



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان

Université ABOUBEKR BELKAID - TLEMEN

كلية العلوم الطبيعية وعلوم الحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la nature et de la vie, et des Sciences de la Terre et l'univers
Département de Biologie

MEMOIRE

Présenté par : **ZEKRI FATIMA ZOHRA** et **GHENNOU RAWIA**

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

Filière : Sciences Alimentaires

Option : Agro-alimentaire et Contrôle de Qualité

Thème

**Etude comparative de la composition chimique globale
des feuilles de *Moringa oleifera***

Soutenu le : 30.06.2020, devant le jury composé de :

Président : **Mr. AZZI N.** MCB Université de Tlemcen.

Encadrant : **Mr. BENYOUB N.** MAA Université de Tlemcen.

Examinatrice : **M^{me}. KHEIRAT F.** MAA Université de Tlemcen.

Année Universitaire : 2019 / 2020

REMERCIEMENT :

*Tout d'abord nous remercions **ALLAH** le tout puissant qui nous a donné la santé, la volonté, la puissance pour réaliser ce modeste travail.*

*Nos remerciements les plus vifs s'adressent à notre encadreur Mr **BENYOUB N.** Qui nous a accepté l'honneur de diriger ce travail et qui a toujours ses engagements.*

*Nous tenons tout particulièrement à remercier vivement Mr **AZZI N.** qui nous a fait l'honneur d'assurer le président du jury.*

*Un très grand merci à Mme **KHIERAT** . D'avoir accepté d'examiner et évalué notre travail .*

*Un grande merci pour l'aide précieuse de M^{me} **GHANEMI F.***

*Nous remercions aussi toutes les enseignants de la promotion **Master 2 agroalimentaire et contrôle de qualité***

Nous remercions nos famille et nos amis qui nous ont soutenus et qui ont contribué de près, ou de loin à la l'aboutissement de ce travail.



Dédicaces

Avant tout je remercie dieu pour ma réussite durant mes années d'études.

Je dédie ce travail

A ma famille, particulièrement, ma mère qui m'a toujours soutenue à tout moment de ma vie , pendant les bons moments et les plus difficiles,

Merci à tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin.

Aux autres membres de ma familles .

Mes amis, qui m'avez toujours soutenu durant ces années d'études.

Je voudrais également me remercier pour tous mes efforts.

Au final, je voudrais dédier le mérite de ce travail à celui qui a participé à mon soutien, jusqu'à la fin.

Je vous remercie tous.

Zekri Fatima Zohra



Dédicace

Je dédié ce travail à :

Mes chers parent, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée leur encouragement continu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leur grands sacrifices

A mon mari Younes pour sa patience, encouragement tout au long de mon parcours.

A ma petite princesse Ritedj le bonheur de ma vie qui m'a donné la joie et la force pour réaliser ce travail

A mes chères sœurs Manar, Omaira et mon seul frère Abdel Hadi

A toutes ma grande famille

Et à tous mes amoureux

Ghennou Rawia



المورينغا الوفيرا هي شجرة استوائية من عائلة المورينكيس من أصل هندي . يتم استخدامه منذ العصور القديمة في الأدوية التقليدية؛ الغرض من هذه الدراسة هو تحديد التركيب الكيميائي (الرماد % 9,8 من إجمالي المادة الجافة؛ الدهون % 7,12 من إجمالي المادة الجافة ؛ مادة ن ي تروج يذوية % 1,42 من إجمالي المادة الجافة) وتحديد محتوى المركبات الفينولية (مجموع البوليفينول (236,5 ملغ ما يعادل حمض الغاليك/غ من إجمالي المادة الجافة، 130,65 ملغ ما يعادل حمض الغاليك/غ من إجمالي المادة الجافة) ، الفلافونويدات (77,33 ملغ ما يعادل الكيرسيتين/غ من إجمالي المادة الجافة ، 86,44 ملغ ما يعادل الكيرسيتين/ غ من إجمالي المادة الجافة) ، التانينات (22,52 ملغ ما يعادل الكاتشين/غ من إجمالي المادة الجافة ، 27,79 ملغ ما يعادل الكاتشين من إجمالي المادة الجافة) ، الأنثراكينونات، الكومارين، الصابونين) من أوراق المورينغا الوفيرا بالمقارنة بين البحوث العلمية المختلفة، من نتائج هذه الدراسة أوراق المورينغا الوفيرا لديها قوة خارقة بفضل التوافر البيولوجي للمواد الكيميائية النباتية: مركبات الفينولية، السكريات والبوليفينول الكلي، مع مستويات مختلفة بشكل ملحوظ اعتمادا على مذيبات الاستخراج وهو مصدر مهم للمركبات المضادة للأكسدة، والتي تلعب دورا في الحماية من التأكسد، وتعتبر غذاء ذو جودة عالية، وتسمى أيضا "لا تموت أبدا".

الكلمات المفتاحية: التركيب الكيميائي، المورينجا أوليفيرا، المركبات الفينولية، المركبات المضادة للأكسدة.

Résumé

Le *Moringa oleifera* est un arbre tropical de la famille des « *Moringaceae* », d'origine d'Inde ; elle est utilisée de puis l'antiquité dans les médecines traditionnelles . la réalisation de cette étude est pour but d' identifier la composition chimique globale (les cendres de 9,8%MS ; matière grasse de 7,12%MS ; matière azotée de 1,42%MS) et de déterminer la teneur en composés phénoliques(les polyphénols totaux(236,5mgEAG/gMS ; 130,65mg EAG/gMS) , les flavonoïdes (77,33mgEQ/gMS ; 86,44 mgEQ/gMS) , tannins(22,52 µgEC/gMS ; 27,79 µg EC/gMS) , les anthraquinones,les coumarines,les saponines, terpénoïdes) des feuilles de *Moringa oleifera* par la comparaison des différentes recherches scientifiques. A partir des résultats de cette étude les feuilles de *Moringa oleifera* ont un pouvoir miraculeux grace à la biodisponibilité des composés phytochimiques : les alcaloïdes , les composés phénoliques ,les composés réducteurs et les polyphénols totaux, avec des teneurs significativement différentes selon le solvant d'extraction . C'est une source importante des composés antioxydants , ce qui joue un rôle de la protection contre de stresse oxydatif , elle est considérée comme superaliment , aussi appelée « Ne meurt jamais ».

Mots clés : Composition chimique , *Moringa oleifera* , composés phénoliques, composés antioxydants .



Abstract

Moringa oleifera is a tropical tree in the family "*Moringaceae*", originally from India; it has been used since ancient times in traditional medicines. the purpose of this study is to identify the overall Chemical composition (ash with 9,8% of dry matter ; fat with 7,12% of dry matter; nitrogenous matter with 1,42% of dry matter) and to determine the content of phenolic compounds (total polyphenols (236,5 mgGAE/g of dry matter ; 130,65 mg GAE/g of dry matter), flavonoids(77,33mgQE/g of dry matter ; 86,44 mgQE/g of dry matter), tannins(22,52 µgCE/g of dry matter ; 27,79 µg CE/g of dry matter) , anthraquinones, coumarins, saponins , terpenoids) of *Moringa oleifera* leaves by comparing different scientific researches. From the results of this study, the leaves of *Moringa oleifera* have a miraculous power thanks to the bioavailability of phytochemicals: alkaloids, phenolic compounds, reducing compounds and total polyphenols, with significantly different contents depending on the extraction solvent. . It is an important source of antioxidant compounds, which plays a protective role against oxidative stress, it is considered a superfood, also called "Never dies".

Keywords: Chemical composition, *Moringa oleifera*, phenolic compounds, antioxidant compounds.

Liste des figures :

Figure 01: Principaux types d'acide hydroxybenzoïques.....	13
Figure 02 : Principaux types d'acidehydroxycinnamiques.....	13
Figure 03 : Structures de base des flavonoïdes.....	14
Figure 04 : Types de base de flavonoïdes.	15
Figure 05 : Structure des tanins hydrolysables.....	16
Figure 06 : Exemples des tanins condensés.....	17
Figure 07: Classification de terpène et structure de monoterpènes.....	18
Figure 08 : exemple des alcaloïdes.....	19
Figure 09 : Structure chimique des anthraquinones.....	20
Figure 10 : structure des coumarines simple.....	21
Figure 11 : Teneurs en polyphenols totaux des extraits méthanoliques et aqueux	35
Figure 12 : teneur en flavonoïdes des extraits méthanoliques et aqueux	36
Figure 13 : teneur en tanins condensés des extraits méthanoliques et aqueux	37
Figure 14 : Composition chimique des feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	38
Figure 15 : Comparaison des feuilles de <i>Moringa</i> avec des aliments courants.....	59

Liste des tableaux :

Tableau I : Classification de <i>Moringa oleifera</i>	04
Tableau II : Composition moyenne des feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	08
Tableau III : la composition dans 100g de (fleur frais /fleur sèche).....	09
Tableau IV : Méthode de dosage des polyphénols totaux.....	39
Tableau V : la composition phytochimique globale dans les feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	35
Tableau VI : Récapitulatif des résultats de criblage chimique des feuilles de Moringa oleifera	41
Tableau VII : La teneur en composés polyphénoliques des extraits des feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	57
Tableau IIX : Teneurs des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> en acides aminés.....	57
Tbleau IX: Quelques ingrédients utiles contenus dans le <i>Moringa</i> et leur localisation.....	58
Tableau X : Exigences environnementales du <i>Moringa Oleifera</i>	58

Liste d'abréviation :

m :mètre

mm :millimètre

pH :potentiel d'hydrogène

C° : degré celcius

cm :centimètre

g: gramme

%: pourcentage

CP :composé phénolique

MO : *Moringa Oleifera*

mg : milligramme

EB :Extrait Brut

v/v :volume / volume

EM : Extrait Méthanoliques

MS :Matière Sèche

MM :Matière minérale

MAT :Matière azoté totale

MG :Matière grasse

FS :fraction soluble

h: heure

min: minute

µm :micromètre

AE : Acétate d'éthyle

n-B: n Butanol

M: Masse

nm : nanomètre

UV :Ultraviolet

µg : microgramme

ED : Eau distillé

tpm : tour par minute

EAG : Equivalent acide gallique

EQ = équivalent quercétine.

ET : équivalent acide tannique.

EC : équivalent catéchine.

s : seconde



Table des matières

Remerciements.....	i
Dédicace	ii
Dédicace.....	iii
Résumé en Arabe.....	iv
Résumé en Français.....	v
Résumé en Anglais.....	vi
Liste des figures.....	vii
Liste des tableaux.....	vii
Liste des abréviations.....	ix
Table des matières.....	x
Introduction	
Introduction.....	01
Synthèse bibliographique	
Chapitre I : Données générales sur la plante <i>Moringa oleifera</i>	
I.1 Origine de <i>Moringa oleifera</i>	03
I.2 Dénomination et taxonomie	03
I.3 Propagation et croissance	04
I.4 Les caractéristiques biologiques	04
I.5 Morphologie et caractéristique de plante <i>Moringa oleifera</i>	05
I.6 Valeur nutritionnelle du <i>Moringa oleifera</i> et composition chimique de ses dérivés.....	08
6.1 Composition chimique des feuilles.....	08
6.2 La composition chimique de la fleur.....	09
6.3 composition chimique de la graine de <i>Moringa oleifera</i>	09
I.7 Usage de <i>Moringa</i>	10
Chapitre II : Métabolites secondaires	11

II. 1 Définition.....	11
II. 2 Classification	11
II.2.1 Les composés phénoliques.....	12
II.2.1.1 Acides phénoliques	13
• Acides hydroxybenzoïques	13
• Acide hydroxycinnamiques	13
II. 2.1.2 Les flavonoïdes	14
II. 2.1.3 Les tanins	15
a. Les tanins hydrolysables	16
b. Les tanins condensés	17
II. 2.2 Les terpènes (terpénoïdes)	18
II.2.3 Les alcaloïdes	19
II.2.4 Les saponines	19
II.2.5 Les quinones libres	20
II.2.6 Les anthraquinones	20
II.2.7 Les coumarines	21
II.2.8 Les composés réducteurs	21
Partie pratique	
Matériels et Méthodes	22
III.1 Matériel végétal	22
III.1.1 Origine des échantillons	22
III.2 Protocole expérimental	22
III.2.1 Préparation des extraits	22
2.1.1 Extait brut (extrait hydrométhanolique) (EB)	23
2. 1.2. Fractionnement de l'extrait hydrométhanolique	24
2. 1.2.1. Elimination des graisses par chloroforme	24
2. 1.2.2. Fractionnement par l'acétate d'éthyle (AE)	25
2. 1.2.3 Fractionnement par le n-Butanol (n-B)	26

2. 1.3 Calcul du rendement	26
2. 2 Tests phytochimique	27
• Les alcaloïdes	27
• Les composés phénoliques	28
• Les tanins	28
• Les flavonoïdes	29
• Les quinones libres	30
• Anthraquinones	30
• Les coumarines : Fluorescence UV	30
• Les saponines : test de mousse	30
• Terpénoïdes	31
• Les composés réducteurs	32
2. 3. Dosage des composés phénoliques	33
2. 3.1. Dosage des polyphénols totaux	33
Résultats et interprétations	35
IV. 1 Composition chimique des feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	35
IV. 2. Teneurs en composés phénoliques	36
IV. 2.1 Polyphénols totaux	36
IV. 2.2 Les flavonoïdes	37
IV.2.3 Les tanins condensés	38
IV. 3. Les composés phytochimiques présents dans les feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	39
Discussion générale	42
Conclusion et perspectives	44
Références bibliographiques.....	46
Annexes	57

Introduction

Introduction :

La plupart des pays aujourd'hui s'appuient sur la cultivation des plantes qui y ont une valeur nutritionnelle élevée et un pouvoir médicinal important, dans le but de l'amélioration et d'augmenter les capacités économiques, sociologiques et écologiques (environnementales).

