoniac est distillé à l'aide d'un analyseur en présence de la soude 40%.

Le distillat recueilli dans un erlenmeyer contenant 20ml de solution d'acide borique est titré par l'acide sulfurique 0,01N jusqu'à avoir un virage du vert au rose clair).

- **Expression des résultats**

$$N\% = \frac{(V_1 - V_0)0,28}{P_{\text{essai}}} \times 100$$

Si l'on admet que l'azote représente une moyenne de 16% de la masse des protéines, la concentration en protéines sera :

$$P\% = N\% \times 6,25$$

**N%** : pourcentage d'azote.

**P%** : pourcentage de protéine.

**V<sub>1</sub>** : volume en millilitre de l'acide chlorhydrique titré.

**V<sub>0</sub>** : volume en millilitre de l'acide chlorhydrique utilisé lors de témoin.

**P<sub>essai</sub>** : la masse en gramme de la prise d'essai.

### **III.2.3. Teneur en cellulose brute**

La teneur en cellulose brute est déterminée par la méthode de **WEENDE (1809)**. Les matières cellulosiques constituent le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin.

- **Mode opératoire**

- Peser 2 g d'échantillon délipidée.
- Ajouter de l'acide sulfurique à 1,25% jusqu'au repère de 300 ml.
- Faire bouillir à l'aide de la plaque chauffante pendant exactement 30 minutes à partir du début de l'ébullition.
- Brancher le vide pour vidanger l'acide sulfurique.
- Laver trois fois avec 60 ml d'eau distillée chaude, en connectant à chaque fois l'air comprimé pour mélanger le contenu des creusets.
- Après avoir vidangé le dernier lavage, ajouter 300 ml d'hydroxyde de potassium (KOH) à 1,25%.
- Faire bouillir 30 mn à partir du début de l'ébullition.
- Filtrer et laver comme l'étape précédente.
- Effectuer un dernier lavage avec de l'eau distillée froide pour permettre aux creusets de refroidir, puis laver trois fois le contenu des creusets avec 25 ml d'acétone.

- Retirer les creusets et déterminer le poids sec après séchage  $F_1$  dans un four à  $105^\circ\text{C}$  jusqu'à obtenir un poids constant. Laisser refroidir dans un dessiccateur. Ce poids représente la cellulose brute plus la teneur en cendres en comparaison du poids initial.
- Lorsque la teneur en cendres est également nécessaire, les creusets sont placés dans un four à moufle à  $550^\circ\text{C}$  pendant 3h et repesés après refroidissement dans un dessiccateur  $F_2$ .
- La différence de poids en comparaison avec  $F_1$  représente le contenu en cellulose brute sans les cendres.

- **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

$$\% \text{Cellulose brute} = \frac{F_1 - F_2}{F_0} \times 100$$

$F_0$  : Poids sec de la prise d'essai (g).

$F_1$  : Poids du résidu dans les creusets plein avant calcination (g)

$F_2$  : Poids du résidu dans les creusets plein après calcination (g).

### **III.3. Extraction et dosage des composés phénoliques**

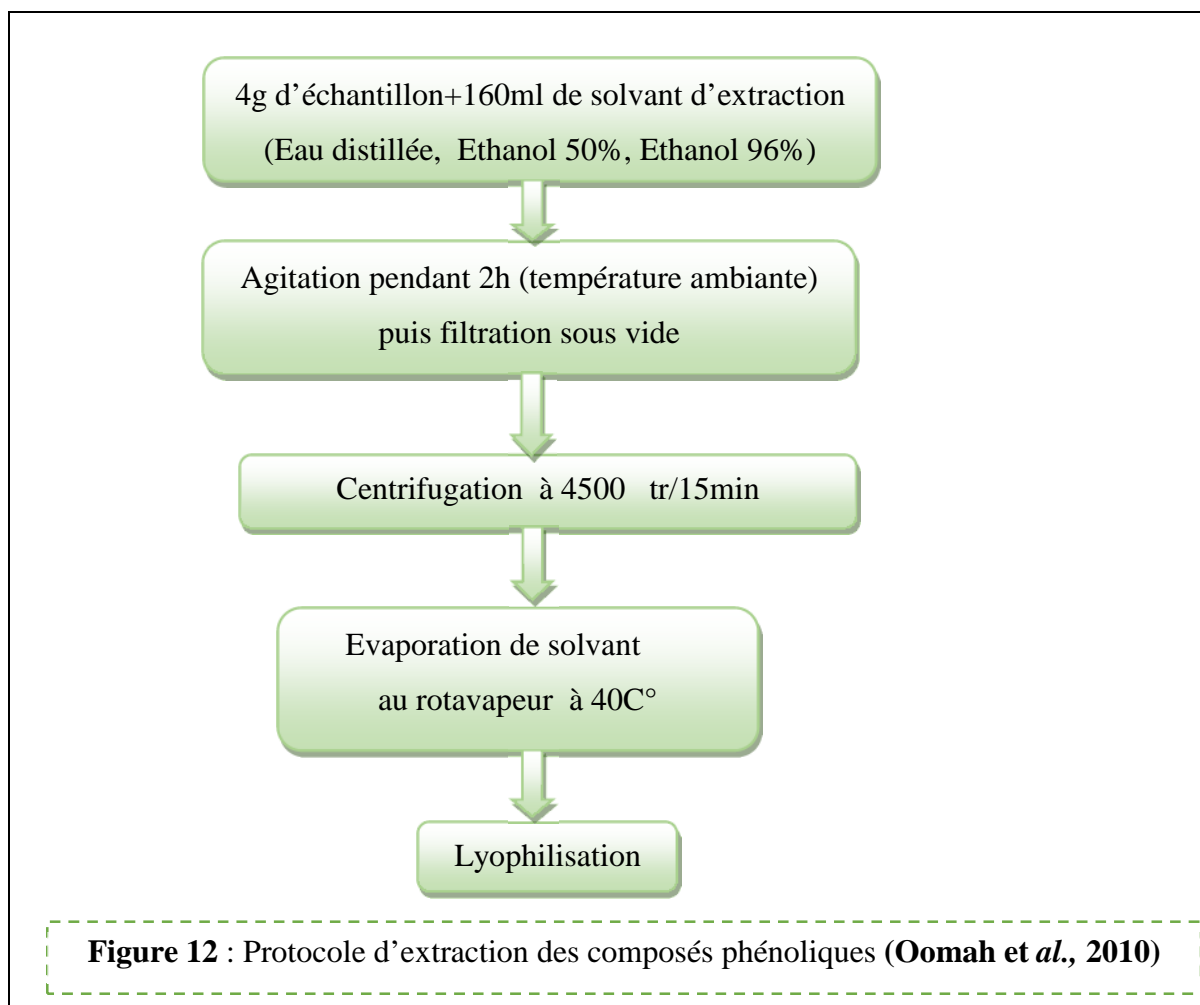
#### **III.3.1.Extraction**

L'extraction des composés phénolique trois solvants d'extraction ont été utilisés (Eau distillée, Ethanol 50% et Ethanol 96%).

- **Principe**

Quand une matrice est au contact d'un solvant, les composants solubles migrent vers le solvant .ainsi l'extraction est un transfert du principe actif de la matrice vers le solvant selon un gradient de concentration (**Handa, 2008**).

- Mode opératoire



Le rendement de l'extraction est calculé comme suit :

$$\text{Taux d'extraction(\%)} = \left( \frac{P_1 - P_0}{E} \right) \times 100$$

$P_0$  : Poids du ballon vide (g).

$P_1$  : Poids du ballon après lyophilisation (g).

$E$  : Poids de la matière sèche (g).

### III.3.2. Dosage des composés phénoliques

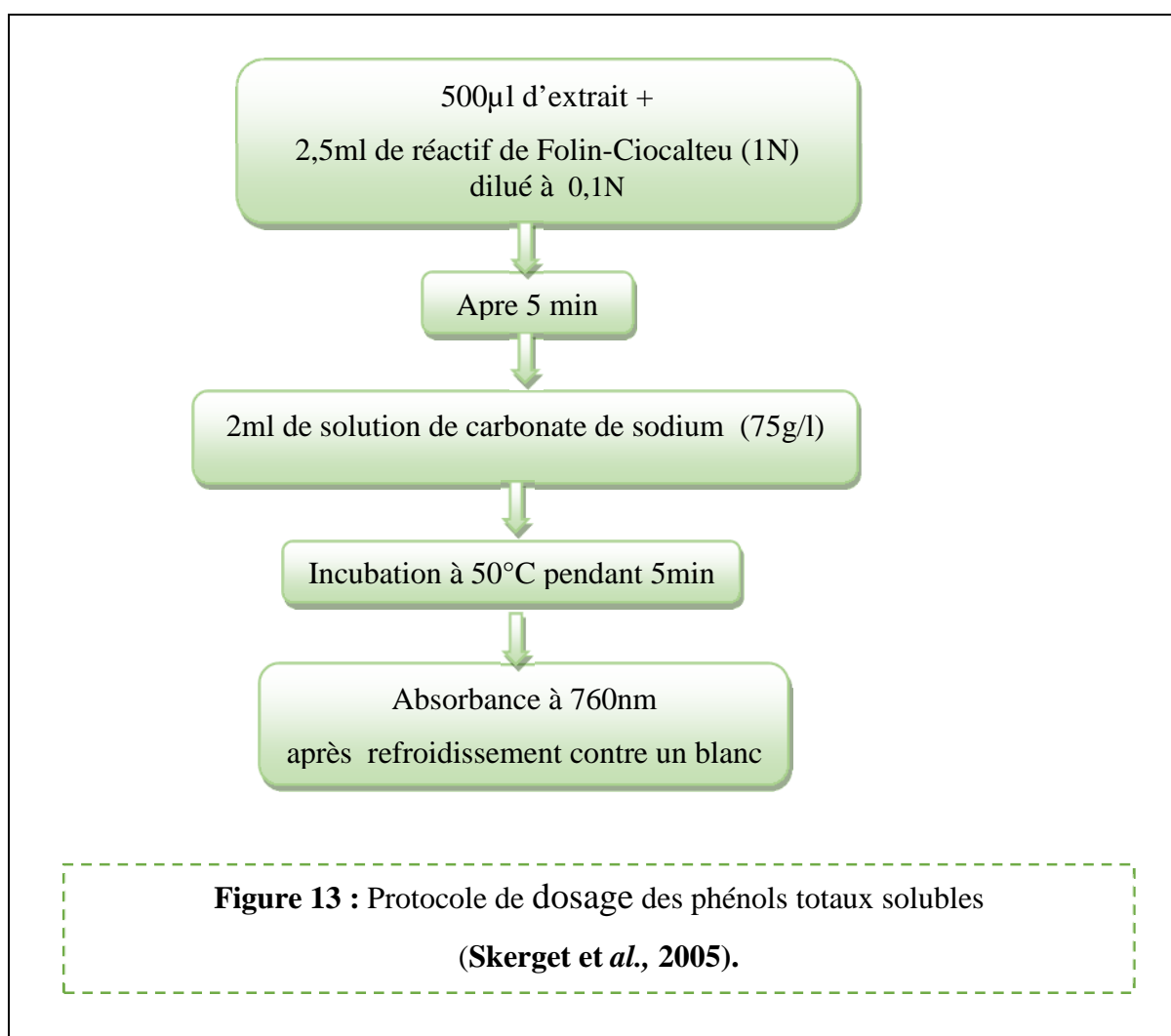
Les échantillons lyophilisés ont été reconstitués tout en respectant la concentration de l'extrait de départ.

#### III.3.2.1. Dosage des phénols totaux solubles par la méthode (Folin Ciocalteu)

Le dosage des phénols totaux solubles est effectué par la méthode au Folin-Ciocalteu (Figure 13) décrite par Skerget *et al.*, (2005).

Le réactif de Folin-Ciocalteu, mélange de l'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ), est réduit en présence de polyphénols en un mélange d'oxydes bleu de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ). La coloration bleue produite est proportionnelle au taux des composés phénoliques présents dans le milieu réactionnel (Ribéreau-Gayon, 1968; Lapornik et al., 2005).

- **Mode opératoire**



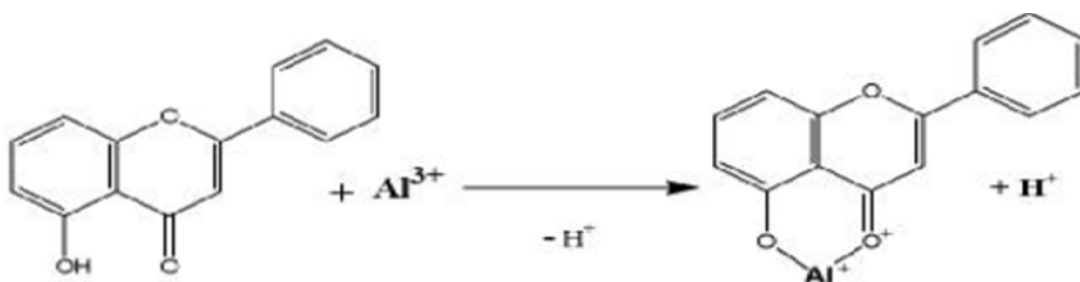
Les concentrations en phénols totaux solubles sont déterminées par référence à une courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique (Annexe II). Les résultats sont exprimés en (mg EAG/g Ech).

### III.3.2.2. Dosage des flavonoïdes au trichlorure d'aluminium

Le contenu en flavonoïdes des différents extraits (Figure 15) est estimé par la méthode de Lamaison et Carnet, (1990) citée par Bahri-Sahloul (2009).