Dans le même objectif, l'utilisation de ces plantes dépend de nombreuses études expérimentale pour obtenir un résultat sure et conforme à déférentes échelles.

Nous avons choisis de faire une étude comparative de la composition chimique globale à partir des feuilles séchées de *Moringa Oleifera* .

D'abord, le *Moringa oleifera* est l'exemple parfait de l'arbre tropical à usages multiples qui a connu une forte expansion dans toute la zone intertropicale. On le rencontre fréquemment dans les concessions et les jardins de case. Ses feuilles, faciles à produire et très riches en protéines, vitamines et minéraux, sont de plus en plus intégrées dans les rations alimentaires des enfants dans le cadre de projets de lutte contre la malnutrition. Elles sont une nouvelle source de revenus agricoles, et une opportunité de développer des activités de transformation agroalimentaire et de nouveaux marchés.(**GILLES et DOMINIQUE,2015**)

Le *Moringa* est un arbre facile à multiplier. Connu des habitants de la plupart des pays d'Afriques sahélienne, sa valorisation en tant qu'arbre à usages multiples devrait donc être relativement aisée. (**RIEDACKER et al., 1993**)

La diversité des propriétés biologiques des plantes médicinales est certainement reliée aux vertus thérapeutiques attribuées à un large arsenal de molécules bioactives synthétisées par ces plantes.(**SEGHIR et al., 2019**)

Une des originalités majeures des végétaux réside dans leur capacité à produire des substances naturelles très diversifiées. En effet, à côté des métabolites primaires classiques (glucides, protides, lipides, acides nucléiques), ils accumulent fréquemment des métabolites dits « secondaires » dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représentent une source importante de molécules utilisables par l'homme dans des domaines aussi différents que la pharmacologie ou l'agroalimentaire. Les métabolites secondaires appartiennent à des groupes chimiques variés (alcaloïdes, terpènes, composés phénoliques...) qui sont très inégalement répartis chez les végétaux mais dont le niveau d'accumulation peut quelquefois atteindre des valeurs élevées. (**MACHEIX et al., 2005**)

Moringa Oleifera (*Moringaceae*) est utilisé localement à diverses fins médicinales par les traditionalistes et les herboristes du monde entier. Cette plante aurait une gamme impressionnante d'utilisations médicinales à haute valeur nutritionnelle. Le *Moringa oleifera* est traditionnellement utilisé comme stimulant cardiaque et circulatoire, possède des propriétés antitumorales, antipyrédiques, antiépileptiques, anti-inflammatoires, anti-ulcéreuses, antispasmodiques, diurétiques, anti hypertensives, hypocholestérolémiantes, antioxydants, antidiabétiques, hépato-protectrices, antibactériennes et effets antifongiques.(**IFIOKOBONG, 2017**).

Ce travail est réalisé pour le but d'évaluer et de déterminer les composés chimiques présents dans les feuilles de *Moringa oleifera*.

Dans la première partie nous avons faire une synthèse bibliographique sur le *Moringa oleifera* .

La deuxième partie c'est de matériel et méthdes suivies , et puis une comparaison des plusieurs études pour objectif de la caractérisation chimique des extraits préparés des feuilles de *Moringa oleifera* .

Chapitre I

Donnés générales sur la plante

Moringa oleifera

I. Données générales sur la plante *Moringa oleifera* :

1. Origine de *Moringa oleifera* :

Moringa oleifera Lam. (Synonyme : *Moringa pterigosprema* Gaertner) appartient à une famille monogénérique d'arbres et arbustes, les *Moringacées*. Il semble être originaire des régions d'Agra et de Oudh, au nord-est de l'Inde, au sud de la chaîne de montagne de l'Himalaya (FOIDL *et al.*, 2001). Cet arbre se rencontre à l'état naturel jusqu'à 1000 m d'altitude, il pousse relativement bien sur les versants mais est plus répandu dans les zones de pâturages et les bassins des rivières. Il pousse rapidement, jusqu'à 6 ou 7 mètres en un an, même dans des zones recevant moins de 400mm de précipitations annuelles. *Moringa oleifera* est aujourd'hui cultivé à travers le Moyen- Orient, ainsi que tout le long de la ceinture tropicale (Figure 1). Il a été introduit en Afrique de l'Est au début du 20ème siècle (FAROOQ *et al.*, 2007). On retrouve plus de cinquante pays tropicaux et subtropicaux à saison sèche marquée, voir en zone aride (Afrique, Arabie, Sud-est asiatique, Iles du pacifique, Amérique du sud). Dans ces pays, il est utilisé comme plante médicinale et alimentaire (MALO, 2014)



Photo 01: Habitat de *Moringa oleifera* dans le monde (ROLOFF *et al.*, 2009).

2. Dénomination et taxonomie :

Il existe 13 espèce de *Moringa*, lesquelles appartiennent à la famille des *moringaceae*. Elle proviennent de l'Inde, de la région de mer Rouge et de certaines régions de l'Afrique y compris le Madagascar (Martine L, 2007). Les douze autres espèces sont bien connues *M.arborea*, *M.borziana*, *M.concanensis*, *M.drauhardii*, *M.hildebrandtii*,

M.longituba, *M.ovalifolia*, *M.peregrina*, *M.pygmaea*, *M.rival*, *M.uspoloniana*, *M.stenopetala* (HEDJI *et al.*,2014). Une classification classique pour *Moringa oleifera* a été réalisée comme plusieurs autres espèces.

Tableau I : Classification de *Moringa oleifera* ([SITE n°2 : WWW.TELA-BOTANICA.ORG](http://WWW.TELA-BOTANICA.ORG)).

<i>Classification</i>	<i>Nom scientifique</i>
Règne	<i>Plantae</i>
Sous Règne	<i>Tracheobionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous classe	<i>Dilleniidae</i>
Ordre	<i>Cappareles</i>
Famille	<i>Moringaceae</i>
Genre	<i>Moringa</i>
Espèce	<i>Moringa oleifera</i>

3. Propagation et croissance :

Moringa oleifera est planté par semis directe arbre ou en utilisant des bouture detiges .Les feuilles de cet arbre persistent du mois de Janvier jusqu'à Décembre et elles tombent au mois Décembre avec une nouvelle croissance qui commence en Février jusqu'à Mars. Il fleurit après 8mois de plantation ; la floraison commence en Janvier et persiste jusqu'à mois de Mars. Ses fruits deviennent matures à partir du mois d'Avril jusqu'à Juin (AGBOGIDI et ILONDU, 2012).

4. Les caractéristiques biologiques :

Moringa oleifera est un arbre qui est particulièrement résistant à de nombreuses conditions de cultures différentes : sols pauvres ou riches, conditions plutôt sèches ou plutôt humides. Elle exige minimum 250 mm de la matière de précipitations annuelles et au maximum à plus De 300 mm .et elle pousse dans des sols dont le PH varie entre 5 à 9.(KAFUKU et MBARAWA, 2010).

Selon : FOIDL *et al.*, (2001) ;De SAINT SAUVEUR et BROIN (2010) ; Agroconsult HAÏTI (2016), le *Moringa* se développe dans des conditions agro-écologiques suivantes :

- Une altitude inférieure à 600m ; mais pouvant aller jusqu'à 1200m ;
- Une température idéale allant de 25 à 35°C mais peut tolérer des températures jusqu'à 48°C pendant de courtes périodes de temps ;
 - Des sols légers, frais et qui ne retiennent pas l'eau ; les sols rocailloux et ceux légèrement salés sont également tolérés
 - Des précipitations annuelles de 250 à 2000mm avec un niveau optimal se situant entre 750 et 2000mm ;
- Des vents faibles.

5. Morphologie et caractéristiques de plante *Moringa Oleifera* :

Moringa est un arbre pérenne, à croissance rapide, qui peut atteindre 7 à 12 mètres de hauteur et dont le tronc mesure 20 à 40 cm de diamètre (FOIDL, 2001).



Photo 02 : Arbre de *Moringa oleifera* (SITE n°1 : WWW.MORINGANEWS.ORG).

- ✓ **Tronc** : Le tronc est généralement droit, mais il est parfois très peu développé. En général, il atteint 1,5 à 2 mètres de haut avant de se ramifier, bien qu'il puisse parfois atteindre les 3 mètres (ANGELA, 2006).
- ✓ **Branches** : Les branches poussent de manière désorganisée et la canopée est en forme de parasol (ANGELA, 2006).
- ✓ **Feuilles** : Les feuilles alternes et bipennées, se développent principalement dans la partie terminale des branches. Elles mesurent 20 à 70 cm de long, elles ont un long pétiole avec 8 à 10 paires de pennes composées chacune de deux paires de folioles opposés, plus

un à l'apex, ovales ou en forme d'ellipse, et mesurant 1 à 2 cm de long (MORTON, 1991).



Photo 03 : Les feuilles de *Moringa oleifera* .(PRICE, 2007)

- ✓ **Fruits** : Les gousses sont des capsules allongées à 3 valves, de 10-50 cm de long, à 9 côtes, brunes à maturité, et contenant de nombreuses graines (MUHL *et al.*, 2011).



Photo 04 : La gousse de *Moringa oleifera* (SITE n° 2 : WWW.MORINGANEWS.ORG).

Fleurs : Fleurs bisexuées, zygomorphes, 5 -mères ; sépales libres, de 7–14 mm de long, souvent inégaux ; pétales libres, oblongs-spatulés, de 1–2 cm de long, inégaux, le plus grand dressé, à pubescence veloutée, blancs ou crème ; étamines 5, filets de 7–8 mm de long, anthères d'un jaune cireux ou orange, alternant avec 3–5 staminodes ; ovaire supérieur pédonculé, cylindrique, de 3–5 mm de long, rose à la base, densément poilu, 1-loculaire, style mince, glabre, sans lobes stigmatiques (ANDRIANANTENAINA, 2013).



Photo 05 : Fleurs de *Moringa oleifera* (ROLOFF *et al.*, 2009).

- ✓ **Graines :** Les graines sont rondes, avec une coque marron. La coque présente trois ailes blanches. Un arbre peut produire 15000 à 25000 graines par an. Une graine pèse en moyenne 0,3 g et la coque représente 25% du poids de la graine (FOIDL *et al.*, 2001).

Chacune est munie latéralement de trois ailes, sont rondes, noires, empilées sur trois rangées centrales. Elles ont un diamètre de 10 à 12 mm (BESSE, 1996).



Photo 06: Les graines de *Moringa oleifera* (SITE n° 2 : WWW.MORINGANEWS.ORG).

- ✓ **Racines :** tubéreuses à odeur piquante caractéristique, dotée de racines latérales plutôt clairsemées (ROLOFF *et al.*, 2009). Les arbres cultivés à partir de graines développent une profonde racine pivotante robuste avec un système à large diffusion composée d'épaisses racines latérales tubéreuses. La racine pivotante ne se développe pas sur les arbres reproduits à partir de boutures (PARROTTA, 2009).