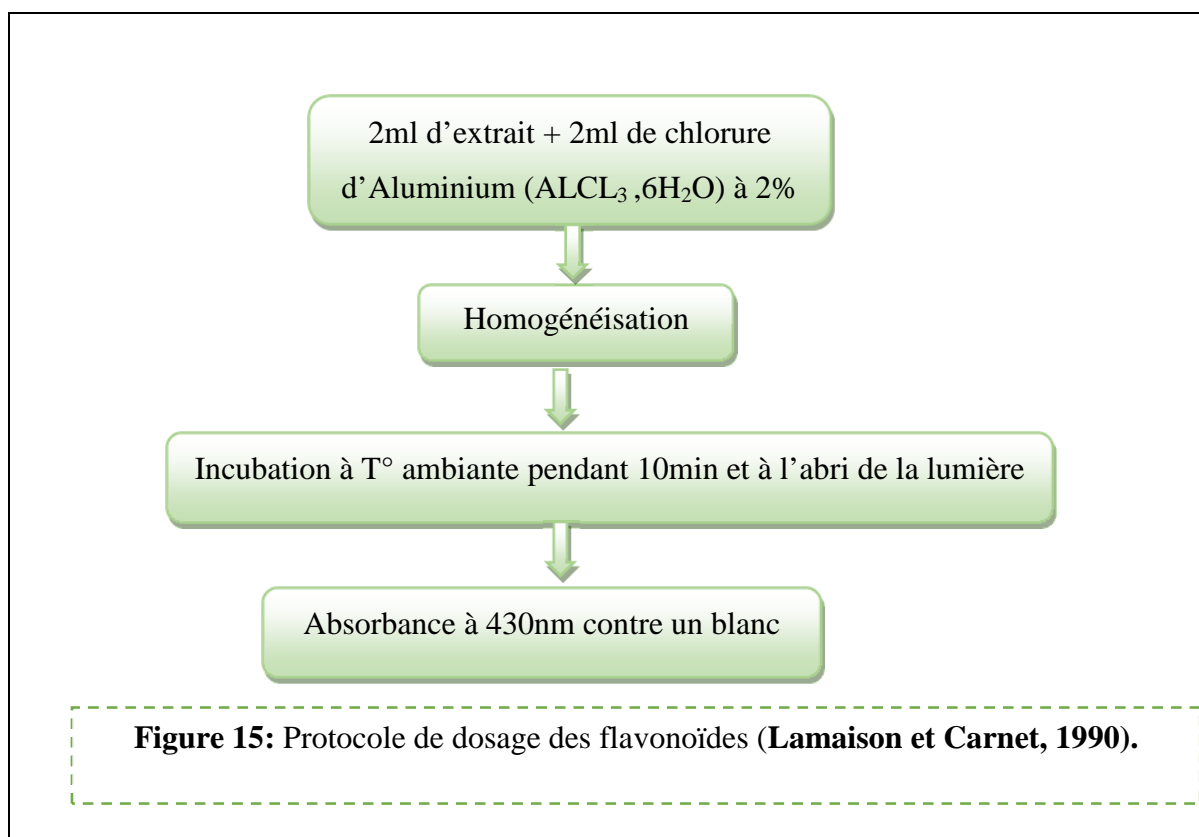
- **Principe**

La méthode repose sur le principe du dosage directe par le chlorure d'aluminium (Figure 15). 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 (Ribereau-Gayon, 1968).



**Figure 14 :** Réaction du Chlorure d'Aluminium avec les flavonoïdes (Ribereau- Gayon, 1968).

- **Mode opératoire**



**Figure 15:** Protocole de dosage des flavonoïdes (Lamaison et Carnet, 1990).

La teneur en flavonoïdes est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue avec la quercitrine (**Annexe II**). Les résultats sont exprimés en (mg EQ/g Ech).

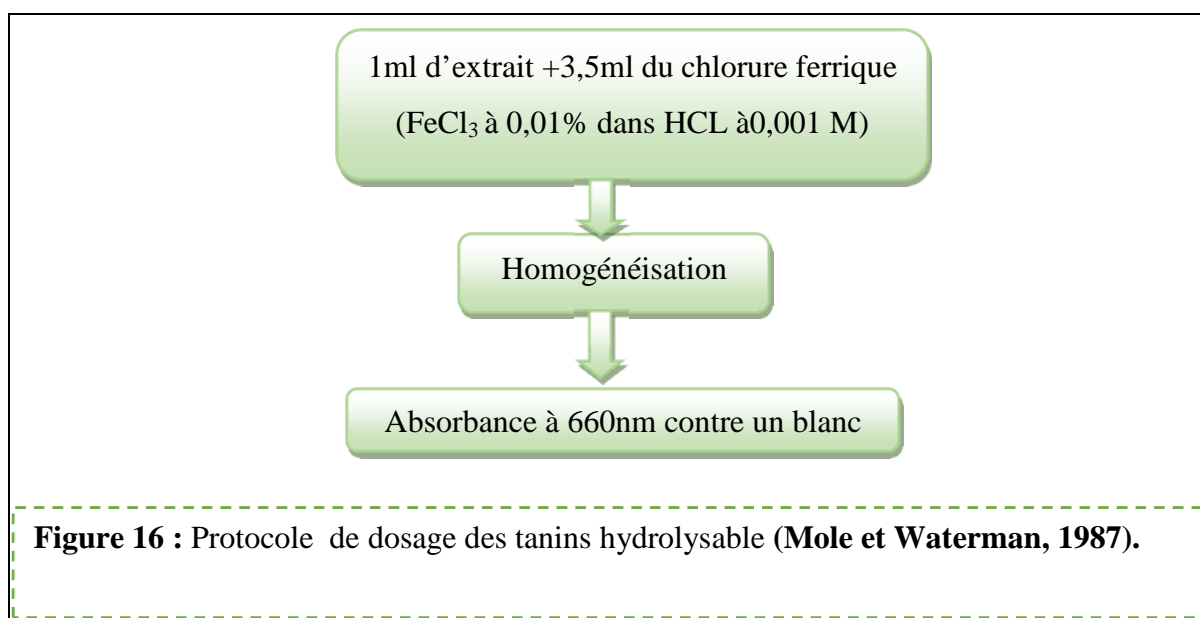
### III.3.2.3. Dosage des tanins hydrolysables (au chlorure ferrique)

Le dosage des tanins hydrolysables est réalisé par la méthode au chlorure ferrique (**Figure 16**) rapportée par **Mole et Waterman, (1987)**.

- **Principe**

Les tanins hydrolysables réagissent avec le chlorure ferrique et donnent une coloration bleue mesurée par spectrophotométrie (**Mamadou, 2002**).

- **Mode opératoire**



La teneur en tanins hydrolysables est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide tanique (**annexe II**). Les résultats sont exprimés en mg EAT/g ech.

### III.3.2.4. Dosage des tanins condensés

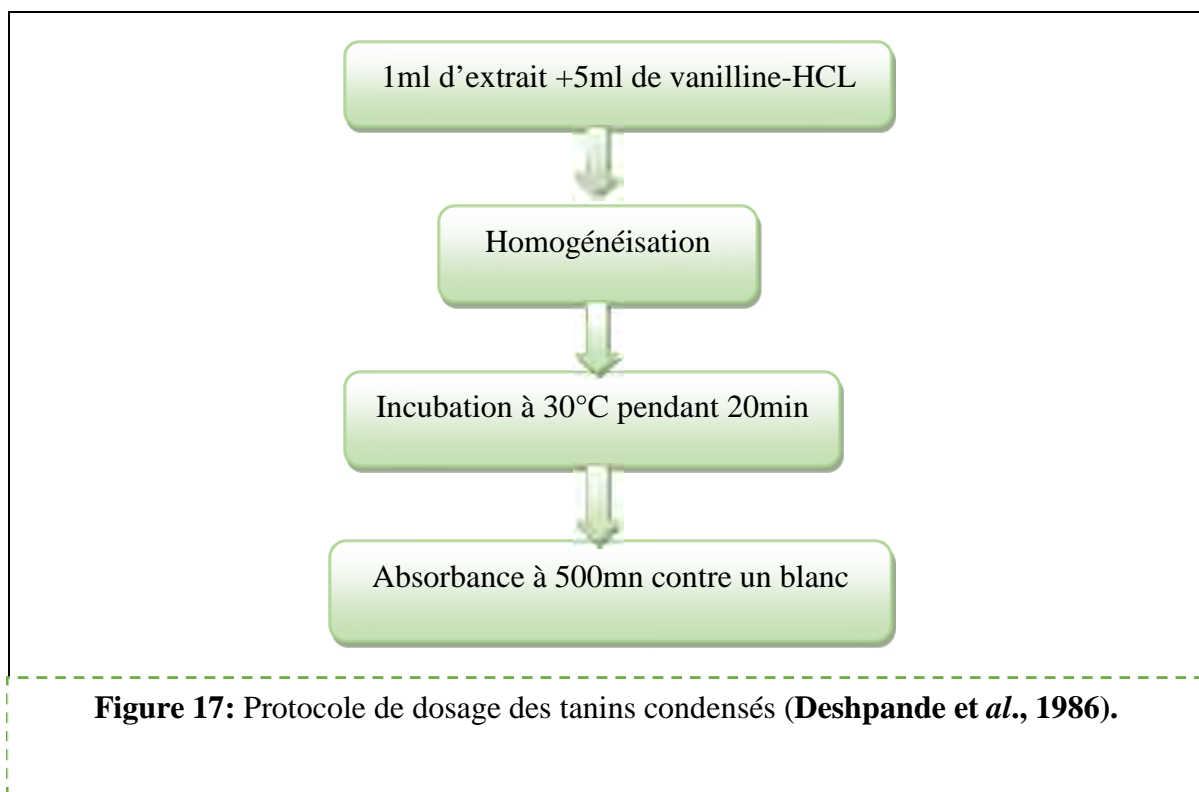
La méthode à la vanilline décrite par **Deshpande et al., (1986)** ; est utilisée pour Le dosage des tanins condensés (**Figure 17**).

- **Principe :**

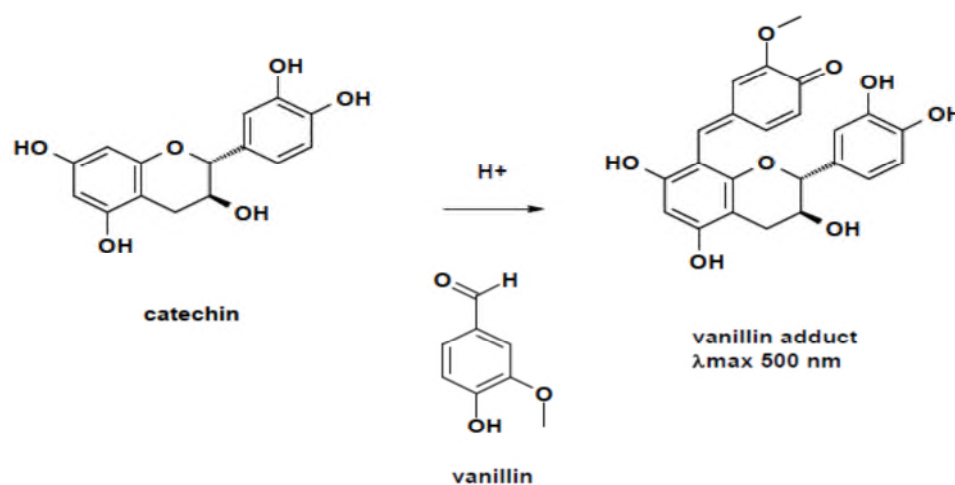
Cette méthode est basée sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités des tanins condensés (**Figure 18**) dans un milieu acide pour produire un complexe rouge mesuré à 500 nm (**Hagerman, 2002**).



- Mode opératoire



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 EC/g Ech).

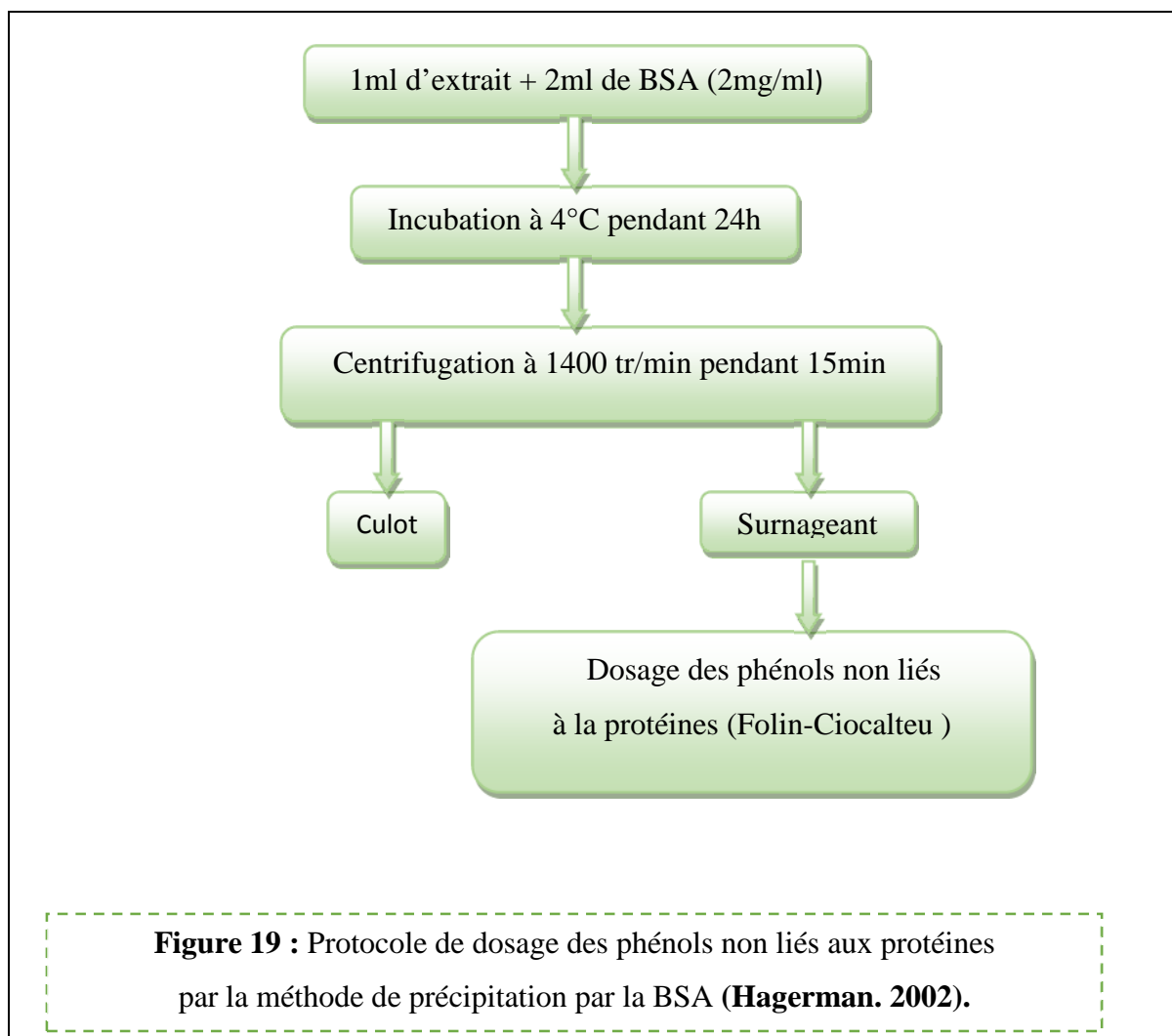


**Figure 18:** Réaction de la vanilline avec la catéchine (Hagerman, 2002).

### III.3.2.5. Dosages des phénols non liés à la protéine

Les phénols simples non liés à la protéine sont dosés sur le surnageant obtenu après précipitation des tanins par la BSA (**Figure 19**). Le dosage de ces phénols est estimé par la méthode au Folin Ciocalteu **Skerget *et al.*, (2005)** décrite dans dosage des composés phénoliques totaux.