6. Valeur nutritionnelle du *Moringa oleifera* et composition chimique de ses dérivés :

Les feuilles de *Moringa oleifera* font partie de la famille des légumes feuilles verts foncés, qui sont des aliments particulièrement riches en nutriments. En particulier, elles sont une bonne source de protéines, de calcium de fer, de carotène (converti en vitamine A dans le Corps humain), de vitamine C et de vitamine E (BROIN, 2005). Par ailleurs, si l'on compare les feuilles de *Moringa* avec d'autres aliments connus pour leur richesse en un élément particulier on voit bien l'intérêt de ces feuilles en nutrition : en équivalent de poids, les feuilles fraîche renferment plus de protéine et de calcium que le lait frais , plus de vitamine C que les oranges, autant de potassium que les bananes autant de magnésium que le chocolat ,presque autant de fer que les lentille et presque autant de vitamine A que les carottes (ASARE *et al.*, 2012).

1) Composition chimique des feuilles :

Les feuilles de *Moringa oleifera* sont considérées comme un légume de bonne qualité nutritionnelle. Elle riche en protéine et vitamine (A et C) et certain minéraux (en particulier le Fer) .Elles contiennent aussi les acides aminés et les acides gras essentiels (MUSA *et al.*, 2015).

Tableau II : Composition moyenne des feuilles de *Moringa oleifera* (BROIN, 2005)

Donnés pour 100 gramme de matière sèche			
Composition globale		Acide aminés (mg)	
Calories (Kcal)	300	Arginine	1600
Protéine (g)	25	Histidine	530
Glucide (g)	40	isoleucine	1140
Lipide (g)	8	leucine	2050
Minéraux (g)	12	Lysine	1200
Fibre (g)	15	Méthionine	370
Teneur en eau (75	Phénylalanine	1400
Minéraux (mg)		Thréonine	1080
Calcium	2100	Tryptophane	580
Cuivre	1	Valine	1400
Fer	27	Acide aspartique	1670
Potassium	1300	Acide glutamique	2470
Magnésium	405	Sérine	840
Phosphore	310	Glycine	960
Manganèse	8	Alanine	1260
Soufre	740	Tyrosine	910
Sélénium	2,6	Cystéine	360
		Proline	1230

Zinc	2,6
Molybdène	0,5
Sodium	100
Vitamines	
Vitamine A (UI)	14300
Vitamine C (mg)	850

Acide gras	
C 16 : 0	530
C 18 : 0	70
C 18 : 1	60
C 18 : 2	170
C 18 : 3	1140

2) La composition de la fleur :

La fleur de *Moringa* est très riche en protéine et en minéraux. Les éléments contenus dans la fleur sont beaucoup plus abondants dans le produit séché que le produit frais. **Tableau III** détermine la composition dans 100g de (fleur frais /fleur sèche) selon (**NDONG et al, 2007**)

Eléments	Composition dans 100g de produit (fleur fraîche)	Composition dans 100g de produit (fleur sèche)
Humidité	81,97	-
Protéine (g)	8,64	47,97
Matière grasse (g)	1,14	6,34
Cellulose (g)	0,68	3,79
Cendre (g)	0,29	1,61
Glucide (g)	7,28	40,29
Energie (kcal)	-	410,1
Ca (mg)	15,76	87,47
Na (mg)	10,14	55,98
K (mg)	57,70	320,04
Mg (mg)	8,55	47,47
Fe (mg)	4,2	23,34
Zinc (mg)	0,15	0,86

3) Composition chimique de la graine de *Moringa oleifera* :

Les graines de *Moringa* contiennent une protéine qui a montré son efficacité dans le traitement des eaux, en remplacement du sulfate d'Alumine et d'autres flocculant chimiques (**BENALI et al., 2016**). 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**).

7. Usage de Moringa :

Depuis quelques années, la communauté scientifique internationale s'intéresse de plus en plus au *Moringa oleifera*, présenté comme une ressource multi-usage exceptionnelle pour les pays en développement. (NGO-SAMNICK et al., 2016).

L'écorce, la sève, les racines, les feuilles, les graines, l'huile et les fleurs de *Moringa* sont utilisées en médecine traditionnelle dans plusieurs pays. La racine épaissie de la plante a été utilisée comme raifort dans le passé. Cette pratique est maintenant déconseillée, car la racine contient des alcaloïdes, qui peuvent s'avérer mortels en cas d'ingestion. Les feuilles de la plante servent à des fins culinaires. Ils sont utilisés comme légumes verts dans les salades et aussi comme cornichons pour l'assaisonnement. Les feuilles de *Moringa* peuvent également être utilisées pour nettoyer les ustensiles et nettoyer les murs. L'écorce de la plante, qui conduit à une fibre grossière, peut également être utilisée à des fins de bronzage. (BOARD, 2012).

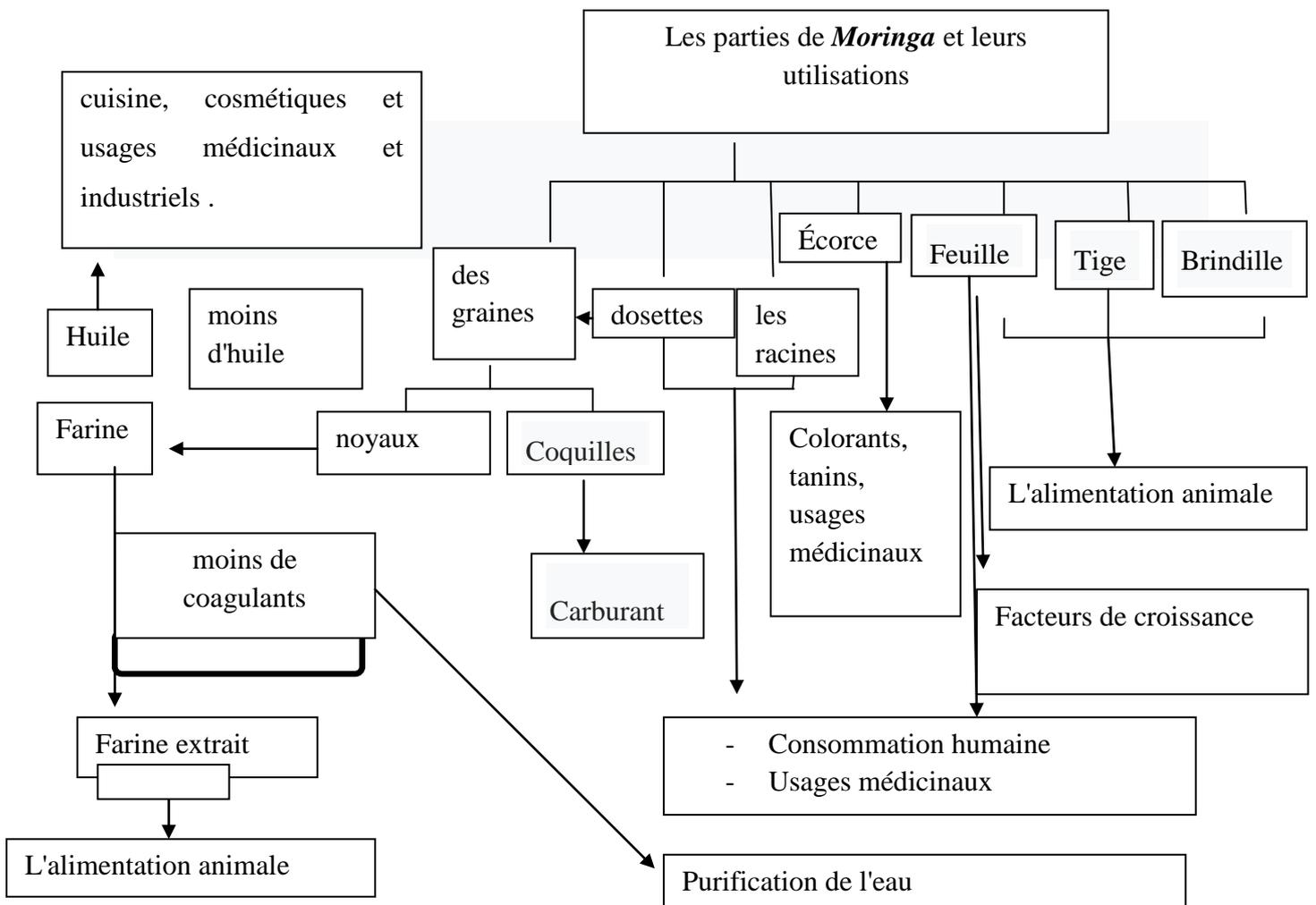


Schéma résume l'utilisation de *Moringa oleifera* (Selon : BOARD, 2012)

Chapitre II

Métabolites secondaires

II. Métabolites secondaires :

Il s'agit de métabolites dont la production n'est pas liée de manière significative à la croissance. Leur apparition peut être liée ou non à la lyse cellulaire. Parmi ces substances, certaines ont un intérêt industriel (*antibiotiques*, « *hormones* »...), d'autres un intérêt toxicologique (*toxines*), d'autres enfin jouent un rôle dans la modification de l'aliment (polysaccharides de types « capsulaire »). (DUPIN et al., 1992)

II. 1. Définition :

Les plantes produisent une large gamme de substances chimiques actives, de métabolites secondaires qui sont impliqués dans la défense des plantes contre les ravageurs et maladies. (WUYTS, 2006)

Contrairement aux métabolites primaires, ils ne participent pas directement à l'assimilation des nutriments, ni à leur transformation et ils sont aussi chimiquement très différents des métabolites primaires. Malgré leur faible poids moléculaire, pour certains, leur structure peut être d'une très grande complexité. Leur fonction essentielle est de défendre et de protéger la plante contre toutes sortes d'agents pathogènes, de parasites phytophages ou de prédateurs vertébrés et invertébrés. Ils sont aussi synthétisés en réactions aux facteurs abiotiques tels que la sécheresse ou à l'effet des rayons ultraviolets et autres. (JOST et JOST-TSE, 2016). Beaucoup de métabolites secondaires jouent dans les végétaux un rôle antioxydant protecteur contre les agressions de l'environnement (température, lumière) ou des pathogènes. Ils sont donc souvent en plus grande concentration dans la peau des fruits ou dans les feuilles externes des légumes feuilles. (COMBRIS et al., 2008)

II. 2. Classification :

Dans le monde végétal, on estime qu'il y a plus de 200 000 métabolites secondaires différents que l'on peut classer en trois grandes catégories essentielles : les composés phénoliques, les terpénoïdes et les alcaloïdes. (JOST et JOST-TSE , 2016)

II.2.1. Les composés phénoliques :

Les composés phénoliques forment un très vaste ensemble de substances qu'il est difficile de définir simplement. L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester, hétéroside. Une définition purement chimique des phénols est toutefois insuffisante pour caractériser les composés phénoliques végétaux : elle inclurait des métabolites secondaires possédant ces éléments structuraux alors même qu'ils appartiennent manifestement à des groupes photochimiques bien différenciés. **(BRUNETON, 2009)**

Chimiquement, les phénols sont des substances très réactives. Cela peut être intramoléculaire ou intermoléculaire, ce qui entraîne des interactions entre les phénols végétaux et les liaisons peptidiques des protéines et des enzymes. Une autre propriété importante de nombreux phénols avec un groupement O-dihydroxy est leur capacité à chélater les métaux. **(SADASIVAM et THAYUMANAYAN, 2003)**

Les composés phénoliques (CP) sont l'une des trois grandes classes de métabolites secondaires des plantes. Leur biosynthèse comprend la voie des phénylpropanoïdes pour la construction du squelette carboné C6-C3 (acides hydroxycinnamiques), voire C6-C1 (acides hydroxybenzoïques), et celle des flavonoïdes pour la construction du squelette tricyclique de type C6-C3-C6. **(FARDET et al., 2013)**

Les phénols sont utilisés dans l'industrie comme antioxydants, intermédiaires chimiques, agents de bronzage, révélateurs photographiques et additifs pour les lubrifiants et l'essence. **(STELLMAN et al., 1998)**

La caractéristique commune des composés phénoliques est un cycle aromatique portant un ou plusieurs substitués hydroxyles. Ils ont tendance à être solubles dans l'eau. Les phénoliques sont omniprésents, avec de nombreux types différents, y compris les acides phénoliques simples et leurs glycosides, les flavonoïdes et leurs glycosides, les *coumarines* et les *polymères de phénols*, y compris les *tanins*. **(BERNAYS et CHAPMAN, 1994)**

II.2.1.1. Acides phénoliques :

Les acides phénoliques ne sont généralement pas abondants dans la plupart des plantes. Il y a quelques exceptions : l'acide gallique et l'acide salicylique. (VERMERRIS et NICHOLSON, 2007).

- **Acides hydroxybenzoïques :**

Les acides hydroxybenzoïques (p-hydroxybenzoïques, protocatéchique, vanillique, gallique, syringique, salicylique, gentisique...) sont dérivés de l'acide benzoïque et ont une formule de base de type C6-C1. (MACHEIX et al., 2005).

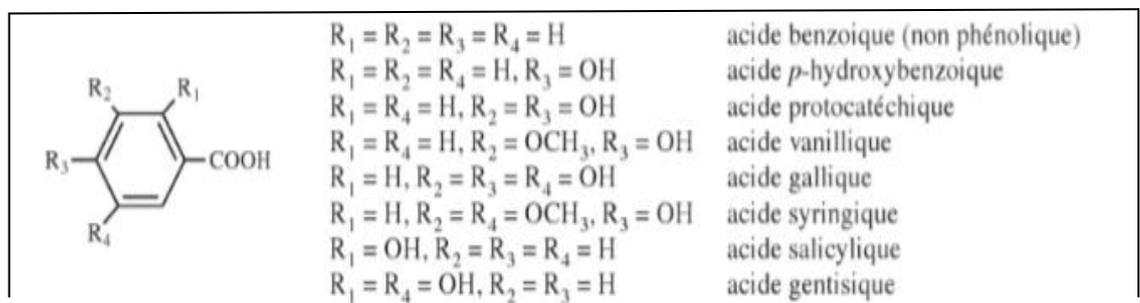


Figure 01: Principaux types d'acide hydroxybenzoïques (MACHEIX et al., 2005).

- **Acides hydroxycinnamiques :**

Les acides hydroxycinnamiques représentent une classe très importante dont la structure de base (C6-C3) dérive de celle de l'acide cinnamique (Figure 08). (MACHEIX et al., 2005)

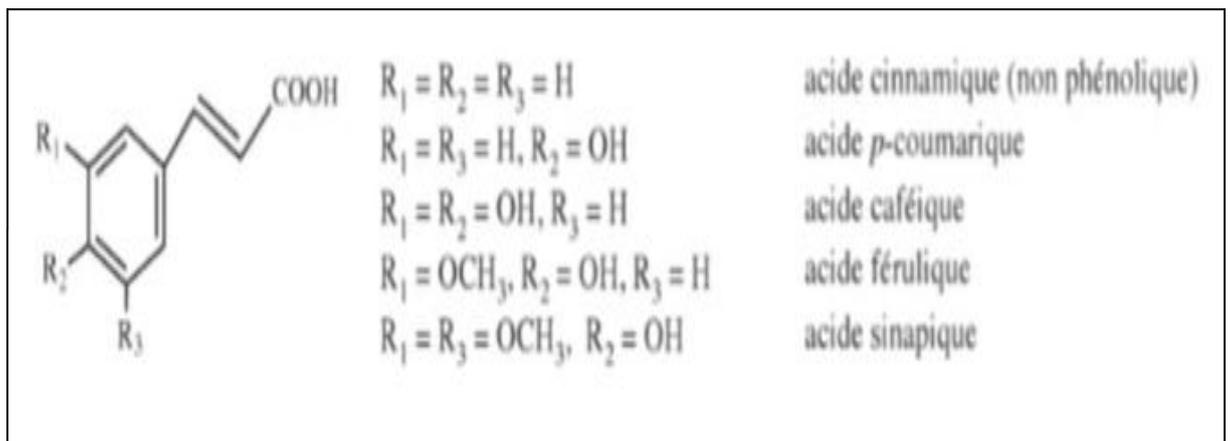


Figure 02: Principaux types d'acide hydroxycinnamiques. (MACHEIX et al., 2005)

II. 2.1.2. Les flavonoïdes :

Le terme flavonoïde rassemble de nombreux composés naturels répartis en plusieurs familles dont les plus importantes sont les flavones et les isoflavones. Ce sont des pigments naturels qui donnent leurs couleurs aux plantes. On les trouve donc dans les plantes très colorées comme les légumes vert foncé ou les fruits rouges. (CAUSSE, 2004)

Les flavonoïdes font partie de la famille des polyphénols. Ils sont présents partout – dans les racines, les tiges, les fleurs, les feuilles – de tous les végétaux. Ce sont des antioxydants remarquables. Ils combattent l'inflammation, fluidifient le sang, stimulent la contraction veineuse et renforcent les parois vasculaires. (CAZAUBON, 2005)

Les flavonoïdes sont formés d'un squelette à 15 atomes de carbone (C6-C3-C6), correspondant à la structure du diphenylpropane (Santos-Buelga et Scalbert, 2000). Au sein des flavonoïdes, on retrouve les flavonols, les flavones, les flavonoïdes et les tannins condensés, les (prényl) chalcones et les dihydrochalcones ainsi que les anthocynines/anthocyanidines. (COLLIN et CROUZET, 2011)

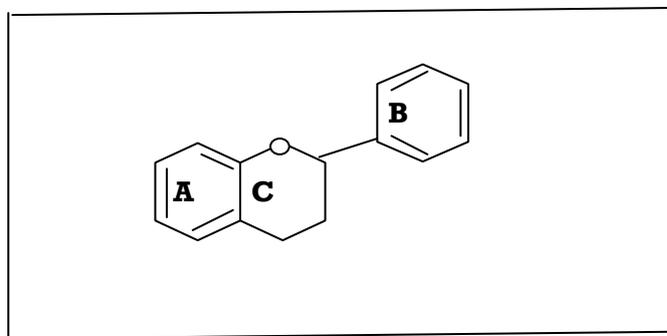


Figure 03: Structures de base des flavonoïdes (COLLIN et CROUZET, 2011).

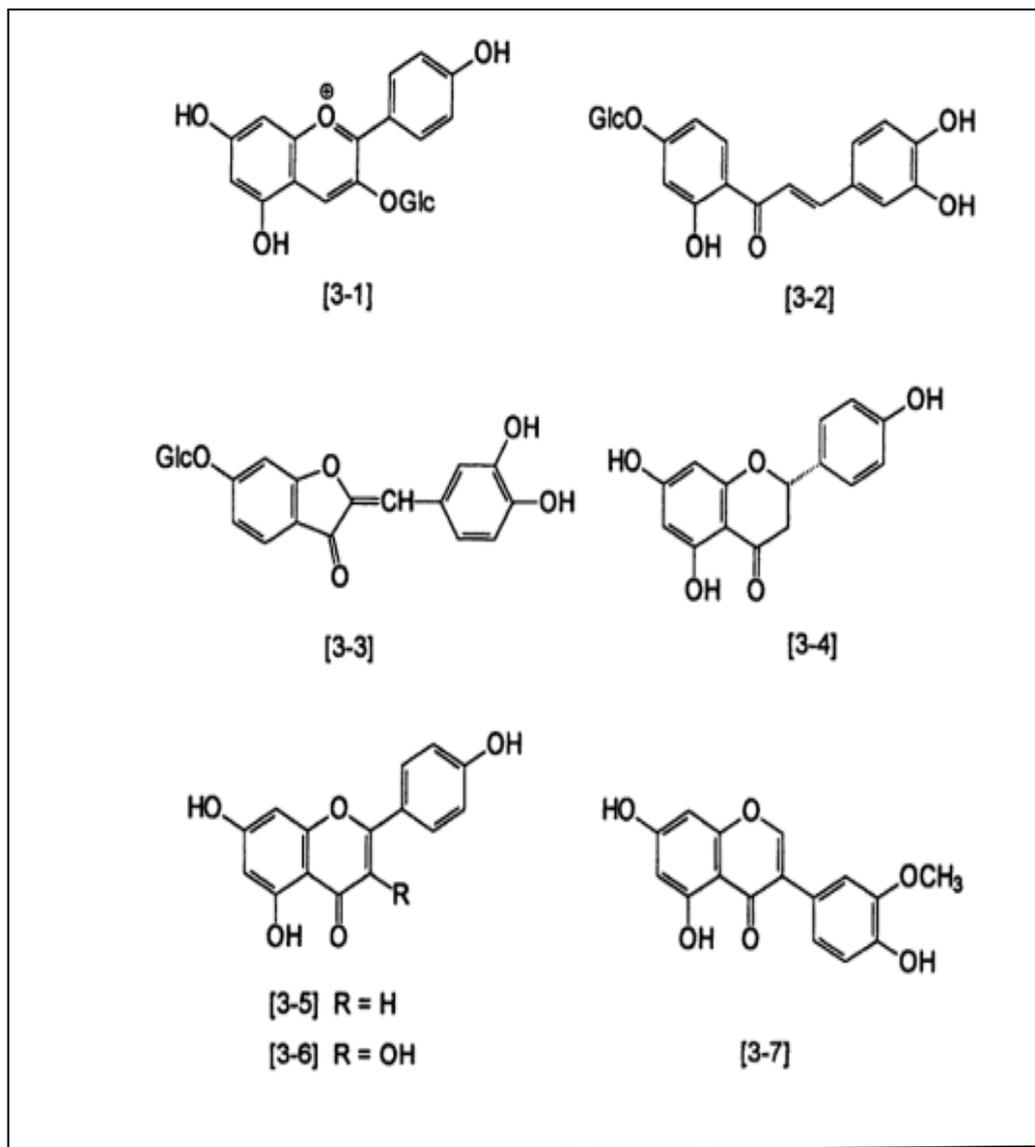


Figure 04 :Types de base de flavonoïdes. Anthocyane [3 – 1], chalcones[3 – 2], aurone[3 – 3], flavanone[3 – 4], flavones[3 – 5], flavonols[3 – 6], et isoflavones[3 – 7]. (BOHM et STUESSY, 2001)

II.2.1.3 Les Tanins :

Les tanins sont des substances amères que renferment les écorces, les fruits, les gousses, les feuilles, les racines ou les graines de certains végétaux. Ils ont la propriété de transformer les peaux en cuir. (MANN, 1962)

Les tannins sont, au niveau du bois, les produits majoritaires des composés aromatiques et phénoliques. Ils sont divisés en deux classes : les tannins hydrolysables (prosopis) et les tannins condensés (non hydrolysables) (mimosa). (GILLES MILLE et DOMINIQUE LOUPPE, 2015)

Les composés phénoliques sont des polymères intracellulaires tels que les tanins condensés (polymères de flavanes) et les tanins hydrolysables (polymères de l'acide gallique ou ellagique avec des sucres). (Selon : REGNAULT-ROGER et al. (2008))

a. Les tanins hydrolysables :

Les tanins hydrolysables, ou acides taniques, sont des polymères de l'acide gallique ou de son produit de condensation, l'acide ellagique. Ils ont un poids moléculaire plus faible (de 500 à 3 000) et précipitent beaucoup moins les protéines que les tanins condensés. (JARRIGE et al., 1995)