- **Mode opératoire**



La teneur en phénols non liés est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage préparée avec l'acide gallique (**annexe II**), et exprimée en mg équivalent d'acide gallique par gramme d'échantillon (mg EAG/g Ech).

La teneur en phénols correspond à la différence obtenue entre les teneurs en phénols totaux solubles et celle des phénols non liés à la protéine.

### **III.4. Mise en évidence de la présence d'autres métabolites secondaires**

#### **III.4.1. Saponines**

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

#### **III.4.2. Alcaloïdes**

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

#### **III.4.3. Terpénoïdes**

La méthode **d'Aziman et al. (2012)** permet de mettre en évidence la présence de terpénoïdes. 2,5 ml d'extrait est ajouté à 1ml de chloroforme. Après homogénéisation, 1.5 ml d'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 ces composés.

### **III.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 condensés et hydrolysables) 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.

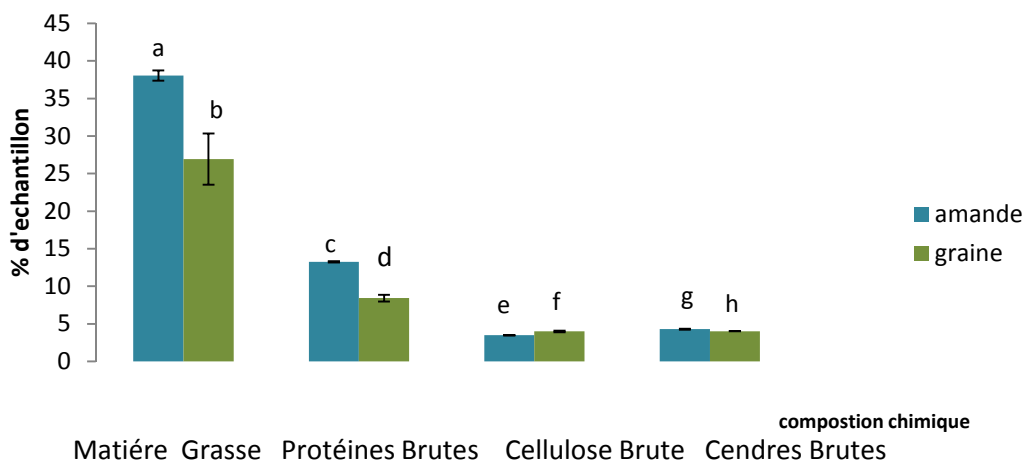


# *Résultats et discussion*

## IV. Résultats et discussion

### IV.1. Composition chimique

La composition chimique globale de la graine entière et amande de *Moringa oleifera* est illustrée dans la (figure 20). Quel que soit le constituant chimique considéré, l'analyse statistique montre des différences significatives ( $p < 0.05$ ) entre les deux échantillons.



**figure 20** : Composition chimique des graines et amandes de *Moringa Oleifera*.

Ainsi l'amande est plus riche en matières grasses (38,06%), protéines brutes (13,25%) et cendre (4,28%) que la graine (26,95%, 8,41% et 4,01% respectivement).

Cette dernière renferme toutefois plus de cellulose brute (3,98%) contre (3,48% pour l'amande).

### IV.2. Teneur en composés phénoliques

L'extraction a mis en jeu deux facteurs : le facteur échantillon (graines et amande délipidées) et le facteur solvant d'extraction (eau distillée, éthanol 50% et éthanol 96%).

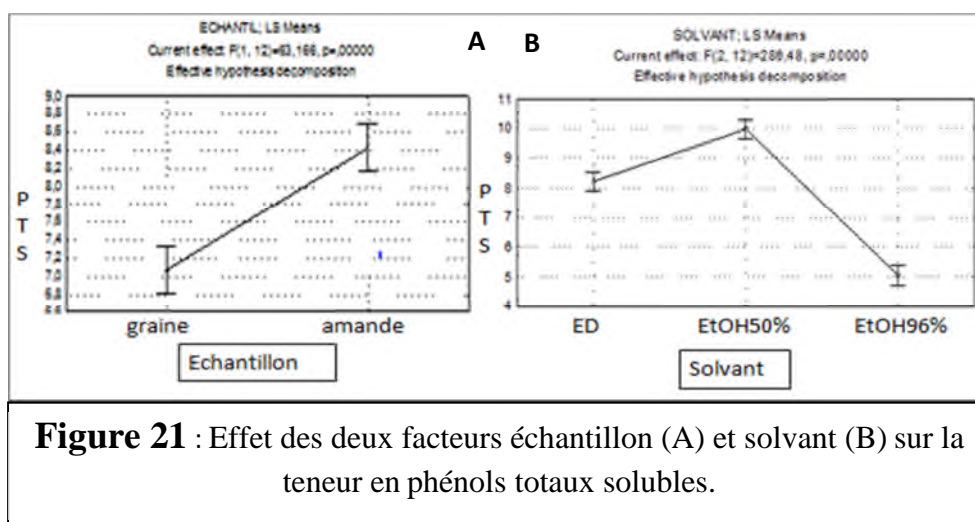
#### IV.2.1. Teneur en Phénols totaux solubles

Les résultats d'analyse statistique (Tableau IX) met en évidence un effet significatif ( $P < 0.05$ ) de chacun des deux facteurs met en jeu (échantillon ; solvant) avec une interaction significative ( $P < 0.05$ ) entre eux.

**Tableau IX** : Analyse de la variance des polyphénols totaux solubles

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1080,98956	1	1080,98956	8287,04885	0
ECHANTIL	8,23958022	1	8,23958022	63,166016	4,0208E-06
SOLVANT	74,7396659	2	37,369833	286,483462	7,4525E-11
ECHANTIL*SC	39,0402825	2	19,5201412	149,644705	3,2817E-09
Error	1,56531896	12	0,13044325		

Nous notons (**Figure 21, A**) que l'amande est significativement ( $P < 0.05$ ) plus riche en phénols totaux solubles (12,04mg EAG/g Ech) que la graine (6,41mgEAG/g Ech). De même, la figure 21, B montre une efficacité plus marquée ( $P < 0.05$ ) d'éthanol 50% utilisé comme solvant d'extraction.

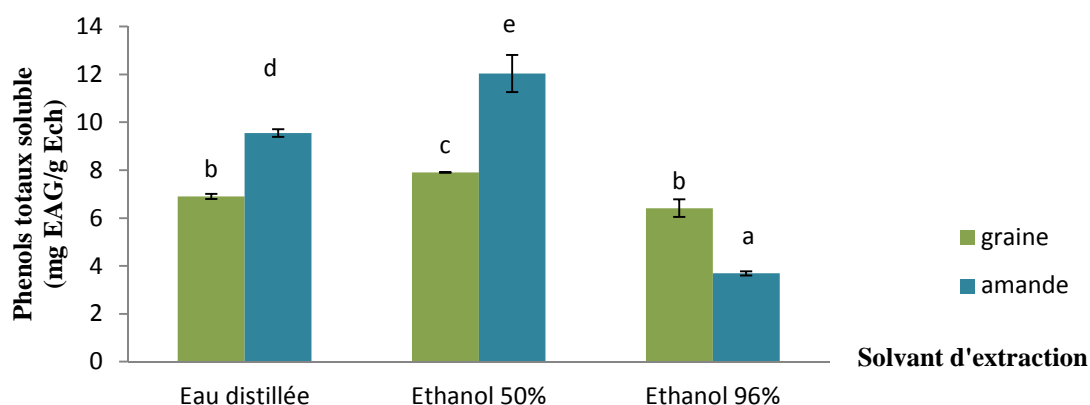


L'effet de la substitution de l'eau distillée par l'éthanol est illustré par la **figure, 22**.

L'éthanol 50% augmente la solubilité des phénols totaux solubles alors que l'éthanol 96% induit une baisse de la solubilité des phénols totaux solubles, particulièrement pour l'amande.

Les augmentations de solubilité en PTS induites par l'éthanol 50% s'élèvent à 26,08% et 14,54 % respectivement pour l'amande et la graine.

La baisse de teneurs en phénols totaux solubles enregistrée avec l'éthanol 96% varie de 7,10 % pour la graine et 61,37% pour l'amande.

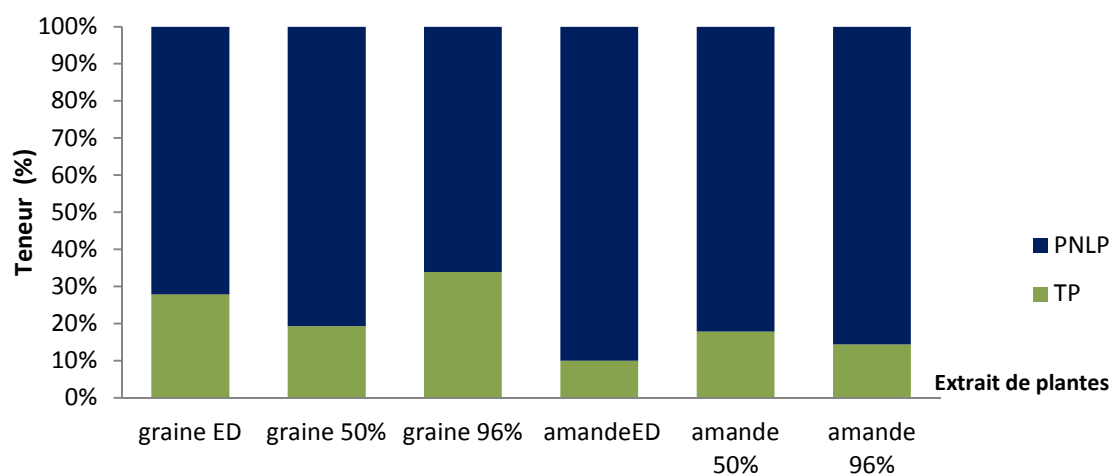


**Figure 22:** Teneur en phénols totaux solubles ( mg EAG/g Ech).

#### IV.2.2. Teneur en tanins polymérisés

Les résultats illustrés par la **Figure 23** montrent une plus faible aptitude des phénols totaux solubles (PTS) de l'amande à se lier à une protéine (17,78 à 9,85%) que les PTS de la graine (33,9 à 19,24 %).

L'extraction des phénols totaux solubles des graines à l'éthanol 96% augmente la proportion des phénols aptes à se lier à la protéine 33,9 %.



**Figure 23 :** Teneur en phénols attachés et non attachés à la protiene BSA en pourcentage de PTS.



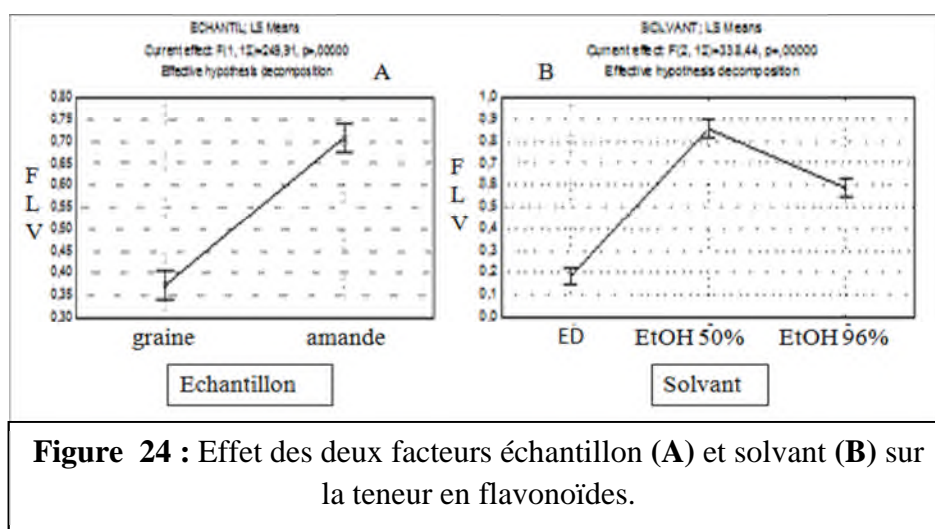
### IV.2.3. Teneur en flavonoïdes

L'analyse de la variance des résultats illustrés dans le **Tableau X** montre que les teneurs en flavonoïdes des extraits dépendent aussi bien du facteur plante que du solvant d'extraction ( $p < 0.05$ ).

**Tableau X** : Analyse de la variance des flavonoïdes

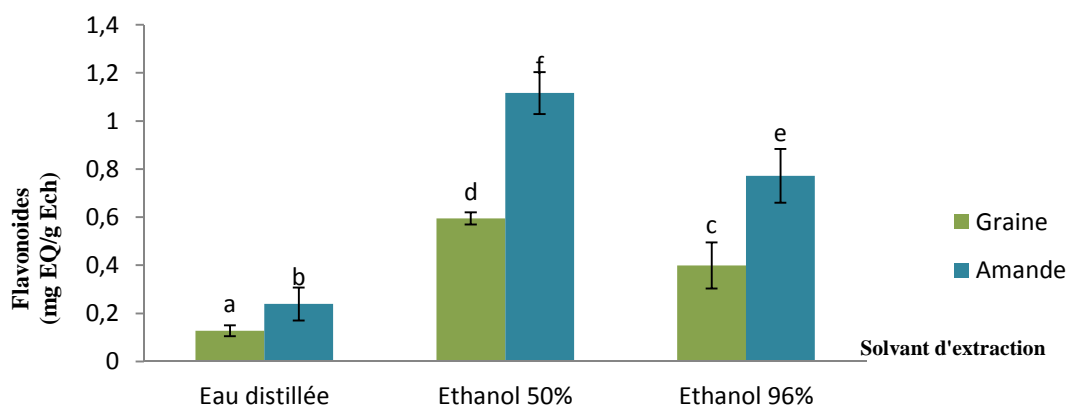
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5,28003624	1	5,28003624	2605,23576	2,1094E-15
ECHANTIL	0,50649215	1	0,50649215	249,909545	2,1291E-09
SOLVANT	1,37184	2	0,68592	338,441486	2,7939E-11
ECHANTIL*S	0,12917282	2	0,06458641	31,8677414	1,5823E-05
Error	0,02432042	12	0,0020267		

Nous notons (**Figure 24 A**) que l'amande est significativement ( $P < 0.05$ ) plus riche en flavonoïdes (1,12mg EQ/g ECH) que la graine (0,6 mg EQ / g Ech). De même la **Figure 24 B** montre une efficacité plus marquée ( $P < 0.05$ ) de l'éthanol 50% utilisé comme solvant.