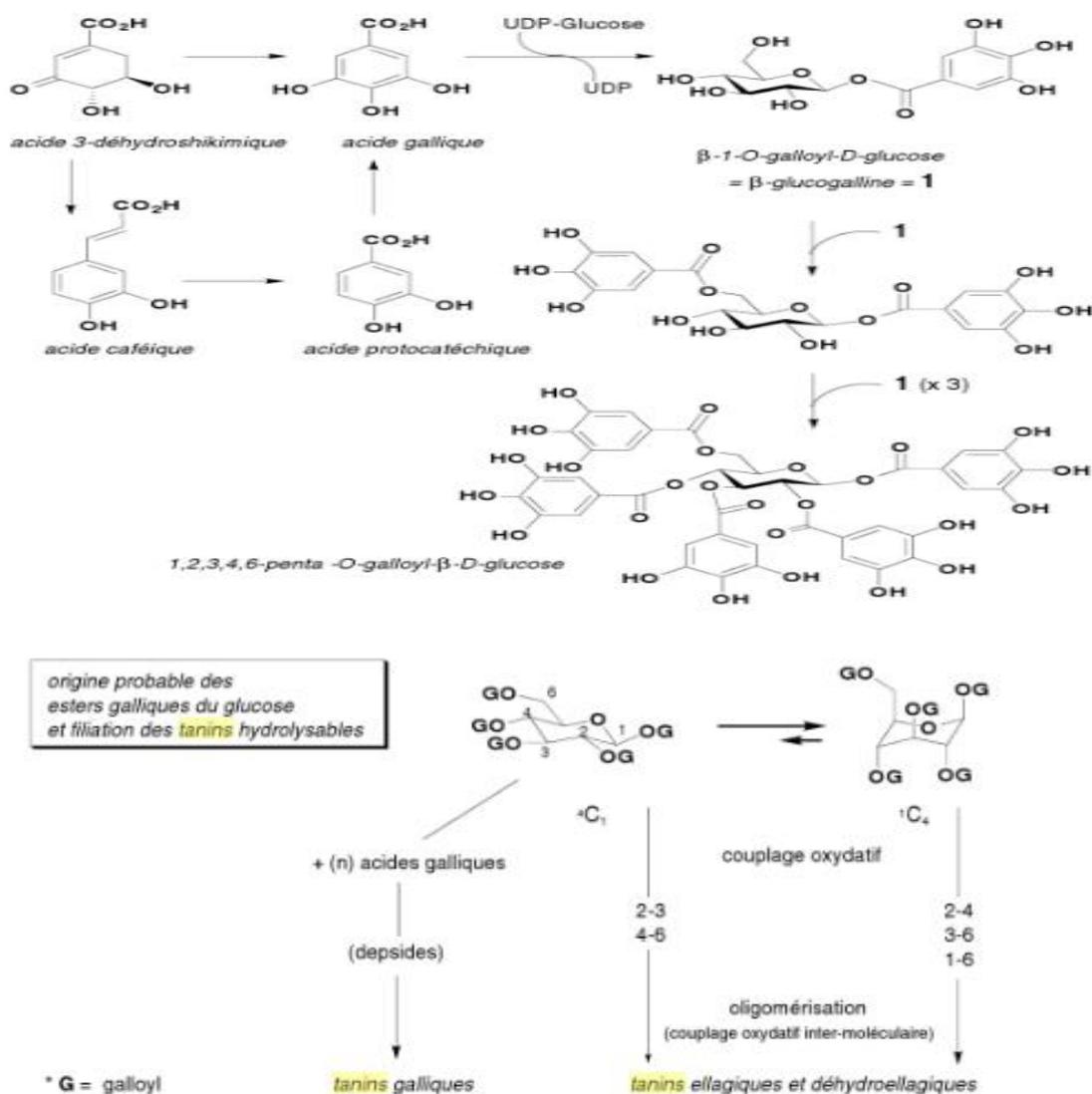


Figure 05 : Structure des tanins hydrolysables (BRUNETON, 2009).

b. Les tanins condensés :

Les tannins condensés sont des oligomères ou des polymères de flavane-3-ols (éventuellement de flavane-3-4-diols) dérivés de la (+)-catéchine ou de ses nombreux isomères. Contrairement aux tannins hydrolysables, ils sont résistants à l'hydrolyse et seules des attaques chimiques fortes permettent de les dégrader. Ainsi par traitement acide à chaud, ils transforment en pigments rouges et pour cette raison, les formes dimères et oligomères sont dénommées « proanthocyanidines ». (MACHEIX et al., 2005).

Ils sont présents dans les vacuoles d'un réseau de cellules spécialisées, situées sous l'épiderme des feuilles et des tiges de certaines légumineuses tempérées et tropicales herbacées et arbustives, ainsi que dans les feuilles d'arbustes fourragers des zones semi-arides, du manioc, des feuilles et graines des sorghos résistants aux oiseaux Selon : JARRIGE et al. (1995).

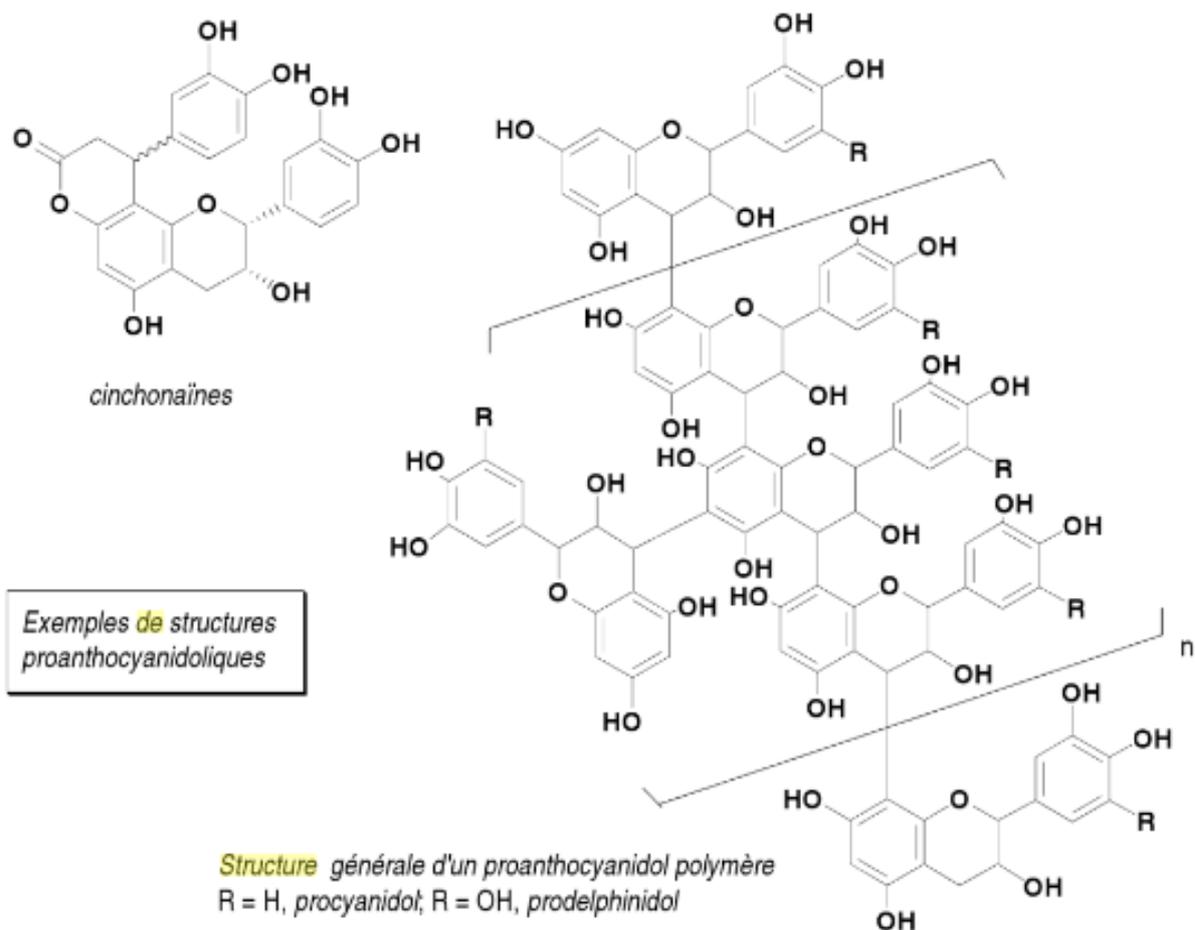


Figure 06 : Exemples des tanins condensés (BRUNETON, 2009).

II.2.2 Les terpènes (terpénoïdes) :

Les terpénoïdes, ou terpènes, organisés en deux catégories, les mono et les diterpènes, constituent une classe d'hydrocarbures odoriférants produits par de très nombreuses plantes. (HAMON, 2019).

Ces odeurs sont dues à la libération des molécules très volatiles contenant 10 ou 15 atomes de carbone. Extraits, ces composés sont employés comme condiments (girofle) ou comme parfums (rose, lavande). (LERAY, 2010)

Les terpènes sont des substances importantes dans la chimie des plantes et participent à leur protection contre les agressions des *champignons* et autres *bactéries*. Ils sont omniprésents dans le monde végétal et donc dans les parfums. Les monoterpènes, qui présentent des structures relativement simples et sont généralement très volatils, sont les principaux constituants des huiles essentielles. (COLLET, 2002)

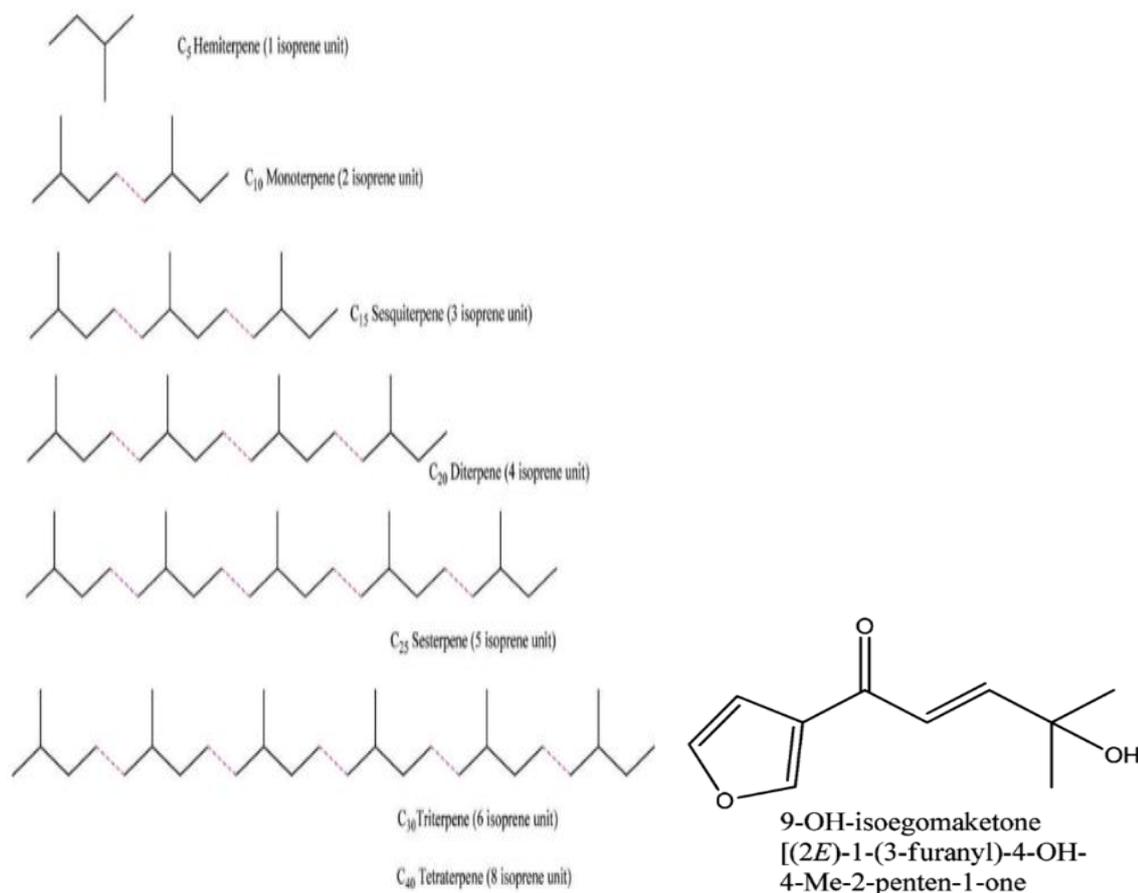


Figure 07 :Classification de terpène et structure de monoterpènes. (PERVEEN et AL-TAWEEL, 2018).

II.2.3 Les alcaloïdes :

L'histoire des alcaloïdes commence avec notre siècle ; ce fut en effet, en 1803, que Derosne, à Paris, retira de l'opium une substance cristallisée, qu'il nomma sel d'opium et qui doit avoir été un mélange de morphine et de narcotine. La découverte de la première base végétale appartient à Sertuner, pharmacien de Hanovre, lequel, sans avoir connaissance des travaux de Derosne et de Seguin annonça en 1806. **(PICTET, 1897)**

Les alcaloïdes, substances végétales ou reproduites par synthèse, ont une activité pharmacologique remarquable à faibles doses. La cocaïne, la morphine et la quinine sont des exemples d'alcaloïdes. **(TOUITOU, 2011)**

Les alcaloïdes des feuilles font tous partie de la classe des corynanthéanes et appartiennent au groupe des usambarines et à celui des feuilles est un oxindole, la strychnofoline. **(SCHMELZER et GURIB-FAKIM, 2008)**

Le mot « alcaloïde » est pratiquement synonyme du mot « drogue » ; 10 des 12 drogues qui ont pour origine une plante et qui sont commercialement les plus importantes sont des alcaloïdes (Balandrin et al., 1985). Les alcaloïdes provoquent, chez l'homme, diverses réponses physiologiques et psychologiques parce qu'ils interfèrent avec les neurotransmetteurs. A forte dose la plupart des alcaloïdes sont très toxiques, par contre à faible dose. **(HOPKINS, 2003)**

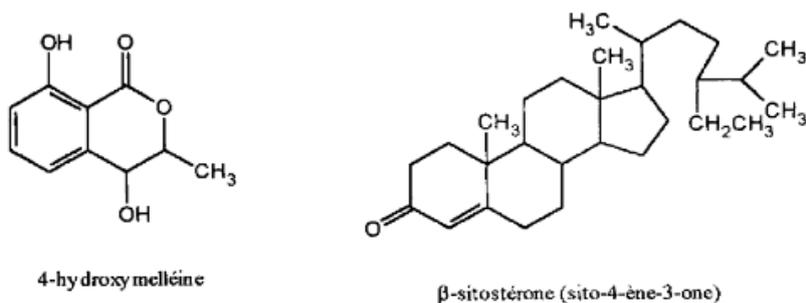


Figure 08 : exemple des alcaloïdes **(SOFOWORA, 2010)**.