La **Figure 25** illustre la variabilité de teneur en flavonoïdes des différents extraits. Pour un même solvant, l'amande se distingue par une plus grande richesse ( $P < 0.05$ ).

L'utilisation de l'éthanol 50% s'accompagne d'une élévation des teneurs en flavonoïdes de 365,57% pour la graine et 366,17% pour l'amande. Dans le cas de l'éthanol 96% nous enregistrons des améliorations de solubilité relativement plus faibles: 222,53% et 212,46% respectivement pour la graine et l'amande.



**Figure:25** Teneur en flavonoïdes (mg EQ/g Ech).

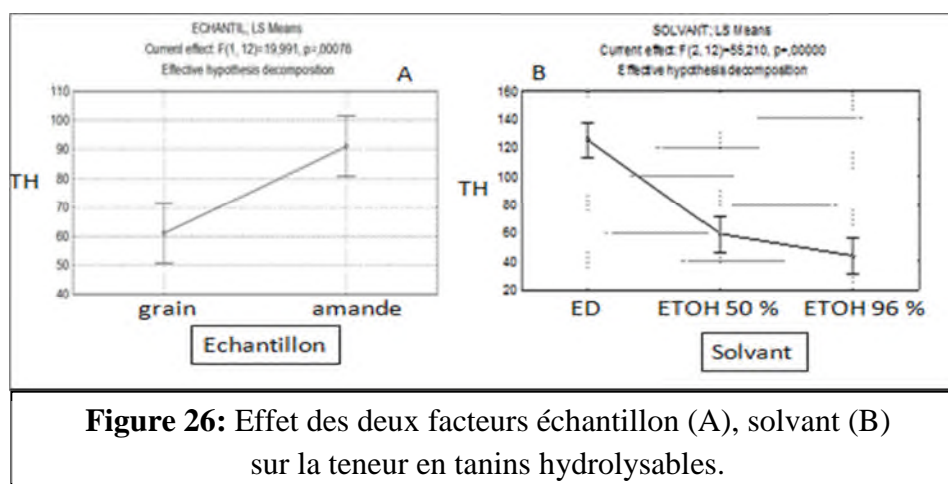
#### IV.2.4. Teneur en tanins hydrolysables

Le **tableau XI** montre un effet significatif ( $P < 0.05$ ) des deux facteurs mis en jeu (échantillon, solvant) avec une interaction significative ( $P < 0.05$ ) entre eux.

**Tableau XI:** Analyse de la variance des tanins hydrolysables.

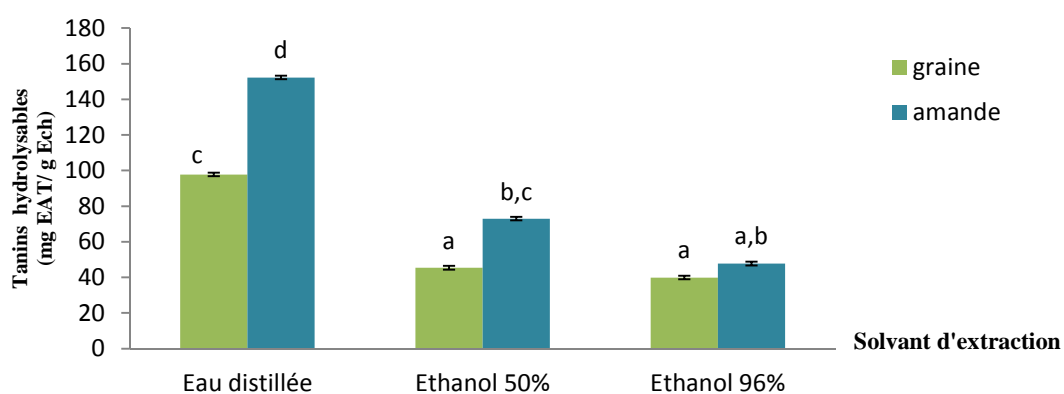
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	104073,254	1	104073,254	514,606362	3,1898E-11
ECHANTIL	4043,01751	1	4043,01751	19,9913278	0,0007641
SOLVANT	22331,3158	2	11165,6579	55,2103291	8,8707E-07
ECHANTIL*SOLVANT	1645,66651	2	822,833257	4,0686268	0,0447802
Error	2426,86282	12	202,238568		

Nous observons (**Figure 26 A**) que l'amande est significativement ( $P < 0.05$ ) plus riche en Tanins hydrolysables (152,30mg EAT/ g Ech) que la graine (97,80 mg EAT/ g Ech).



La **figure 26 B** indique une efficacité plus marquée ( $P < 0.05$ ) de l'eau distillée utilisée comme solvant.

Pour le même solvant les résultats rapportés par la **figure 27** montrent une plus grande richesse de l'amande en tanins hydrolysables : 152,3 à 47,76 mg EATA/ g Ech contre 97,8 à 39,93 mg EAT/g Ech) pour la graine. Comparés à l'extrait aqueux correspondant, nous enregistrons de faibles teneurs pour les extraits à l'éthanol 50%. La solubilisation de ces composés varie de 52,06 à 53,54 % respectivement pour l'amande et la graine. Les baisses de solubilités sont plus marquées avec l'éthanol 96% (68,63 à 59,18% respectivement pour l'amande et la graine).



**Figure 27** : Teneur en tanins hydrolysables (mg EAT/ g Ech)

Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p > 0,05$ ).

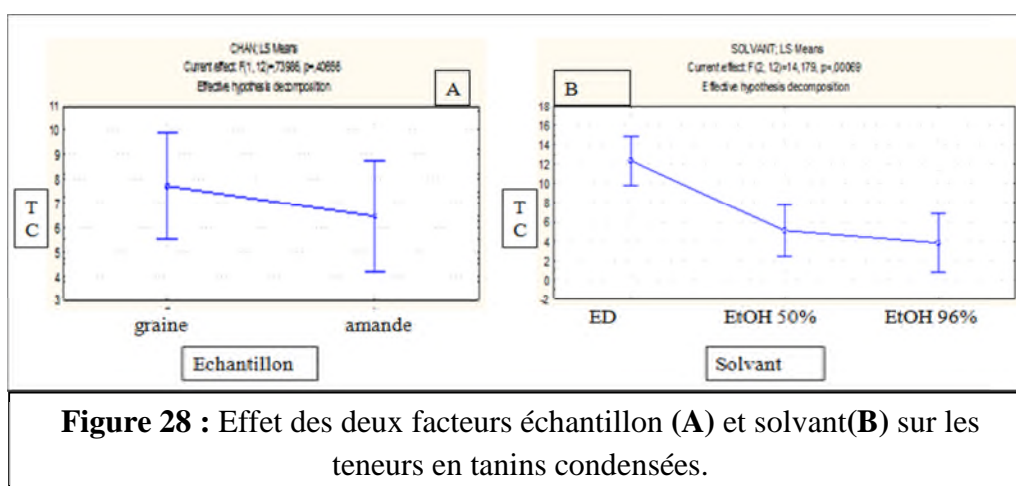
#### IV.2.5. Teneur en Tanins condensés

L'analyse statistique de nos résultats illustrés dans le **Tableau XII** met en évidence un effet significatif de ( $P < 0.05$ ) de chacun des deux facteurs (solvant et échantillon) avec une interaction significative ( $P < 0.05$ ) entre eux.

**Tableau XII** : Analyse de la variance des tanins condensés

	SS	Freedom	MS	F	p
Intercept	869,401054	1	869,401054	94,3509688	4,8987E-07
CHAN	6,81748179	1	6,81748179	0,73986109	0,40656235
SOLVANT	261,314185	2	130,657092	14,1794436	0,00069096
CHAN*SOLVA	0,3700259	2	0,18501295	0,02007836	0,98015472
Error	110,574515	12	9,21454294		

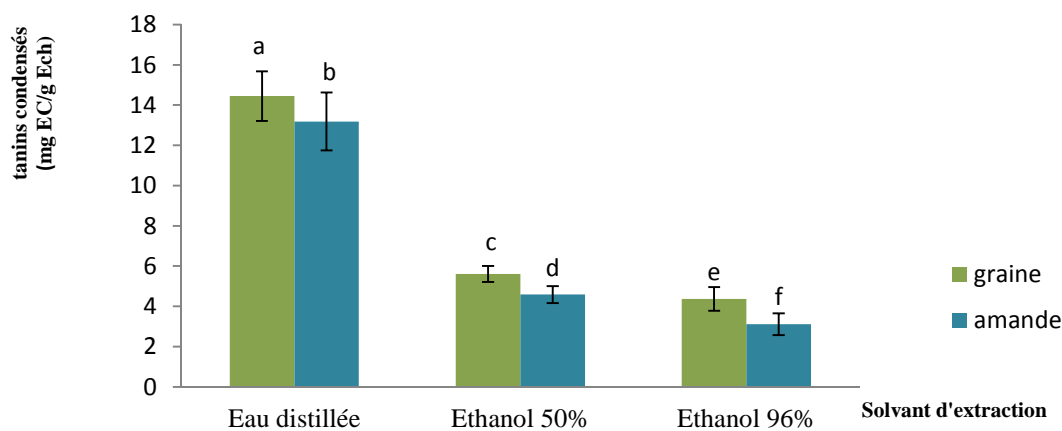
Nous notons en effet (**Figure 28 A**) que la graine est significativement ( $P < 0.05$ ) plus riche en tanins condensés (14,44 mg ECAT/g Ech) que l'amande (13,18 mg CAT/g Ech). De même la (**Figure 28 B**) montre une efficacité plus marquée pour l'eau distillée utilisée comme solvant d'extraction.



Nos résultats de dosage des tanins condensés montrent que les teneurs varient de 4,34 à 14,44 mg ECAT/g Ech pour la graine et 13,18 à 3,1 mg ECAT/g Ech pour l'amande.

L'analyse de nos données (**Figure 29**) montre que, pour un même solvant, la graine est mieux pourvue ( $P < 0.05$ ) en tanins condensés que l'amande.

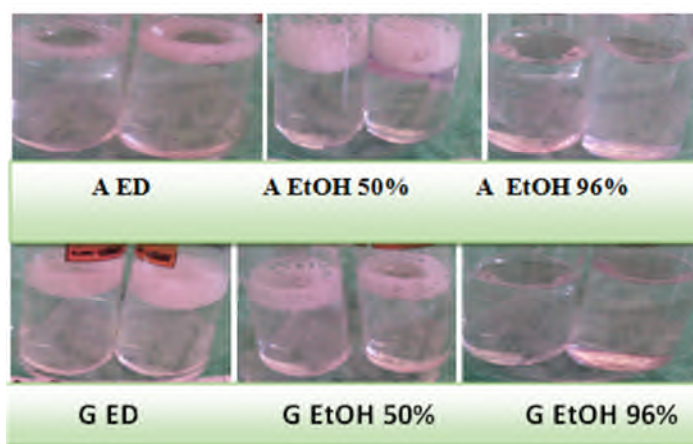
Aussi bien pour la graine que pour l'amande, la substitution partiel ou totale de l'eau distillée par de l'éthanol s'accompagne d'une baisse de solubilité des tanins (57,44 à 78,42%) pour la graine et pour l'amande (66,84 à 68,23%).



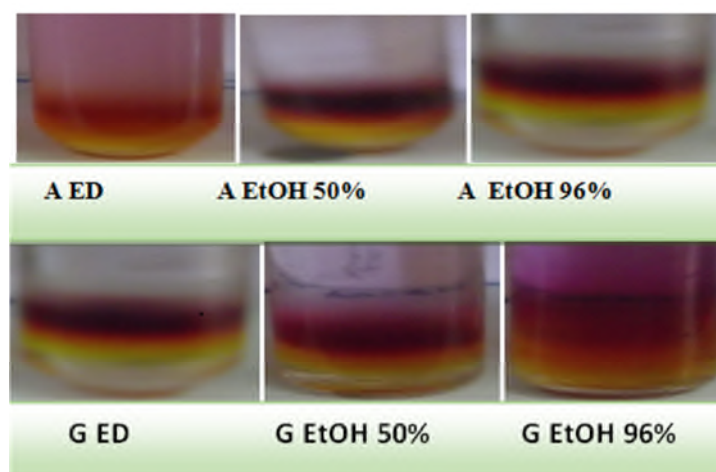
**Figure 29:** Teneur en tanins condensés (mg EC/g Ech.)

#### IV. 3. Mise en évidence d'autres métabolites secondaires

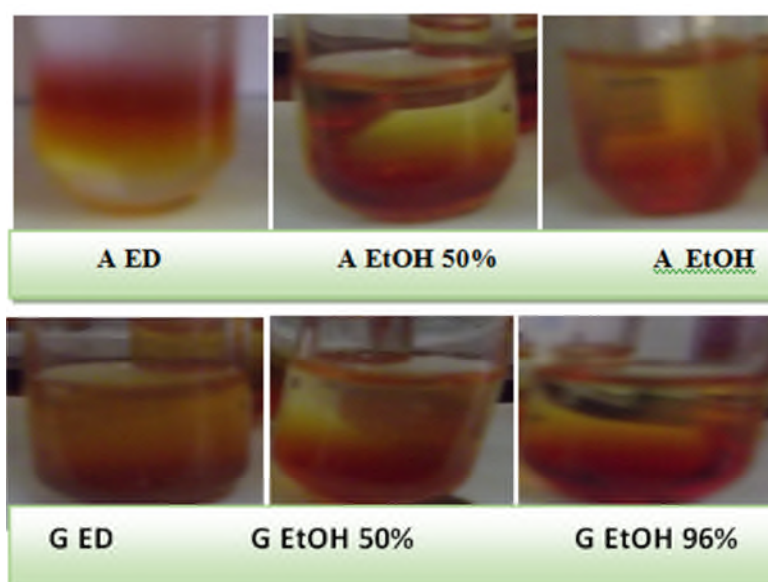
Les différents tests appliqués aux différents extraits ont révélé la présence d'autres métabolites secondaires : Saponines (**figure 30**), Terpènes (**figure 31**) et Alcaloïdes (**figure 32**). Ces composés sont cependant différemment présents dans les extraits testés.



**Figure 30 :** Mise en évidence des saponines dans les extraits d'amandes et de graines de *Moringa oleifera*



**Figure 31** : Mise en évidence des Terpénoïdes dans les extraits d'amandes et de graines de *Moringa oleifera*



**Figure 32** : Mise en évidence des Alcaloïdes dans les extraits l'amande et de graines de *Moringa Oleifera*

Nous notons (**Tableau XIII**) l'absence des saponines dans les extraits à l'éthanol 96% des graines et d'amandes. De même, les alcaloïdes de l'amande ne sont pas solubilisés par l'eau distillée.

Tableau XIII : Résultats de mise en évidence de Saponines, Terpénoïdes et Alcaloïdes.

	Saponines	Alcaloïdes	Terpénoïdes
<b>G ED</b>	+	++	++
<b>G EtOH 50%</b>	++	+	+
<b>G EtOH 96%</b>	-	+/-	+/-
<b>A ED</b>	++	++	-
<b>A EtOH 50%</b>	++	+	++
<b>A EtOH 96%</b>	-	+/-	+/-

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

- : absence de composé, +/- : réaction louche

**G ED** : Extrait aqueux de la graine, **G EtOH 50%** : Extrait éthanolique 50% de la graine,

**G EtOH 96%** : Extrait éthanolique 96% du graine, **A ED** : Extrait aqueux du l'amande.

**A EtOH 50%** : Extrait éthanolique 50 % du l'amande, **A EtOH 96%** : Extrait éthanolique 96%.





## Discussion générale

Nos résultats analytiques montrent que la graine et l'amande représentent une source importante de matières grasses (26,9 et 36 %). Des valeurs similaires sont rapportées par **Foidl et al, (2001)**, **Anwar et al, (2005)**, **Anwar et Rachid, (2007)** et **Manzoor et al, (2007)**.

Nous avons mis en évidence la présence de diverses classes de composés phénoliques dans les extraits. La mise en évidence de tels composés (phénols totaux, flavonoïdes et tanins) dans la graine et l'amande de *Moringa oleifera* est en accord avec les données de nombreux auteurs (**Alhakmani et al., 2013**; **Ijarotimi et al., 2013**; **Jaiswal et al., 2013**; **Singh et al., 2013**; **Olagbemide et Alikwe, 2014**).

Une comparaison de nos résultats avec ceux de littérature est difficile en raison de l'influence de divers facteurs propre à la plante (les facteurs génétiques liés au cultivar, le degré de maturation est de l'âge des graines, composition, ... etc.), les conditions climatiques et environnementales, méthodes d'extraction et de dosage (type de solvant et sa concentration, méthodes et température d'extraction, ...) des composés phénoliques (**Avallone et al. 1997**; **Makkar, 2003**; **Telli et al., 2010**).

Globalement nos données s'intègrent dans l'intervalle de valeurs rapportées par **Ijarotimi et al, (2013)**.

L'extraction est une diffusion des composés de la matrice végétale vers le solvant, dépend du type de solvant utilisé et de la nature des composés phénoliques présents dans le végétal. Nous avons enregistré des différences de teneurs en fonction du solvant utilisé.

Le même phénomène est rapporté par différents auteurs travaillant sur diverses plantes et utilisant divers solvants.

Selon **Tabart et al, (2007)**, le choix du solvant affecte en effet la quantité de taux des polyphénols extraits grâce à la polarité de solvants, la solubilité des composés phénoliques dans ce dernier et leur localisation dans la plante.

La substitution partielle du l'eau distillée s'est accompagnée d'une augmentation de teneurs en composés phénolique des extraits testés. Ces améliorations s'accordent avec les observations de nombreux auteurs utilisant divers solvants binaires.

Selon **Galvez et al, (2005)**, la différence en teneur de polyphénols totaux solubles est due au type de dissolvant employé, le degré de polymérisation des composés phénoliques et aussi bien que par l'interaction de composés phénoliques avec les autres constituants nutritionnels de l'aliment.

Les dosages de composés phénoliques ont été réalisés sur des extraits bruts. Ces derniers renferment en effet différents autres métabolites secondaires (alcaloïdes, terpénoïdes et saponines) dont la présence chez *Moringa oleifera* est rapportée par différents auteurs (**Foidl et al., 2001; Kumbhare et al., 2012 et Alhakmani et al., 2013**).

# *Conclusion et perspectives*

## **Conclusion et perspectives**

Le présent travail porte sur l'évaluation d'une part de la teneur en composition chimique et d'autre part la teneur en composés phénoliques de lyophilisat de graine et d'amande de *Moringa oleifera*.

L'amande se caractérise par une plus grande richesse en protéines brutes (13,25%) et matières grasses (38%), alors que la graine se présente comme une source de matières grasses (26%) et de cellulose brute et (3,98%).

Les résultats obtenus montrent que les teneurs en composés phénoliques des extraits diffèrent selon la partie et le solvant d'extraction utilisé et de sa polarité.

Les teneurs en phénols totaux solubles, phénols non liés à la protéine, flavonoïdes, tanins condensés et tanins hydrolysables de l'amande sont supérieures à celles de la graine.

Des métabolites secondaires (alcaloïdes, saponines et les terpènes) présents chez *Moringa oleifera* sont solubilisés par les solvants utilisés.

Il serait souhaitable d'approfondir ce travail par une caractérisation de l'activité biologique des composés phénoliques et une quantification et identification des composés de nos substrats expérimentaux.

*Références*  
*Bibliographiques*

A

- Aberra M. 2011.** Comparative assessment on chemical compositions and feeding values of leaves of *Moringa stenopetala* and *Moringa oleifera* using in vitro gas production method. *Ethiop. J. Appl. Sci. Technol.* 2(2): 31 – 41.
- Aberra M., Workinesh T., et Tegene N. 2011.** Effects of feeding *Moringa stenopetala* leaf meal on nutrient intake and growth performance of Rhode Island Red chicks under tropical climate. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 14: 485-492.
- Aberra M., Steingass H., Boguhn J., Schollenberger M., et Rodehutschord M. 2012.** Effects of elevation and season on nutrient composition of leaves and green pods of *Moringa stenopetala* and *Moringa oleifera*.
- Aganga A.A., et Mosase K.W. 2001.** Tannins content, nutritive value and dry matter digestibility of *Lonchocarpus capussa*, *Ziziphus mucropata*, *Sclerocarya birrea*, *Kirkia acuminata* and *Rhus lancea* seeds. *Animal Feed Science and Technology.* 91: 107-113.
- Aguilera.C A., Augur C., Prado.B L .A., Favela.T E., et Aguilar C. N. 2008.** Microbial production of ellagic acid and biodégradation of ellagitannins. *Appl Microbiol Biotechnol.* 78: 189-199.
- Alhakmani F., Kumar S., et Alam Khan Sh. 2013.** Estimation of total phenolic content, in-vitro antioxidant and anti-inflammatory activity of flowers of *Moringa oleifera*. *Asian Pac J Trop Biomed.* 3(8): 623-627.
- Amana K. 2007.** Les anacardiaceae du togo : les études botaniques, écologiques et propriétés antifongiques.thèse de doctorat de l'université de reims champagne-ardenne.182.
- Anwar F., et Bhangar M. I. 2003.** Analytical characterization of *Moringa oleifera* seed oil grown in temperate regions of Pakistan. *J. Agric. Food chem.* 51: 6558-6563.
- Anwar F., Ashraf M., et Bhangar M. I. 2005.** Interprovenance variation in the composition of *Moringa oleifera* oilseeds from Pakistan. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 82:45-51.
- Anwar F., et Rashid U. 2007.** Physico-chemical characteristics of *Moringa oleifera* seeds and seed oil from a wild provenance of Pakistan. *Pakistan J. Bot.* 39, 1443–1453.
- Anwar F., Latif S., Ashraf M., et Gilani A.H. 2007.** *Moringa oleifera*: A food plant with multiple medicinal uses. *Phytother Res.* 21: 17-25.

## Références bibliographiques

---

**AOAC. 1975.** Official Methods of Analysis. 12 Ed. Association of official Analytical chemists. AOAC Washington, D.C.

**Arora D. S., Onsare J. G., et Kaur H. 2013.** Bioprospecting of Moringa (Moringaceae): Microbiological Perspective. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 1 (6).

**Avallone R., Plessi M., Baraldi M., et Monzani A. 1997.** Determination of Chemical Composition of carob (*Ceratonia siliqua*): protein, Fat, Carbohydrates, and Tanins. *Journal of food composition and analysis*, 10: 166–172.

**Ayssiwede S.B., Dieng A., Bello H., Chrysostome C.A.A.M., Hane M.B., Mankor A., Dahouda M., Houinato M.R., Hornick J.L., et Missohou A. 2011 .** Effects of *Moringa oleifera* (lam.) leaves meal incorporation in diets on growth performances, carcass characteristics and economics results of growing indigenous Senegal chickens. *Pakistan Journal of Nutrition*. 10 (12): 1132-1145.

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

## B

**Barboni T. 2006.** Contribution de méthodes de la chimie analytique à l'amélioration de la qualité de fruits et à la détermination de mécanismes (EGE) et de risques d'incendie. Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de Corse.

**Bayé-Niwah C., et Mapongmetsem P.M. 2014.** Seed germination and initial growth in *Moringa oleifera* Lam. 1785 (Moringaceae) in Sudano-sahelian zone. *Int. Res. J. Plant Sci*. 5 (2): 23-29.

**Becue A., et Denize C. 2004.** PBDE dans les boues et sédiments: mise en place d'une méthode d'extraction automatisée (ASE). Rapport final. *INERIS DRC- 03-45699/CHEN-AB/AB03.0522*.

**Bourgaud F., Gravot A., Milesi S., et Gontier E. 2001.** Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant Science*. 161: 839–851.

## Références bibliographiques

---

**Bello. H. 2010.** Essai d'incorporation de la farine de feuilles de *Moringa oleifera* dans l'alimentation chez les poulets indigènes du Sénégal : Effets sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et le résultat économique. Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de Dakar.

**Ben Salem H., et Makkar H. 2009.** Defatted *Moringa oleifera* seed meal as a feed additive for sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 150: 27-33.

**Beth D; et Echo S. 2005.** Moringa water treatment. *ECHO Technical Note*.

**Bezerra A.M.E., Momenté V.G., Filho S.M. 2004.** Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de Moringa (*Moringa oleifera Lam.*) em função do peso da semente do tipo de substrato. *Horticultura Brasileira, Brasília*. 22(2): 295-299.

**Broin M. 2005.** Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera*. *CTA*. 5.

**Bruneton J. 2008.** Acides phénols. In : Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales. *Ed: Tec & Doc. Lavoisier, Paris*. 198-260.

## C

**Cero M. D., Saller R., et Weckerle C. S. 2014.** The use of the local flora in Switzerland: A comparison of past and recent medicinal plant knowledge. *Journal of Ethnopharmacology*. 151: 253–264.

**Charles M., et Benbrook Ph. D. 2005.** Elevating antioxidant levels in food through organic farming and food processing: An organic center state of science review. *The organic center*.

**Chumark P., Khunawat P., Sanvarinda Y; Phornchirasilp S; Morales N.P., Phivthong-Ngam L., Ratanachamnong P., Srisawat S., et Klai-Upsorn S.P. 2007.** The in vitro and ex vivo antioxidant properties, hypolipidaemic and antiatherosclerotic activities of water extract of *Moringa oleifera Lam.* leaves. *Journal of Ethnopharmacology*. 116 (3): 439-446.

**Creighton W. 2001.** Optima of Africa limited *Moringa Oleifera* seed production in Tanzania.



**Croteau R., Kutchan T. M., et Lewis N. G. 2000.** Natural products (secondary metabolites). In B. Buchanan, W. Gruissem, and R. Jones, eds., *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. American Society of Plant Biologists, Rockville, MD. 1250–1268.

## D

**Deshpande S. S., Cheryan M., et Salunkhe D. K. 1986.** Tannin analysis of food products. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 24 (4): 401–449.

**Devaraj V.C., Asad M., et Prasad S. 2007.** Effect of Leaves and Fruits of *Moringa oleifera* on gastric and duodenal Ulcers. *Pharmaceutical Biology*. 45 (4): 332–338.

## E

**Emerenciano V. P., Barbosa K. O., Scotti M. T., et Ferreira M. J. P. 2007.** Self organising maps in chemotaxonomic studies of Asteraceae : a classification of tribes using flavonoid data. *Journal of brazilian chemical society*. 18 (5): 891-899.

**Erdman W. J., Balentine J. D., Arab L., Beecher G., Dwyer J. T., Folts J., Harnly.,**

**Hollman J. P., L –Keen C., Mazza G., Messina M., Scalbert A., Vita J.,**

**Williamson G., et Burrowes J. 2007.** Flavonoids and heart health : Proceeding of the ILSI North America flavonoids workshop, may 31-june 1, 2005, Washington. *Journal of Nutrition*. 137 (3): 718-737.

**Estrella M.C.P., Jacinto B.I.V., David, G.Z., et Taup M.A. 2000.** A double-blind, randomized controlled trial on the use of malunggay (*Moringa oleifera*) for augmentation of the volume of breastmilk among non-nursing mothers of preterm infants. *The Philippine Journal of Pediatrics*. 49 (1): 6.

## 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.

**Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M., et Abdelly Ch. 2008.** Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *C. R. Biologies*. 331. 372–379.

**Ferreira P.M.P., Carvalho A.F.F.U., Sousa D.F., Ferreira J.M., Martins A.R.,**

**Martins A.M.C., et Queiroz M.G.R. 2007.** Water extract of *Moringa oleifera* seeds: a

toxicological approach. *Revista Eletrônica Pesquisa Médica*. 1 (4): 45 - 53.

**Foidl N., Makkar H.P.S., et Becker K. 2001.** Potentiel de *Moringa Oleifera* en agriculture et dans l'industrie. Potentiel de développement des produits du Moringa. 29 octobre - 2 novembre 2001. Dar es Salaam, Tanzanie.

## G

**Galvez C.J., Martin-Cordero P., et Houghton A.M. 2005.** Antioxidant Activity of methanol extracts obtained from *Plantago* species, *J. Agric. Food Chem.* 53: 1927–1933.

**Giridhari A.V., Malathi D., et Geetha K. 2011.** Anti-diabetic property of drumstick (*Moringa oleifera*) leaf tablets. *International Journal of Health and Nutrition*. 2 (1):15.

**Gnangle P. C., Glele kakaï R., Oumorou M., N'djolosse K., Bonou W., et Sokpon N. 2010.** Tests de croissance de jeunes plants de Néré (*Parkia biglobosa*, Jack, R. Br.) en pépinière. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4 (6): 1939-1952.

**Guignard J.L. 2001** .In *Botanique systématique moléculaire*. 12<sup>ème</sup> Edition Masson (Paris). 304.

## H

**Hagerman A. E., et Butler L. G. 1978.** Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. *Agricultural and Food Chemistry*. 26 (4): 809 - 812.

**Han X., Shen T., et Lou H. 2007.** Dietary Polyphenols and Their Biological Significance. *Int. J. Mol. Sci.* 8: 950-988.