II.2.4 Les saponines :

Sont des hétéropolyosides formés d'une aglycone dénommée sapogénine qui est un triterpénoïde avec une chaîne latérale d'oses (glucose, galactose, xylose, arabinose, rhamnose) (Bondi et al 1973). **(JARRIGE et RUCKEBUSCH, 1995)**

On trouve les saponines, liées aux fibres présentes à l'intérieur des cellules végétales, dans de nombreux aliments végétaux (particulièrement dans les épinards). (SPILLER et SPILLER, 2007). Les saponines sont aussi des glucosides. (LARBIER et LECLERCQ, 1992)

II.2.5 Les quinones libres :

Au point de vue chimique, les quinones sont des cétones cycliques, c'est-à-dire des composés formés par un noyau benzénique dans lequel deux atomes d'oxygène se substituent à deux atomes d'hydrogène. (DAJOZ, 2010). Les quinones libres, pratiquement insolubles dans l'eau, sont extractibles par les solvants organiques usuels et leur séparation passe par les techniques chromatographiques habituelles. Benzoquinones et naphtoquinones sont entraînés par la vapeur d'eau. (BRUNETON, 2009)

II.2.6 Les anthraquinones :

Les anthraquinones sont un groupe de composés abondants dans l'univers de la substance naturelle. Ils sont classés comme quinones et leurs dérivés sont le plus grand groupe de quinones naturelle. Benzoquinones et naphtoquinones sont également fait partie de ce groupe. Les anthraquinones appartiennent à la famille chimique des hydrocarbures aromatiques polycycliques, ils constituent le plus grand groupe de pigments naturels, avec environ 700 composés. Environ 200 d'entre eux composés ont été isolés à partir de plantes, tandis que le reste a été isolé à partir de lichens et champignons. Les anthraquinones jouent un rôle important dans le métabolisme des plantes, en agissant sur la chaîne de transport d'électrons par l'inhibition de l'énergie transfert dans le processus photosynthétique (GASPAR DIAZ et al., 2018).

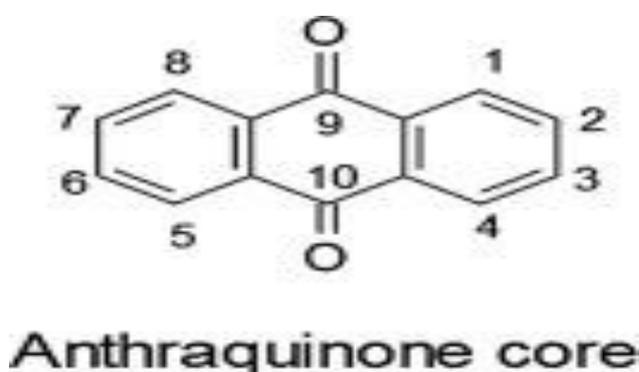


Figure 09 : Structure chimique des anthraquinones (SIMPSON et AMOS, 2017)

II.2.7 Les coumarines :

Les coumarines présentent toutes une structure composée d'un cycle benzène et d'un noyau lactone (benzo- α -pyrone) formant alors un noyau coumarine simple. A ce noyau peuvent s'ajouter différents groupements chimiques à l'origine de quatre types de coumarines différents rencontrés chez les plantes supérieures (**BOURGAUD et al., 2006**) :

1. les coumarines simples (benzo- α -pyrones) ;
2. les furocoumarines (furobenzo- α -pyrones) ;
3. les pyranocoumarines (benzodipyran-2-ones) ; qui résultent de la fusion d'un cycle pyrane sur un noyau coumarine simple formant alors aussi des pyranocoumarines linéaire et angulaire.
4. les phénylocoumarines (benzo-benzo- pyrones) ;

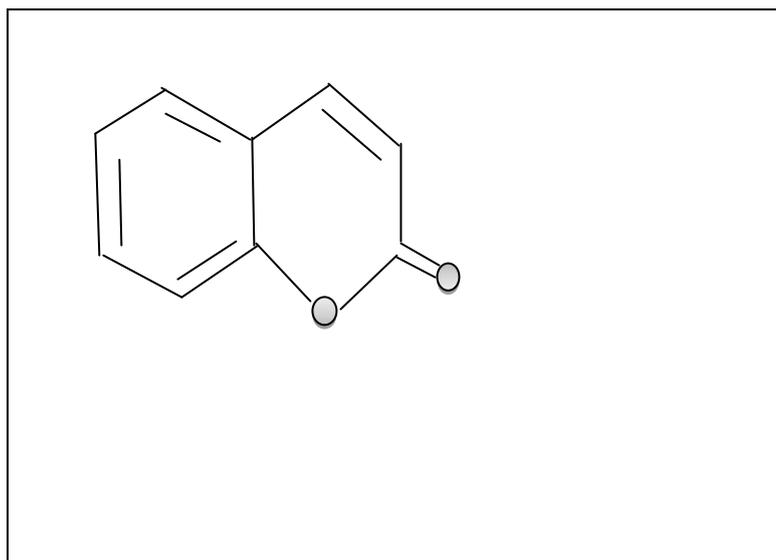


Figure 10 : structure des coumarines simple. (**BOURGAUD et al., 2006**)

II.2.8 Les composés réducteurs :

Les glucides ou hydrates de carbone (plus communément appelés sucre).sont des nutriments indispensables au bon fonctionnement du corps humain. Ils sont présents dans la nature sous plusieurs formes. Il existe beaucoup de méthodes de dosage des glucides, certaines de ces méthodes utilisent le pouvoir réducteur ou non réducteur des sucres.On appelle un sucre réducteurs l'ensemble des sucres à fonction cétonique ou aldéhydique, réduisant la liqueur cupro- potassique, contenus dans le vin (**ALEXIS et JOACHIM, 2016**).

Matériels et méthodes

III Matériel et méthodes

III.1 Matériel végétal

III.1.1 Origine des échantillons

Les feuilles de *Moringa Oleifera* sont récoltées fin de 2018 et proviennent du Sahara Algérien (Wilaya de Tamanrasset).



Photo 07: Feuille sécher du *Moringa Oleifera* . Originale

III.2. Protocol expérimental

III.2.1 Préparation des extraits

Les feuilles séchées de *Moringa oleifera* ont été découpées en petits morceaux pour préparer différents extraits :



Photo 08 : Feuilles découpées de *Moringa Oleifera* . Originale

2.1.1. Extrait brut (extrait hydrométhanolique) (EB) :

Le principe :

Quand une matrice au contact d'un solvant, les composants soluble migre vers le solvant. l'extraction est un transfert du matrice vers le solvant selon un gradient de concentration (HANDA, 2008).

Mode d'opérateur :

- Un mélange de 15g du matériel végétal et 300 ml des eaux /méthanol (30/70 : v/v) est macéré à une température ambiante pendant 24h à l'abri de la lumière et sous agitation.
- Filtration du mélange à l'aide des compresses stérile, puis la partie liquide extraite a été stérilisée par des filtres millipore 0,45 µm après une centrifugation à 4000 tpm pendant 20min .(MASHIAR et al., 2009).
- Récupération de l'extrait.



Photo 09: montre quelques étapes de la préparation des extraits préparés de *Moringa oleifera Originale*

2.1.2. Fractionnement de l'extrait hydrométhanolique :

2.1.2.1. Elimination des graisses par chloroforme :

A partir de l'extrait évaporé nous avons procédé à une extraction liquide-liquide en utilisant le chloroforme (v/v) afin d'éliminer les lipides et les chlorophylles.



Photo 10 : Evaporation à sec par le rotavapor. (*HADJ MOUSSA, 2012*).

2. 1.2.2. Fractionnement par l'acétate d'éthyle (AE) :

La phase hydrométhanolique récupérée de l'extraction par le chloroforme est soumise à un fractionnement par l'acétate d'éthyle (v/v), en utilisant une ampoule à décanter. Les fractions ont été ensuite concentrées à sec sous pression réduite à l'aide d'un évaporateur rotatif à 40°C (BEKKARA et al., 1998)



Photo 11: Fractionnement par l'acétate d'éthyle (BOUSSOUFA., 2018)

2.1.2.3. Fractionnement par le n-Butanol (n-B)

La phase hydrométhanolique récupérée de l'extraction par l'AE est utilisée pour un fractionnement par le n-Butanol. La phase organique résultant des deux lavages est évaporée à sec à 60°C.(BEKKARA et al., 1998).



Photo 12 : Séparation de la fraction par n-butanol (BOUSSOUFA., 2018)

Tous les extraits : extrait brut (extrait hydrométhanolique) (EB), extrait acétate d'éthyle (AE), extrait n-Butanol (n-B) séchés sont conservés à 4°C.

2.1.3. Calcul du rendement :

Le rendement d'extraction est le rapport entre le poids d'extrait et le poids de la plante sèche à traiter. Il est exprimé en pourcentage suivant la formule donnée par (FALLEH et al., 2008) :

$$R (\%) = (M1 / M0) \times 100$$

R (%) : rendement exprimé en pourcentage.

M1 : masse en gramme « g » de l'extrait sec obtenu.

M0 : masse en gramme « g » du matériel végétal.

2.2. Tests phytochimique :

Dans le but de mettre en évidence la présence des métabolites secondaires dans les extraits des feuilles de la plante étudiée, nous avons effectué une analyse qualitative basée sur des réactions de coloration, de précipitation et d'observation sous lumière ultra-violette. Cette analyse été réalisée selon les techniques décrites par **BRUNETON, (1999) HARBONE (1998)**.

- **Les alcaloïdes :**

Principe :

La détection des alcaloïdes est réaliser selon la méthode **AMANA (2007)**, la formation d'une couleur brun noir ou jaune brun indique la présence de ces métabolites dans le milieu.

Mode opératoire :

Dans deux tubes à essai, introduire 0.5 ml de l'extrait à analyser. Acidifier le milieu par quelques gouttes de HCl (1%) et ajouter 0.5 ml de réactif de Mayer dans le premier tube et 0.5ml de réactif de Wagner dans le second tube. L'apparition d'un précipité blanc ou brun, respectivement, révèle la présence d'alcaloïdes (**RAFFAUF, 1962**).



Photo 13 : La présence des alcaloïdes dans les feuilles de *Moringa oleifera* (MOUHOUBI et BACHIOUA, 2017)

- Les composés phénoliques :
- Les tanins :

Principe :

Les tanines réagissent avec le chlorure ferrique et donnent une coloration bleu mesurée par spectrophotométrie.

Mode opératoire :

Dans un tube à essai, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 0.25 ml d'une solution aqueuse de FeCl₃ (1%). Le mélange est incubé pendant 15 min à température ambiante. La présence des tanins est indiquée par une coloration verdâtre ou bleu noirâtre. (SOULAMA et al., 2014).



Photo 14: La présence des tanines dans les feuilles de *moringa oleifera*.(MOUHOUBI et BACHIOUA, 2017).

- Les flavonoïdes :

Principe :

Le principe de dosage direct par le chlorure d'aluminium. La coloration jaune produite indique la présence des flavonoïdes dans l'extrait (RIBEREAU-GAYON, 1968).

Mode opératoire :

Les flavonoïdes contenus dans les extraits méthanoliques des plantes sont estimés par la méthode du trichlorure d'aluminium (YI et al, 2007). 1 ml d'échantillon ou standard

(préparé dans le méthanol) est ajouté à 1 ml de la solution d'AlCl₃ (2%), le mélange est vigoureusement agité. Après 30 minutes d'incubation, l'absorbance est lue à 430 nm.

L'apparition d'une coloration rose ou rouge ou jaune prouve la présence des flavonoïdes.

- **Les quinones libres :**

Mode opératoire :

Dans un tube à essai, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 1 ml d'hydroxyde de sodium (NaOH à 1 %). L'apparition d'une couleur qui vire au jaune, rouge ou violet indique la présence des quinones libres (**OLOYEDE, 2005**).