**Handa S. S. 2008.** An overview of extraction techniques for medicinal and aromatic plants. In: "Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants". United Nations Industrial Development Organization and the International Centre for Science and High Technology Trieste Italy. 21-54.

**Harimalala A. N., et Razanamparany L. 2014.** Nutritional quality of fruit pastes enriched with *Moringa oleifera* leaves. *International Journal of Applied Science and Technology*. 4 (5).

**Harnly J. M., Doherty R. F., Beecher G. R., Holden J. M., Haytowitz D. B., Bhagwat S., et Gebhardt S. 2006.** Flavonoid Content of U.S. Fruits, Vegetables, and Nuts. *J. Agric. Food Chem.* 54: 9966-9977.

## Références bibliographiques

---

**Havsteen B.H. 2002.** The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacol. Therapeut.* 96: 67– 202.

**Hagerman A. E. 2002.** Tannin chemistry. *Tannin Handbook.* 86: 104 -105.

**Hêdji C., Gangbazo K. D. N.S., Houinato M. R. et 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:

7277–7289.

**Hennebelle T., Sahpaz S., Skaltsounis A.L., et Bailleul F. 2007.** Phenolics compounds and diterpenoids from *Marrubium peregrinum*. *Biochem. Syst. Ecol.* 35: 624-626.

**Hodek P., Trefil P., et Stiborova M. 2002.** Flavonoids-potent and versatile biologically active compounds interacting with cytochromes P450. *Chem. Biol. Interact.* 139: 1–21.

**Houndji B.V.S., Bodjrenou S., Londji S., Ouetchehou R., Acakpo A., et Amouzou K. 2013.** Amélioration de l'état nutritionnel des enfants âgés de 6 à 30 mois à Lissèzoun (Centre-Bénin) par la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* (Lam.). *International Journal of Biological and Chemical Sciences.* 7 (1): 225-235.

### I

**Ijarotimi O. S., Adeoti O. A., et Ariyo O. 2013.** Comparative study on nutrient composition, phytochemical, and functional characteristics of raw, germinated, and fermented *Moringa Oleifera* seed flour. *Food Science & Nutrition.*

### J

**Jaiswal D., Rai P. K., Kumar A., Mehta Sh., et Watal G. 2009.** Effect of *Moringa oleifera lam.* Leaves aqueous extract therapy on hyperglycemic rats. *Journal of ethnopharmacology.* 123 (3): 392-396.

**Jaiswal D., Rai P. K., Mehta Sh., Chatterji S., Shukla S., Rai D. K, Sharma G., Sharma B., khair Sh., et Watal G. 2013.** Role of *Moringa oleifera* in regulation of diabetes-induced oxidative stress. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine.* 426-432.

### K

## Références bibliographiques

---

- Kafuku G., et Mbarawa M. 2010.** L'huile de *Moringa oleifera* est une source engageante pour la production de biodiesel. Alkaline catalyzed biodiesel production from *Moringa oleifera* oil with optimized production parameters. *Applied Energy*. 87: 2561–2565.
- Kafuku G., Lam M.K., Kansedo J., Lee K.T., et Mbarawa M. 2010.** Heterogeneous catalyzed biodiesel production from *Moringa oleifera* oil. *Fuel Processing Technology*. 91: 1525–1529.
- Kakengi A.M.V., Kaijage J.T., Sarwatt S.V., Mutayoba S.K., Shem M.N., et Fujihara T. 2007.** Effect of *Moringa oleifera* leaf meal as a substitute for sunflower seed meal on performance of laying hens in Tanzania. *Livest. Res. Rural Dev*. 9 (4). 446.
- Kansole, M.M.R. (2009).** Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso: cas de *Leucas martinicensis* (Jacquin) R. Brown, *Hoslundia opposita* vahl et *Orthosiphon pallidus* royle ex benth. Mémoire pour obtenir un diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A) en Sciences Biologiques Appliquées, Burkina Faso.
- Khanbabae K., et Van- Ree T. 2001.** Tannins: Classification and definition. *Nat. Prod. Rep.* 18: 641-649.
- Khawaja T. M., Tahira M., et Ikram U.H. 2010.** *Moringa oleifera*: a natural gift-A review. *J. Pharm. Sci. & Res.* 2 (11): 775-781.
- Kjeldhal J., 1883.** Neue method zur bestimmung des stickstoffes in organischen korpern. *Z Anal. Chem.* 22: 366-382.
- Ksouri R., Megdiche W., Falleh H., Trabelsi N., Boulaaba M., Smaoui A., et Abdely C. 2008.** Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes. *C. R. Biol.* 331: 865- 873.
- Kwaambwa H. M., Helling M. S., Rennie A. R., et Barker R. (2015).** Interaction of *Moringa Oleifera* seed protein with a mineral surface and the influence of surfactants. *Journal of Colloid and Interface Science.* 448: 339–346.
- Kumari D. 2010.** Hypoglycemic effect of *Moringa oleifera* and *Azadirachta indica* in type-2 diabetes. *Bioscan.* 5: 211-14.
- Kumbhare MR., Guleha V., et Sivakumar T. 2012.** Estimation of total phenolic content, cytotoxicity and in-vitro antioxidant activity of stem bark of *Moringa oleifera*. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease.* 144-150.

## L

**Lamaison J. L., Carnot A. (1990).** Teneur en principaux flavonoïdes des fleurs et des feuilles de *Crataegus monogyna* Jacq. et de *Crataegus laevigata* (Poiret) DC en fonction de la végétation. *Plant. Méd. Phytothér.* 25: 12-16.

**Lapornik B., prosek M., et Wondra A.G.2005.** Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of food engineering.* 71: 214-222.

**Lattanzio V., Veronica M. T., Lattanzio V.M.T., et Cardinali A. 2006.** Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects. *Phytochemistry: Advances in Research.* 23-67.

**Lebham. (2005).** Thèse au laboratoire d'Ecophysiologie et de Biotechnologie des Halophytes et des Algues au sein de l'Institut Universitaire Européen de la Mer. (IVEM). Université de Bretagne Occidentale (UBO).

**Louis C., Thorat V., Kokou K., et Broin M. 2003.** Analyse-diagnostic du système agraire de la région d'Ahépé, au sud du Togo. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 7 (3-4): 137-149.

**Lugasi A ., Hovari J ., Sagi K.V ., et Biro L. 2003.** The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta. Biologica Szegedientis.* 1 (4): 119-125.

## M

**Macheix J. J., Fleuriet A., et Sarni-Manchado P. 2006.** Composés phénoliques dans la plante-structure, biosynthèse, répartition et rôles. In: «Les polyphénols en agroalimentaire ». Ed. Tec & Doc. Lavoisier. 1-26.

**Makkar H. P. S.2003.** Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research.* 49: 241-256.

**Makkar H.P.S., et Becker K. 1997.** Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *J. Agric. Sci., Cambridge.* 128: 311-332.

**Malešev D., et 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.

**Mamadou B. 2002.** Actions pharmacologiques des tanins.Thèse de doctorat en pharmacie de l'université cheikh anta diop de Dakar.57.

## Références bibliographiques

---

**Mamadou B. 2011** .Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia Smith*, une plante médicinale africaine récoltée au Mali. Other. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, France.

**Manzoor M., Anwar F., et Iqbal T. 2007**. Physico-chemical characterization of *Moringa concanensis* seeds and seed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 84: 413–419.

**Medić-Šarić M., Jasprica I., Smolčić-Bubalo A., et Monar A. 2004**. Optimisation of chromatography of flavonoids and phenolic acids. *CROATICA CHEMICA ACTA CCACAA*. 77 (1-2): 361-366.

**Middleton, E., Kandaswami, C., et Theoharides, T.C. 2000**. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease and cancer. *Pharmacol Rev.* 52: 673-839.

**Mishra G., Singh P., Verma R., Kumar S., Srivastav S., Jha K. K., et Khosa R. L. 2011**. Traditional uses, phytochemistry and pharmacological properties of *Moringa oleifera* plant. *An overview der pharmacia letter.* 3 (2): 141-164.

**Mole S., et Waterman P.G. 1987**. Tonic acid proteolic enzymes: enzyme inhibition substrat derivation. *Photochemistry.* 26, 99-102.

**Montaut S., Rollin P., Nicola G.R.D., Iori R., et Tatibouët A. 2012**. Composés bioactifs des Crucifères : un apport bénéfique dans notre quotidien. *Phytothérapie.* 10:342-349.

**Morton JF. 1991**. The horseradish tree, *Moringa Pterygosperma* (Moringaceae) –A Boon to Arid Lands. *Economic Botany.* 45: 318-333.

**Mustapha Hassan Bichi Ph.D. 2013** . A review of the applications of *Moringa oleifera* seeds extract in water treatment. *Civil and environmental research.* 3 (8).

**Muthu C., Ayyanar M., Raja N., et Ignacimuthu S., 2006**. Medicinal plants used by traditional healers in Kancheepuram District of Tamil Nadu, India. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2 (43): 1–10.

## N

**Nambiar V.S., Guin P., Parnami S., et Daniel M. 2010**. Impact of antioxidants from drumstick leaves on the lipid profile of hyperlipidemics. *Journal of Herbal Medicine and Toxicology.* 4 (1): 165-172.

**Naczk M., et Shahidi F. 2004**. Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054. 95–111.

## Références bibliographiques

---

**Narayana K. R., Reddy M. S., Chaluvadi M. R., et Krishna D. R. 2001.** Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Indian journal of pharmacology*. 33: 2-16.

**Navie S., et Csurhes S. (2010).** Horseradish tree *Moringa oleifera*.

**Ndiaye M., Dieye A.M., Mariko F., Grand A., Sall D.A., et Faye B. 2002.** Contribution à l'étude de l'activité anti-inflammatoire de *Moringa oleifera* (Moringaceae). *Dakar Medical Journal*. 47 (2): 2010-2012.

**Ndong M., Wade S., Dossou N., Guiro A.T. et Gning R.D. 2007.** Valeur nutritionnelle du *Moringa oleifera*, étude de la biodisponibilité du fer, effet de l'enrichissement de divers plats traditionnels sénégalais avec la poudre des feuilles. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*. 7 (3):1-17.

## O

**Olagbemide P. T., et Alikwe Ph. C. N. 2014.** Proximate Analyses and Chemical Composition of Raw and Defatted *Moringa oleifera* Kernel. *Advances in life Science and Technology*. 24.

**Olson M.E. 2001.** Wood and bark anatomy in *Moringa* (Moringaceae). *Haseltonia*. 8: 85-121.

**Olson M.E., et Carlquist S. 2001.** Stem and root anatomical correlations with life form diversity, ecology, and systematics in *Moringa* (Moringaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 135 (4): 315–348.

**Olugbemi T.S., Mutayoba S.K., et Lekule F.P. 2010.** Effect of *Moringa (Moringa oleifera)* Inclusion in Cassava Based Diets Fed to Broiler Chickens. *International Journal of Poultry Science*. 9 (4): 363-367.

**Oomah B.D., Caspar F., Malcolmson L.G., et Bellido A.S. 2010.** Phenolics and antioxidant activity of lentil and pea hulls. *food research international*. 44: 436-441.

**Osman H. M., M. E. Shayoub ., et Babiker E. M. (2012)** .The Effect of *Moringa oleifera* Leaves on Blood Parameters and Body Weights of Albino Rats and Rabbits. *Jordan Journal of Biological Sciences*. All 148 rights reserved. 5 (3): 147 – 150.

## P

- Paguia H. M., Paguia R. Q., Balba Ch., et Flores R. C. 2014.** Utilization and evaluation of *Moringa oleifera* L. As poultry feeds. *Apcbee Procedia*. 8: 343 – 347.
- Palada M.C., et Chang L.C. 2003.** Suggested Cultural Practices for Moringa. *International cooperators guide*. AVRCD. 5p.
- Pamo E.T., Boukila B., Tendokeng F., Kana J. R., Tonfack L.B., et Momo M.C.S. 2002.** Influence de la fumure organique, du NPK et du mélange des deux fertilisants sur la croissance de *Moringa oleifera* Lam. Dans l'Ouest Cameroun. 1-3.
- Pamo E.T., Niba A. T., Fonteh F. A., Tedokeng F., Kana J. R., Boukila B. et Tsachoung J. 2005.** Effet de la supplémentation au *Moringa oleifera* ou aux blocs multinutritionnels sur l'évolution du poids post partum et la croissance pré-sevrage des cobayes (*Cavia porcellus* L.). *Livestock Research for Rural Development*. 17(4).
- Pandey A., Pradheep K., Gupta R., Nayar E. R., et Bhandari D. C. 2011.** Drumstick tree' (*Moringa oleifera* Lam.): a multipurpose potential species in India. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 58 (3): 453-460.
- Price M.L 2007.** Le Moringa. *Note technique- ECHO* (revue en 2000, en 2002 et en 2007). 22p.
- Poumayea N., Mabinguia J., Lutgenb P., et Biganc M. 2012.** Contribution to the clarification of surface water from the *Moringa oleifera*: Case M'Poko River to Bangui, Central African Republic. *Chemical engineering research and design*. 90: 2346–2352.
- Psotove J., Lasovsky` J., et Vicar J. 2003.** Metal-Chelating properties, Electrochemical Behavior, Scavenging and Cytoprotective Activities of six natural phenolics. *Biomed. Papers*. 147(2): 147-153.
- Panchal M. A., Murti K., Lambole V., et Gajera V. 2010.** Pharmacological properties of *Moringa olieifera lam*. A review. *Pharmacologyonline*. 2: 768-775.
- Panchal M., Murti k., et Shah M. 2011.** Plant biology. *Romanian journal of biology*. 56 (1): 57–64.

## R

- Rahman I., Biswas S.K., Kirkham P.A. 2006.** Regulation of inflammation and redox signaling by dietary polyphenols. *Biochem Pharmacol*. 72: 1439-1452.
- Ralezo Maevalandy A. 2006.** *Moringa oleifera* Antanarivo (Madagascar). 16p.



- Rangkadilok N., Sitthimonchai S., Worasuttayangkurn L., Mahidol C., Ruchirawat M., et Satayavivad J. 2007.** Evaluation of free radical scavenging and antityrosinase activities of standardized longan fruits extract. *Food Chem. Toxicol.* 45: 328-336.
- Reyes S.N. 2006.** *Moringa oleifera* and *Cratylia argentea*: potential fodder species for ruminants in Nicaragua. These pour obtenir le grade de docteur.
- Richter N., Siddhuraju P., et Becker K. 2003.** Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.): *Aquaculture.* 217: 599– 611.
- Roloff A., Weisgerber H., Lang U., et Stimm B. 2009.** *Moringa oleifera* Lam 1785. *Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie.*
- Rouessac, F ; et Rouessac, A. 2004.** Chromatographie liquide haute performance. In *Analyse chimique-Méthodes et techniques instrumentales modernes*, Paris. 36-59.

## S

- Singh R.S. G., Negi P. S., et Radha C. 2013.** Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of free and bound phenolic extracts of *Moringa oleifera* seed flour. *Journal Of functional Foods.* 5: 1883 –1891.
- Saint Sauveur D. A. 2001.** L'exploitation du Moringa dans le monde : état des connaissances et défis à relever. Bilan Moringa 2001. Potentiel de développement des produits du Moringa 29 octobre – 2 novembre 2001, Dar es Salaam, Tanzanie. 12p.
- Santos A.F., Argolo A.C., Paiva P.M., et Coelho L.C. 2012.** Antioxidant activity of *Moringa oleifera* tissue extracts. *Phytotherapy Research.* 26 (9): 1366-1370.
- Sarni-Manchado P., et Cheynier V. 2006.** Structures phénoliques et goût. In : « les polyphénols en agroalimentaire ». Ed. Tec &Doc. Lavoisier. Paris. 89-134.
- Sengupta M.E., Keraita B., Olsen A., Boateng O.K., Thamsborg S.M., Palsdottir G.R., et Dalsgaard A. 2012.** Use of *Moringa oleifera* seed extracts to reduce helminth egg numbers and turbidity in irrigation water. *Water Research.* 46 (11): 3646-3656.
- Sereme A., Millogo-Rasolodimby J., Guinko S., et Nacro M. 2008.** Propriétés thérapeutiques des plantes à tanins du Burkina Faso. *Pharmacopée et Médecine traditionnelle Africaines.* 15: 41- 49.
- Siddhuraju P., et Becker K. 2003.** Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 51 (8): 2144-2155.

**Silva J.P.V. D., Serra T.M., Gossmann M., Wolf C.R., Meneghetti M.R., et Meneghetti S.M.P. 2010.** *Moringa oleifera* oil: Studies of characterization and biodiesel production biomass and bioenergy. 34: 1527-1530.

**Škerget M., Kotnik P., Hadolin M., Hraš A., Simonič M., et Knez T. 2005.** Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*. 89: 191-198.

**Stöckigt J., Sheludko Y., Unger M., Gerasimenko I., Warzecha H., et Stöckigt D. 2002.** High-performance liquid chromatographic, capillary electrophoretic and capillary electrophoretic–electrospray ionization mass spectrometric analysis of selected alkaloid groups. *Review Journal of Chromatography*. 967: 85–113.

## T

**Tabart J., Baldo A., Vermout S., Nusgens B., Lapiere C., Losson B., et Mignon B. 2007.** Reconstructed interfollicular feline epidermis as a model for *Microsporum canis* dermatophytosis. *J Med Microbiol*. 56: 971–975.

**Tahiliani P., et Kar A. 2000.** Role of *Moringa oleifera* leaf extract in the regulation of thyroid hormone status in adult male and female rats. *Pharmacological Research*. 41 (3): 319-323.

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

**Telli M., Guiral E., Martínez J. A., Almela M., Bosch J., Vila J., et Soto S. M. 2010.** Prevalence of enterotoxins among *Escherichia coli* isolates caus bacteriaemia. *FEMS Microbiology Letters* 306 (2): 117–121.

**Tendonkeng F., Boukila B., Beguide A., et Pamo T.E. 2009.** Essai de substitution du tourteau de soja par la farine de feuilles de *Moringa oleifera* dans la ration finition des poulets de chair. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*. 7 (5).

**Thurber M.D., Fahey J.W. 2009.** Adoption of *Moringa oleifera* to combat under-nutrition viewed through the lens of the “diffusion of innovations” theory. *Ecology of food and nutrition*. 48 (3): 212-225.

**Tete–Benissan A., Quashie M., Lawsonvi K., Kokou K., et Gbeassor M. 2012.** Récupération nutritionnelle chez les sujets malnutris VIH positifs et VIH négatifs après

## Références bibliographiques

---

utilisation de feuilles de *Moringa oleifera* Lam. *Journal of Animal & Plant Sciences*.15 (2): 2184-2199.

### U

**Ugwu C.I., et Onyedikav M. 2013** .Effects of methanol extract of *Moringa oleifera* leaves on the liver and hematological parameters of wistar albino rats *ezekwe*. *An International Journal of Advances in Pharmaceutical Sciences*. 4 (5): 991-1008.

### V

**Verma A.R., Vijayakumar M., Mathela Ch.S., et Rao Ch.V. 2009**. In vitro and in vivo antioxidant properties of different fractions of *Moringa oleifera* leaves. *Food and Chemical Toxicology*. 47: 2196–2201.

**Verscheure M., Lognay G., et Marlier M. 2002**. Revue bibliographique: les méthodes chimiques d'identification et de classification des champignons. *Biotechnology Agron Soc Environ*. 6 (3): 131-142.

**Vongsak B., Sithisarn P., et Gritsanapan W. 2013**. Bioactive contents and free radical scavenging activity of *Moringa oleifera* leaf extract under different storage conditions. *Industrial Crops and Products*.49: 419– 421.

### W

**William J. A., Kwame O.B., et Baatuuwie N. B. 2012**. Initial growth response of *Moringa oleifera* seedlings to different soil amendments. *African Journal of Agricultural Research*. 7 (45). 6082-6086.

**Wink M. 2003**. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective *Phytochemistry*. 64: 3–19.

### X

**Xiuzhen H., Shen T., et Hongxiang L. 2007**. Dietary polyphénols and their biological significance. *International Journal. Molecular Sciences*. 8: 950-988.

### Y

**Yang R-Y., Chang L-Ch., Hsu J-Ch., Weng B. B. C., Palada M.C., Chadha M.L., et Levasseur V. 2006.** Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des feuilles de Moringa– Du germoplasme, à la plante, à l'aliment et à la santé.

**Yang R-Y., Tsou S.C.S., Lee TC., Chang L.C., Kuo G., et Lai P.Y. 2006.** Moringa, a novel plant rich in antioxidants bioavailable iron and nutrients. *American Chemical Society*. 225-239.

**Yusuf J., Yuakubu M.B et Balarabe A. M. 2015.** The use of *Moringa oleifera* seed as a coagulant for domestic water Purification. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences (IOSR-JPBS)*. 10 (1): 06-09.

## Z

**Zenk, M.H., et Juenger, M. 2007.** Evolution and current status of the phytochemistry of nitrogenous compounds. *Phytochemistry Review*. 68: 2757 – 2772.

**Zhang, Y., Vareed, S.K., et Nair, M.G. 2005.** Human tumor cell growth inhibition by nontoxic anthocyanidins, the pigments in fruits and vegetables. *Life Sci*.76: 1465-1472.

**<http://www.moringanews.org>**. Consulté le : 23-04-2015

# *Annexes*

**Annexe I**

**Tableau II:** Principales exigences écologiques de *Moringa oleifera* :

<b>Paramètres</b>	<b>Optimal</b>	<b>Sources</b>
<b>Climat</b>	Tropical ou subtropical	<b>(Aberra et al, 2012)</b>
<b>Température</b>	25-35C°	
<b>Altitude</b>	0-1800 m	
<b>Pluviométrie</b>	250 mm-3000 mm	<b>(Palada et Changl, 2003)</b>
<b>Type de sol</b>	Limoneux, sableux ou sablo-limoneux	
<b>pH du sol</b>	Acide à alcalin (pH: 5 à 9)	

**Tableau III** : Composition moyenne des feuilles de *Moringa oleifera* (Broin, 2005).

Données pour 100 grammes de matière sèche			
Composition globale		Acides aminés (mg)	
Calories (kcal)	300	Arginine	1600
Protéines (g)	25	Histidine	530
Glucides (g)	40	Isoleucine	1140
Lipides (g)	8	Leucine	2050
Minéraux (g)	12	Lysine	1200
Fibres (g)	15	Méthionine	370
Teneur en eau %	75	Phénylalanine	1400
		Thréonine	1080
Minéraux (mg)		Tryptophane	580
Calcium	2100	Valine	1400
Cuivre	1	Acide aspartique	1670
Fer	27	Acide glutamique	2470
Potassium	1300	Sérine	840
Magnésium	405	Glycine	960
Phosphore	310	Alanine	1260
Manganèse	8	Tyrosine	910
Soufre	740	Cystéine	360
sélénium	2,6	Proline	1230
Zinc	2,6		850
Molybdène	0,5		
Sodium	100	Acides gras	
Vitamines		C 16: 0	530
Vitamine A(UI)	14300	C 18: 0	70
Vitamine C(mg)	850	C18: 1	60
		C 18 : 2	170
		C 18: 3	1140

**Tableau IV:** Propriétés de *Moringa oleifera* selon l'organe utilisé

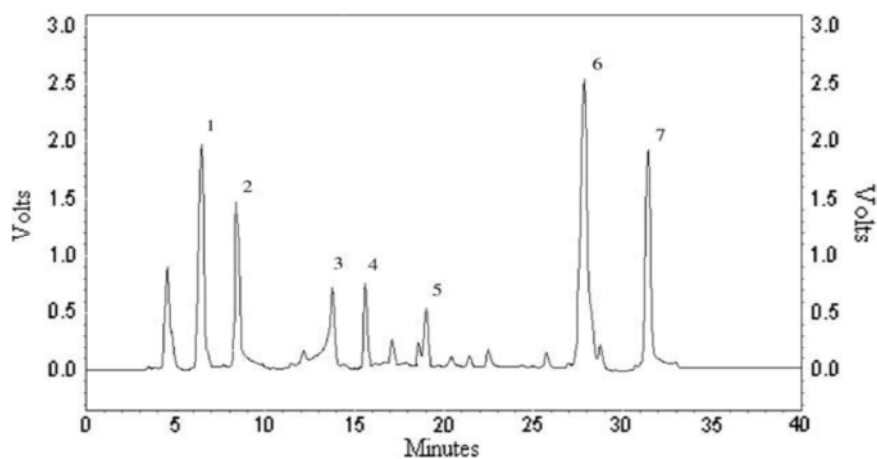
**(Ralezo Maeva Landy, 2006).**

<b>Organes</b>	<b>Utilisations</b>
<b>Feuilles</b>	Antiscorbutique, anti-inflammatoire, complément nutritionnel, fortifiant, antispasmodique, diurétique et rubéfiante
<b>fruits</b>	contre les vers intestinaux, stimulent l'appétit, contre les maladies des yeux, augmentent la qualité du sperme et la gomme comme antiseptique
<b>racines</b>	Antiscorbutique, tonifiant, bactéricides est Fongicides



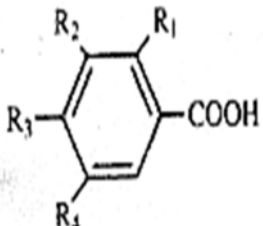
**Tableau V** : Activités biologiques des composés poly phénoliques.

Polyphénols	Activités	Source
<b>Acides Phénols</b>	Antibactériennes, antifongiques et antioxydantes	<b>Middleton et al. (2000); Ksouri et al. (2007); Hodek et al. (2002); Yao et al. (2004); Rangkadilok et al. (2007).</b>
<b>Flavonoïdes</b>	Antitumorales, anti carcinogènes, anti-inflammatoires, hypotenseurs, diurétiques et antioxydantes	
<b>Tanins galliques et catéchiques</b>	Antioxydantes	<b>Rahman et al. (2006)</b>
<b>Proanthocyanidines</b>	Effets stabilisants sur le collagène, antioxydantes, antitumorales, antifongiques et anti-inflammatoires.	<b>Hennebelle et al. (2004) ; Zhang et al. (2005).</b>

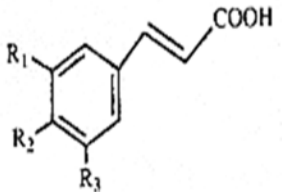


**Figure 6** : Chromatogramme de fraction poly phénoliques des feuilles de *Moringa oleifera* (1: acide gallique, 2 : acide chlorogénique, 3 : rutine, 4 : acide ellagique, 5: acide ferulique, 6 :quercétine 7 : kaempferol) (Verma et al., 2009).

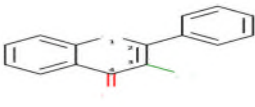
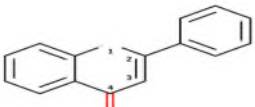
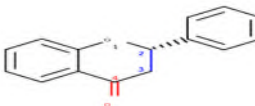
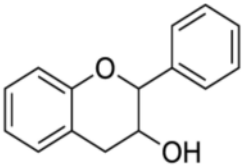
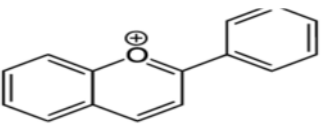
**Tableau VI:** Principaux acides hydroxybenzoïques (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

Structure	R1	R2	R3	R4	Acides phénoliques
	H	H	H	H	Acide benzoïque
	H	H	OH	H	Acide p hydroxy benzoïque
	H	OH	OH	H	Acide Protocatechique
	H	OCH3	OH	H	Acide vanillique
	H	OH	OH	OH	Acide gallique
	H	OCH3	OH	OCH3	Acide syringique
	OH	H	H	H	Acide salicylique
	OH	H	H	OH	Acide gentisique

**Tableau VII : Principaux acides hydroxycinnamiques (Sanchez-Maldonado et al., 2011).**

Structure	R1	R2	R3	Acides phénoliques
	H	H	H	acide cinnamique
	H	OH	H	Acide p coumarique
	OH	OH	H	Acide caféique
	OCH3	OH	H	Acide férulique
	OCH3	OH	OCH3	Acide sinapique

**Tableau VII:** Distribution alimentaire des principales classes de flavonoïdes  
(Erdman *et al.*, 2007)

Flavonoïdes	Exemples	Aliments	Caractéristiques
<b>Flavonols</b> 	Quercétine Kaempférol	Oignon, poireau, brocolis, pommes, chou frisé, vin rouge, thé.	Le groupe le plus abondant des composés phénoliques.
<b>Flavones</b> 	Lutéoline Apigénine	Persil, céleri	Ils se diffèrent des flavonols seulement par le manque d'un OH libre en C3, ce qui affecte ainsi leur absorption aux UV, mobilité chromatographique et les réactions de coloration
<b>Flavanones</b> 	Naringénine Eriodictyol	Fruits du genre Citrus.	Sont caractérisés par l'absence de la double liaison C2-C3, le plus abondant est la naringénine, isolée pour la première fois à partir des écorces de citrus.
<b>Flavan3-ols</b> 	Catéchine Epicatéchine Epigallocatechine	Vin rouge, thé noire, thé vert, cacao, chocolat.	Flavan3ols ainsi que flavan3, 4diols : impliqués dans la Biosynthèse de proanthocyanidines (tanins condensés).
<b>Anthocyanidines</b> 	Cyanidine Delphénidine	Raisins, vin rouge, certaines variétés de céréales.	Pigments hydrosolubles contribuent à la coloration des angiospermes.