- **Anthraquinones :**

Mode opératoire :

Dans un tube à essai, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 5 ml de NH₄OH (10%) puis agiter. L'apparition d'une coloration violette indique la présence des anthraquinones (**OLOYEDE, 2005**).

- **Les coumarines : Fluorescence UV**

Mode opératoire :

Dans deux tubes à essai, introduire 1 ml de l'extrait à analyser, prendre le premier comme témoin et ajouter à l'autre 0.1 ml de NH₄OH (10%). Mettre deux taches sur un papier filtre et examiner sous la lumière UV à 366 nm. Une fluorescence intense indique la présence des coumarines. (**HAMADOU et al., 2018**).

- **Les saponines : test de mousse**

Principe :

La présence de saponine est révélée par le teste de **YADAV et AGARWALA, (2011)** la formation d'une mousse persistante indique la présence des saponines.

Mode opératoire :

Dans un tube à essai, introduire 10 ml de l'extrait à analyser, agiter pendant 15 secondes et laisser le mélange au repos pendant 15min. Une hauteur supérieure à 1 cm de mousse indique la présence de saponines.



Photo 15 : la présence des saponines dans les feuilles de *Moringa oleifera* (MOUHOUBI et BACHIOUA, 2017)

- **Terpénoides :**

Principe :

La formation d'une couleur brun rouge ou mauve à l'interface détermine la présence des composés terpénoides selon la méthode de (AZIMAN et al.,2012).

Mode d'opération :

Test de Slakowski : Dans un tube à essai, introduire 1 ml de l'extrait à analyser, ajouter 0,4 ml de chloroforme et 0,6 ml d'acide sulfurique concentré. La formation de deux phases et une couleur marron à l'interphase indique la présence des terpénoides.

Test de Librman-Burchard : dans un tube à essai, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 0,1 ml d'anhydride acétique et 0,1 ml d'acide sulfurique. Le mélange est incubé pendant 15 min. L'apparition d'une couleur mauve ou violette indique la présence des terpénoïdes.



Photo 16: La présence des terpénoïdes dans l'extrait des feuilles de *Moringa oleifera* (MOUHOUBI et BACHIOUA, 2017)

- **Les composés réducteurs :**

Principe :

L'acide 2hydroxy-3.5-dinitrobenzoïque est un indicateur de la présence des sucres réducteurs, et l'addition de liqueur de Fehling indique aussi la présence du sucre (LINDSAY, 1973).

Mode opératoire :

Dans un tube à essai, ajouter 1 ml de liqueur de Fehling (0,5 ml réactif A et 0,5 ml réactif B) à 1 ml d'extrait à analyser et incubé l'ensemble 08 min dans un bain marie bouillant. L'apparition d'un précipité rouge brique indique la présence des composés réducteurs (KASOLO et al., 2010).

2.3. Dosage des composés phénoliques :

2.3.1. Dosage des polyphénols totaux :

Le principe :

Le principe de cette méthode est basé sur une réaction de coloration par le réactif « Folin-Ciocalteu », de couleur jaune, composé de l'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_4$).

Mode opératoire :

Teneur totale en phénols d'extraits aqueux et d'acétone de *Moringa* ont été déterminés par la méthode modifiée de **Wolfe, Wu et Liu (2003)** utilisant le réactif Folin – Ciocalteu. L'extrait a été mélangé avec 5 ml de réactif Folin – Ciocalteu (préalablement dilué avec de la distillation Eau 1:10 v / v) et 4 ml de carbonate de sodium (75 g / l). Le mélange a été vortexé pendant 15 s et laissé au repos pendant 30 min à 40 ° C pour la couleur développement. L'absorbance a ensuite été mesurée à 765 nm en utilisant le spectrophotomètre Hewlett Packard UV – VIS. Des extraits ont été évalués à une concentration finale de 1 mg / ml. La teneur totale en phénoliques était exprimé en mg / g d'équivalent d'acide tannique. (**MOYO et al., 2012**).

En parallèle nous avons préparé une gamme d'étalonnage dans les mêmes conditions à partir d'acide gallique à différentes concentrations de 30 à 500 µg /ml.

Tableau IV : Méthode de dosage des polyphénols totaux.

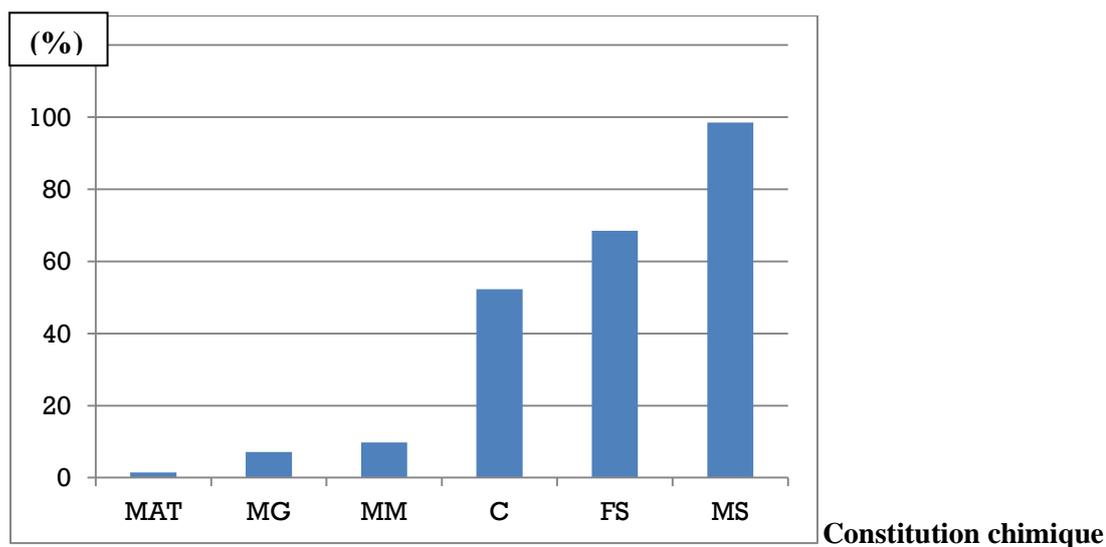
	La gamme d'étalon (acide gallique)							Extraits (1mg /ml)		
								Extrait extrait brut	Extrait l'acétate d'éthyle	Extrait n-Butanol
[Acide gallique] µg/ml	blanc	30	100	200	300	400	500	-	-	-
Acide gallique (ml)	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	-
Eau distillée (ml)	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Extraits (ml)	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1	0,1
Na ₂ CO ₃ (2%)ml)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Agitation et incubation pendant 5 min										
Folin-Ciocalteu (1N) (ml)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Incubation à l'abri de la lumière et à température ambiante pendant 30 min										
Mesure de l'absorbance à 700 nm										

Les résultats sont exprimés en microgramme Equivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait sec (µg Eq AG/ mg ES).

Résultats et interprétations

IV. 3. Composition chimique des feuilles de *Moringa oleifera*

La figure 30 représente les différentes teneurs de la composition chimiques des feuilles de *Moringa oleifera* .



Clé : **MS** : Matière sèche ; **MM** : Matière minérale ; **MAT** : Matière azotée totale ; **MG** : Matière grasse ; **C** : Carbone ; **FS** : Fraction soluble .

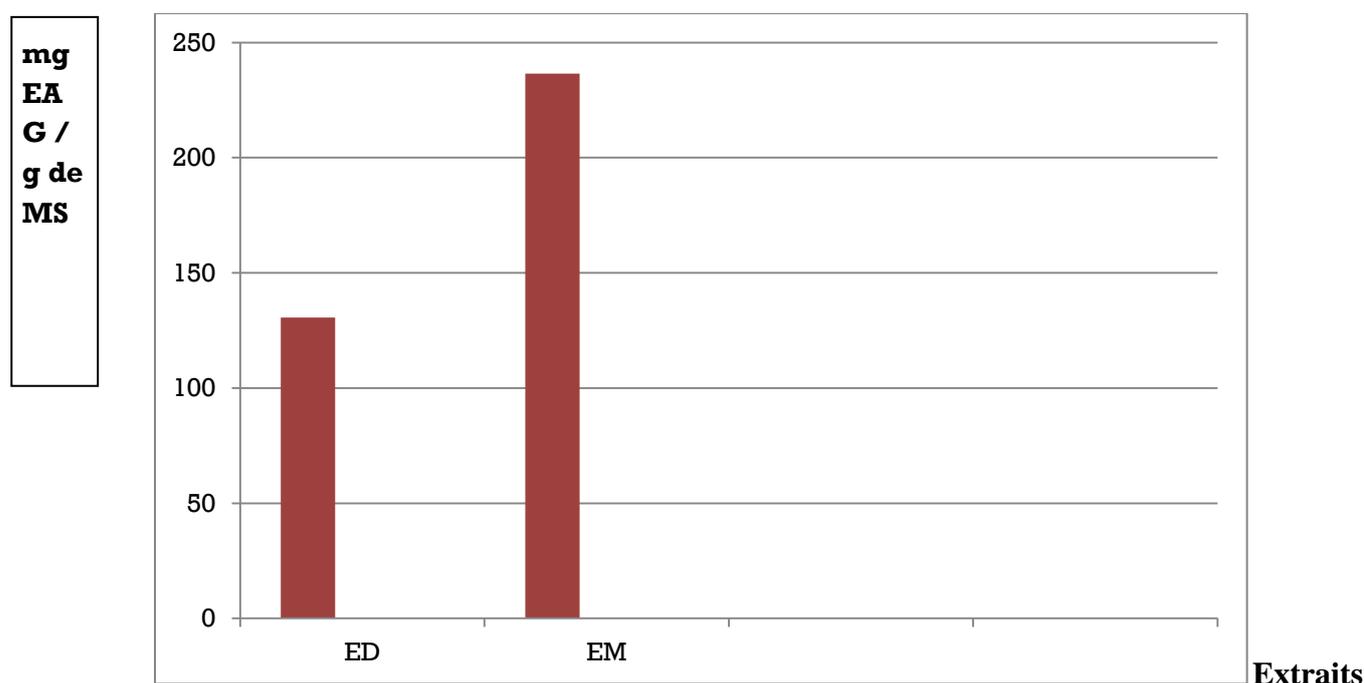
Figure 11 : Composition chimique des feuilles de *Moringa oleifera* (% MS)
Selon : BELHI et al. (2018)

- ❖ La teneur en **MS** était la plus élevée (de l'ordre de 98,5%) ; la teneur en **MM** (les cendres) était de l'ordre de 9,8 % .
- ❖ La teneur en **MAT** est de 1,42 % , donc les feuilles de *Moringa oleifera* riche en **MG** (7,12 %) .

IV.2. Teneurs en composés phénoliques :

IV.2.1 Polyphénols totaux :

Selon les résultats de la figure 27 , la teneur en polyphénols varie en fonction du type de solvant utilisé .



Clé : ED : extrait aqueux ; EM : extrait méthanolique

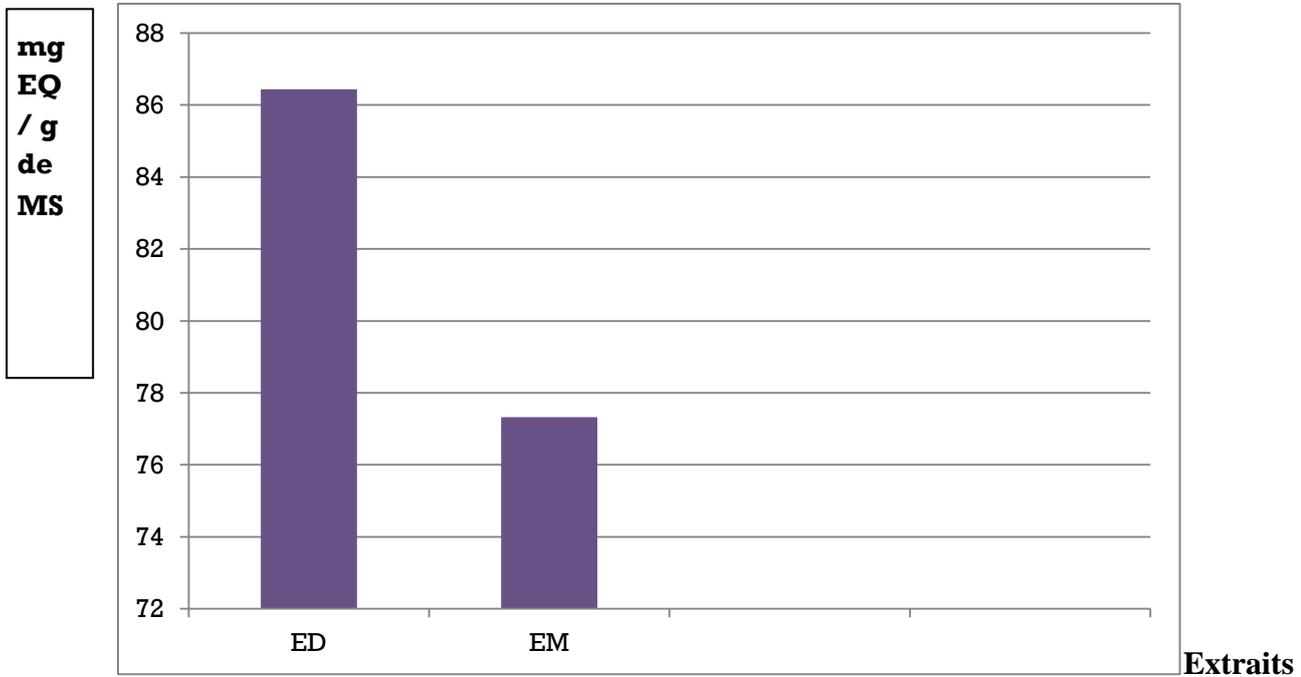
Figure 12 : Teneurs en polyphénols totaux des extraits méthanoliques et aqueux selon : BELHI et al. (2018)

La teneur en polyphénol totaux dans l'extrait aqueux plus faible que la teneur dans l'extrait méthanolique .

les polyphénols totaux étaient respectivement de 236,5 mg EAG / g de MS et de 130,65 mg EAG / g MS respectivement pour les extraits méthanoliques et aqueux .