Annexe II

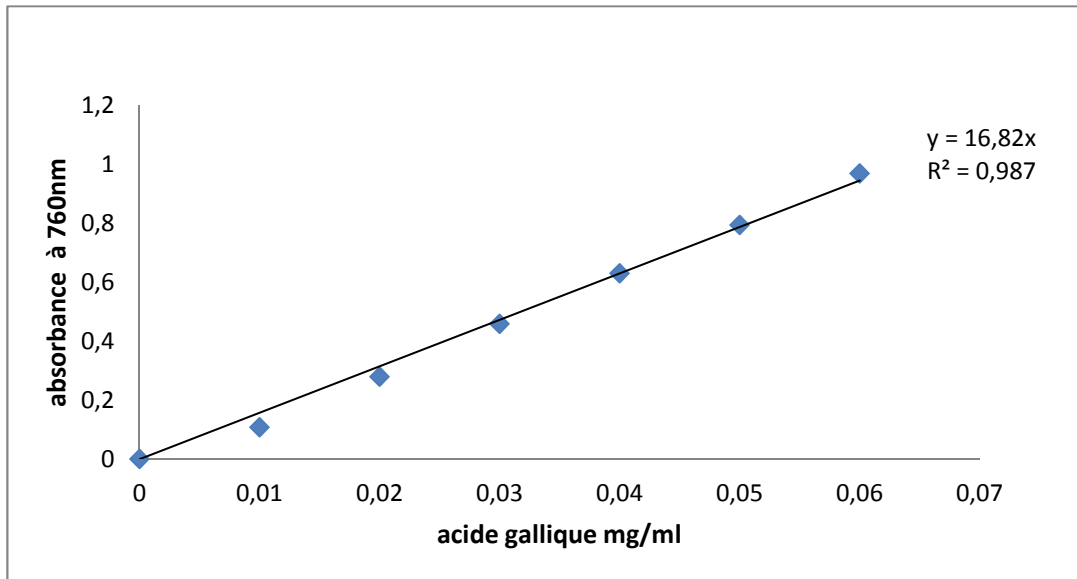


Figure 1 : Courbe d'étalonnage des phénols totaux solubles.

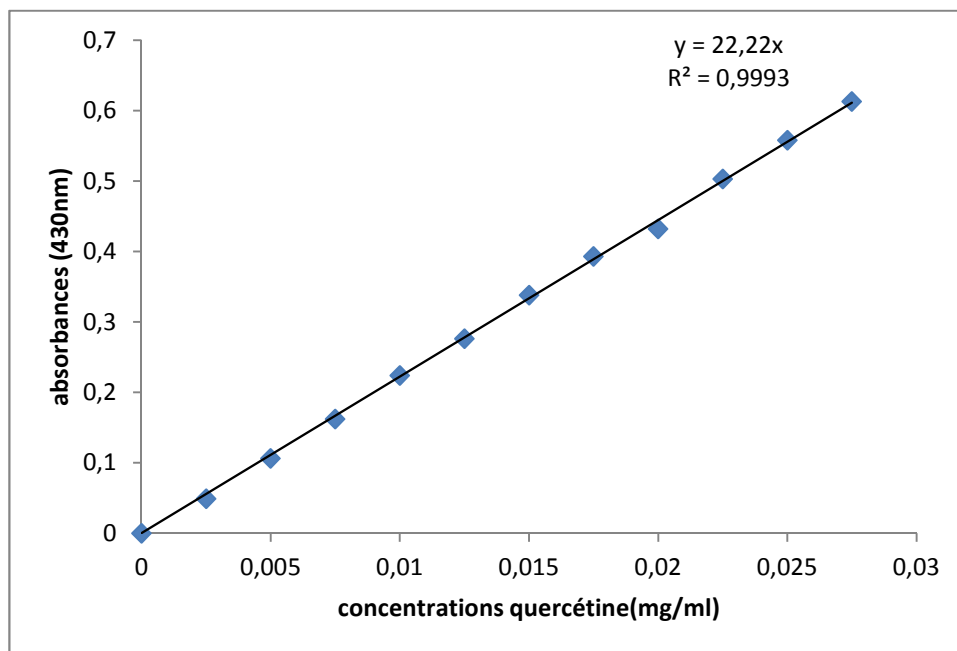
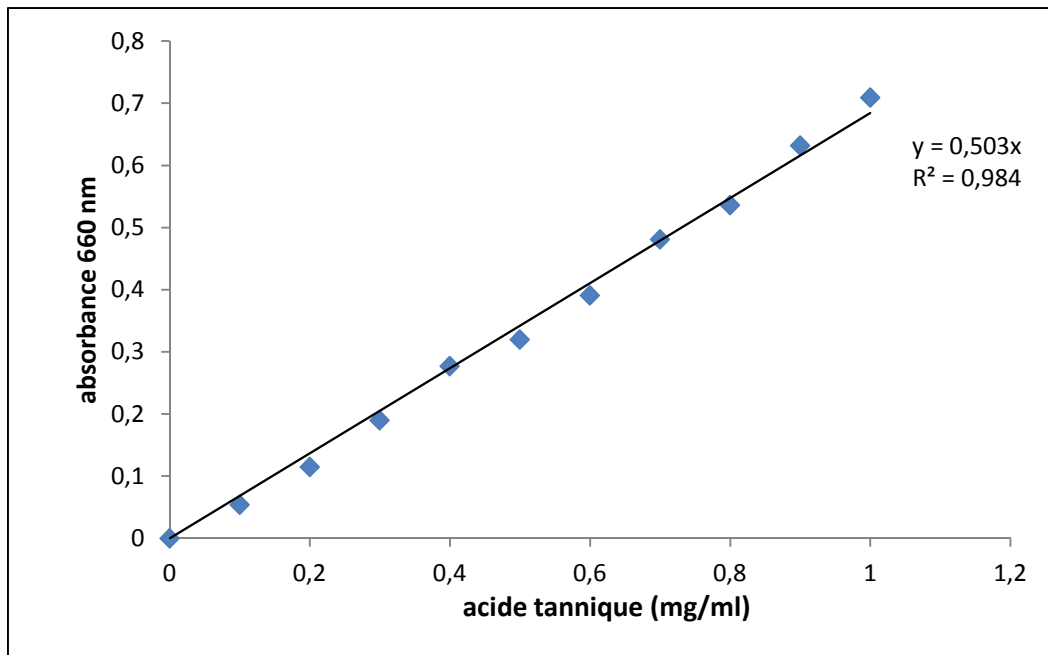
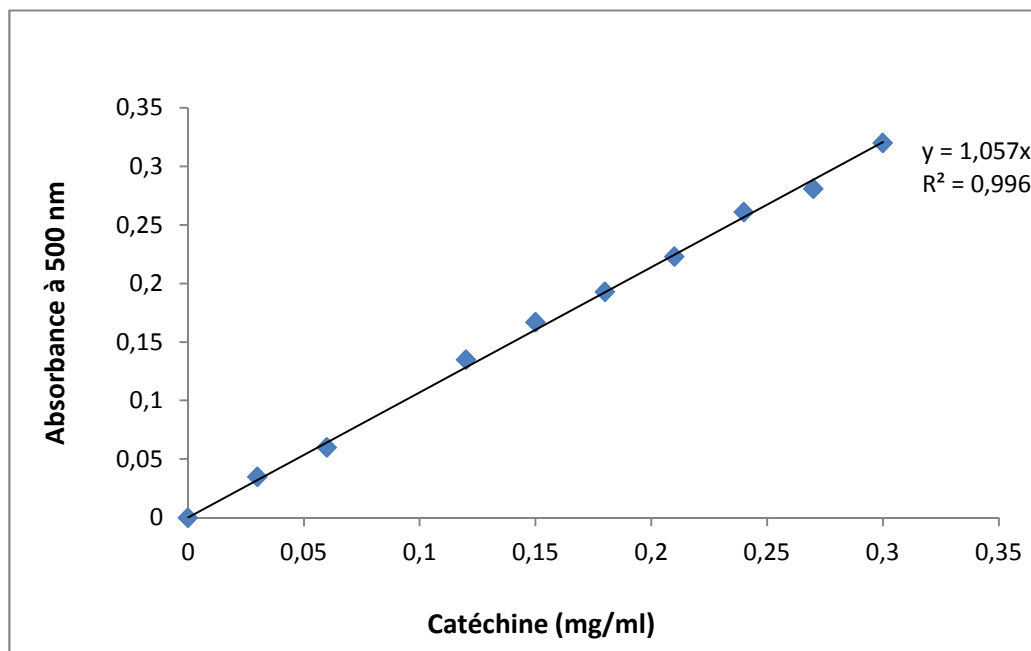


Figure 2: Courbe d'étalonnage de dosage des flavonoïdes.



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



**Figure 4 :** Courbe d'étalonnage de dosage des tanins condensés.

**Annexe III**

**Préparation des solutions**

<b>Solutions</b>	<b>Réactifs</b>
<b>éthanol 50%</b>	100ml de l'éthanol pure + 98,15ml d'eau distillée
<b>Solution de Folin Ciocalteu (0,1N)</b>	10 ml de Folin Ciocalteu ajuster jusqu'à 100ml avec l'eau distillée
<b>Solution de carbonate de sodium (7,5%) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	7,5g de la poudre de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dissout dans 100ml l'eau distillée.
<b>Solution de chlorure d'aluminium hydrate à 2%(AlCl<sub>3</sub>6H<sub>2</sub>O)</b>	21,87g de la poudre d'AlCl <sub>3</sub> hydrate dissout dans 250ml de l'eau distillée.
<b>HCl (0,01M)</b>	0,085ml d'HCL 36% est ajuste à 1 litre l'eau distillée.
<b>FeCl<sub>3</sub> (0,01M dans Hcl 0,001M)</b>	Dissoudre 1,62 g de FeCl <sub>3</sub> dans un litre de Hcl à 0,01M
<b>HCL24%</b>	24ml de HCl concentré ajusté à 100ml de méthanol.
<b>Vanilline à 5,8%(p/v)</b>	5,8g de vanilline dissoudre dans 100ml de méthanol pure.
<b>vanilline/HCL :</b>	Ça préparation est faite juste avant l'utilisation en mélangeant à volume équivalant la solution de vanilline à 5,8% et la solution d'Hcl 24%
<b>solution de BSA :</b>	1mg de BSA dans 1ml de tampon acétate.
<b>Tampon acétate (0,2M) acide acétique et 0,17M NaCl)</b>	11,4ml d'acide acétique + 9,86g NaCl + 800ml d'eau distillée. On ajuste le pH à 4,9 avec Na OH (4N). Le volume est ajuste à 1l avec l'eau distillée.
<b>Chlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub>) à 0,1 %(p/v)</b>	0,1g de FeCl <sub>3</sub> dans 100ml d'eau distillée
<b>FeCl<sub>2</sub> à 2mM</b>	0,025g de FeCl <sub>2</sub> 2H <sub>2</sub> O dans 100ml d'eau distillée.

## Liste des Annexes

---

<b>Solution d'hydroxyde de sodium à 1 N (Na OH)</b>	40g de poudre de soude caustique. Ajuster à 1000 ml avec de l'eau distillée.
<b>Na OH 0,1%</b>	0,1 g de Na OH dissoute dans 100 ml d'eau distillée.
<b>Acide borique</b>	40g d'acide borique ajusté à 1000 ml avec de l'eau distillée
<b>Catalyseur</b>	80 g de sulfate de potassium 20 g de sulfate de cuivre 2 g de sélénium
<b>Indicateur rouge bleu</b>	<b>Solution A:</b> 0,1 g de rouge du méthyle. Ajuster à 100 ml d'alcool 96° à la température du bain marie <b>Solution B:</b> 1g de bleu de méthylène dans 100 ml d'eau distillée, à partir de cette solution, on prélève 4 ml et on l'ajoute à 96 ml d'alcool 95°.



## Résumé

*Moringa oleifera* est une plante largement utilisée dans les pays Africains. Elle est décrite dans la littérature comme une plante d'intérêt nutritionnel et médicamenteux. Ce travail a été consacré à la détermination de la composition chimique globale (protéines brutes, cellulose brute, matières grasses) et dosages des composés phénoliques (polyphénols totaux solubles (PTS), flavonoïdes, tanin hydrolysables et condensé et les phénols liés aux protéines) extraits par différents solvants (eau distillée, éthanol 50% et éthanol 96%) de la graine et amande de *Moringa oleifera*. Et une mise en évidence de quelques métabolites secondaires (alcaloïdes, saponines et terpénoïdes). Les résultats de la présente étude montrent que l'amande renferme des teneurs plus élevées en protéines brutes et matières grasses que la graine par contre la cellulose est concentrée dans la graine. Le dosage des molécules d'intérêt à montrer que les PTS, flavonoïdes et les tanins sont principalement localisés dans l'amande, avec des teneurs significativement différentes selon le solvant d'extraction. Nos essais ont permis la mise en évidence d'alcaloïdes, saponines et des terpénoïdes. De ceci on tire que *Moringa oleifera* peut constituer une bonne source de composés bioactifs.

**Mots clés:** *Moringa oleifera*, protéines, cellulose, métabolites secondaires, composés phénoliques.

## Abstract

*Moringa oleifera* is a plant widely used in African countries. It is described in the literature as a nutritional and medicinal plant. This work has been devoted to determining the overall chemical composition (crude protein, crude cellulose, fat) and phenolic compounds (total soluble polyphenol (PTS), flavonoids, hydrolysable and condensed tannin and phenols bound protein) extracts by different solvents (distilled water, 50% ethanol and 96% ethanol) of the seed and almond of *Moringa oleifera*. And determination of some secondary metabolites (alkaloids, saponins and terpenoids). The results of this study show that the almond contains higher levels of crude protein and fat than seed. The cellulose is concentrated in the seed. The determination of interesting molecules shows that the PTS, flavonoids and tannins are mainly located in the almond, with significantly different levels according to the extraction solvent. Our tests have enabled the detection of alkaloids, saponins and terpenoids. *Moringa oleifera* can be a good source of bioactive compound.

**Keywords:** *Moringa oleifera*, proteins, cellulose, secondary metabolites, phenolics compound.