IV.2.2 Les flavonoïdes :

La figure 28 montre que la teneur en flavonoïdes varie selon les solvants d'extraction utilisés.



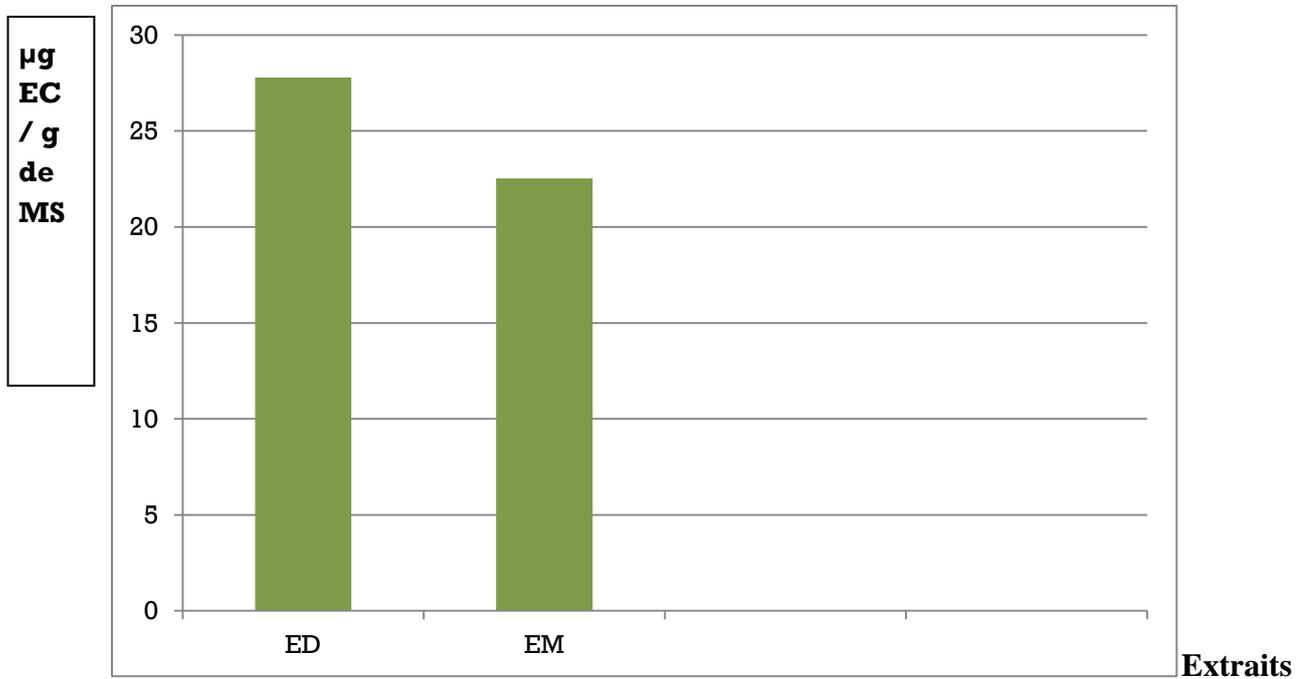
Clé : ED : extrait aqueux ; EM : extrait méthanolique

Figure 13 : teneur en flavonoïdes des extraits méthanoliques et aqueux selon : BELHI et al. (2018)

- Statistiquement, la plus grande valeur est enregistrée avec l'extrait aqueux.
- Les Flavonoïdes étaient de 77,33 mg EQ / g de MS pour l'extrait de méthanol et 86,44 mg EQ / g de MS pour l'extrait aqueux.

IV.2.3 Les tanins condensés :

A partir de la figure 29 , la teneur des tanins condensés variables selon la nature des extraits utilisés .



Clé : **ED** : extrait aqueux ; **EM** : extrait méthanolique

Figure 14 : teneur en tanins condensés des extraits méthanoliques et aqueux selon : **BELHI et al. (2018)**

- Selon la figure la teneur la plus élevée est enregistrée avec l'extrait aqueux .
- Les tanins condensés, étaient respectivement des extraits méthanoliques et aqueux de 22,52 µg EC / g de MS et 27,79 µg EC / g MS.

IV. Résultats

IV.1. Les composés phytochimiques présents dans les feuilles de *Moringa oleifera*

Tableau V : Les composés phytochimiques présents dans les feuilles de *Moringa oleifera* (KASOLO et al., 2010)

Le tableau V résume la composition phytochimique globale dans les feuilles de *Moringa oleifera*.

Composé Phytochimique	extrait éthéré	extrait d'éthanol	extrait d'eau
Tannins galliques	+	+	++
tennins catéchol	+	–	++
coumarines	–	–	–
stéroïdes et triterpénoïdes	+++	++	++
flavonoïdes	++	++	++
saponines	+	+	++
anthraquinones	+	++	+++
alcaloïdes	+	–	++
sucres réducteurs	–	++	++

Clé - : non-déecté ; + : présent en faible concentration ; ++ : présent en concentration modérée ; +++ : présent en fortes concentrations .

D'après le tableau :

- Les composés phytochimiques qui présentent en fortes concentrations (+++) sont les stéroïdes et triterpénoïdes (dans l'extrait éthéré) ; anthraquinones (dans l'extrait d'eau) .
- Qui présentent en concentration modérée (++) sont les flavonoïdes ; les tannins galliques , tannins catéchol , saponines , alcaloïdes (dans l'extrait d'eau) ; les stéroïdes et triterpénoïdes et les sucres réducteurs (dans l'extrait éthéré et l'extrait d'eau) ; les anthraquinones (dans l'extrait éthanol) .
 - De faible concentration (+) qui sont les tannins galliques et les saponines (dans l'extrait d'éthéré et l'extrait d'éthanol) ; les tannins catéchol , les alcaloïdes et les anthraquinones (dans l'extrait éthéré)
 - Les composés non-détectés sont les coumarines ; tannins catéchol et alcaloïdes (dans l'extrait d'éthanol) ; les sucres réducteurs (extrait éthéré) .

Tableau VI : Récapitulatif des résultats de criblage chimique (MILLOGO-KONE et al., 2012)

Groupes chimiques	Chlorure de méthylène	Ethanol-eau (non hydrolysé)	Ethanol-eau (hydrolysé)
Stérols et triterpènes	++		++
Aglycones flavoniques	+		
Alcaloïdes bases	-		
Coumarines	±	-	
Composés polyphénoliques (tanins)		++	
Flavonoïdes		++	
Saponosides		±	
Alcaloïdes sels		±	
Acides aminés		++	
Glucides		++	
Fibres		++	
Anthracénosides		+	
Dérivés coumariniques			+
Cardénolides			++
Anthocyanosides		+	-

Clé : - Signifie absent , + signifie présent , ++ signifie abondant et ± signifie traces

- Les résultats du criblage chimique ont montré que les feuilles de *Moringa oleifera* sont riches en stérols et triterpènes (terpénoïdes), caroténoïdes, acides aminés essentiels, flavonoïdes, tanins, sucres et fibres. Les dérivés coumariniques et les alcaloïdes sont à l'état de traces (**tableau VI**) .

Discussion générale

Le *Moringa oleifera* est une plante miracle car elle contient des sources importantes de divers nutriments avec plusieurs effets . On a réalisé cette étude pour évaluer et analyser les composés chimiques dans les feuilles de *Moringa oleifera* et pour déterminer leurs teneurs .

L'extraction des feuilles de *Moringa oleifera* été effectuée avec de l'éthanol choisi pour sa capacité à extraire les composés chimiques ayant des propriétés antioxydantes tels que les flavonoïdes, les tanins, les saponines, les triterpénoïdes et les alcaloïdes. Selon **Siddhuraju et Becker (2003)**, le méthanol et l'éthanol sont les meilleurs solvants verser extraire les composés antioxydants des feuilles de *Moringa oleifera* . (**NDONG et al., 2007**)

Nos résultats indiquent que la teneur en matière grasse (7,12 % MS) et la teneur en cendres (9,8 % MS) sont comparables avec les données rapportées par **NDONG et al. (2007)** pour la matière grasse (7,85 % MS \pm 0,28) et les cendres (11,39 %MS \pm 0,66) .

La présence de ces principes chimiques dans les feuilles de *Moringa oleifera*, pourrait justifier leur utilisation surtout dans la prévention des maladies cardiovasculaires et d'autres pathologies (hépatites, ulcères ...) et la prise en charge de nombreuses infections. (**MILLOGO-KONE et al., 2012**)

La différence de la teneur des composés chimiques à cause de plusieurs facteurs qui influencent sur la qualité nutritionnelle et le rendement de la plante ; les facteurs environnementaux (le climat , la nature géographique ...) ; la récolte ; le génotype ; la partie botanique choisie (fruit , fleur , feuille , graine , gousse , ...) ; les conditions de stockage , transport et d'emballage ; les procédures et les méthodes analytiques .

Le taux des polyphénols totaux (236,5 mg EAG/g MS ; 130,65 mg EAG /g MS) est lié relativement avec les résultats présentées dans la figure 27 .

La teneur en flavonoïdes (77,33 mg EQ / g de MS ; 86,44 mg EQ / g MS) s'avère faible par rapport aux résultats (295,01 QE /g) de **MOYO et al., (2012)** .

La quantité des tanins (condensés) présente dans les feuilles de *Moringa oleifera* (de 22,52 µg EC / g MS ; 27, 79 µg EC / g MS) est compatible avec les résultats des tableaux.

La biodisponibilité des composés phénoliques (polyphénols totaux , flavonoïdes , les tanins , anthraquinones , les saponines et les terpénoïdes) s'est avéré que le *Moringa oleifera* est une plante d'intérêt mlti-usages .

Des études montrent que l'utilisation de *Moringa oleifera* est plus large . A l'instar du domaine médicinal (91,15%) , et dans la purification de l'eau ainsi que dans le domaine de l'élevage (2,64%). **Selon : ATAKPAMA et al., (2014) .**

Malgré la richesse des feuilles de *Moringa oleifera* séchées en composés phytochimiques et ses effets thérapeutiques, il y a un impact négatif s'il est utilisée de façon aléatoire et sans recommandations des spécialistes .

Conclusion et perspectives

Le *Moringa Oleifera* est un arbre « miracle », un « arbre de vie » capable d'apporter des effets bénéfiques sur plusieurs maladies par sa richesse de valeur nutritive. Les feuilles séchées des *Moringa oleifera* sont des légumes de bonne qualité nutritionnelle, et sont des meilleures plantes tropicales contre la malnutrition dans les pays sous-développés.

L'objectif de notre travail a permis d'identifier la composition chimique des feuilles de *Moringa Oleifera*. Lam « Screening phytochimique » et la teneur des composés phénoliques des extraits préparés.

Les feuilles de *Moringa Oleifera* contiennent 98.5% de matière sèche et 9.8 de matière minérale et 7.12% de matière grasse.

Les différents dosages réalisés sur les feuilles séchées de *Moringa Oleifera* ont relevés la présence de plusieurs composés phénoliques (polyphénols totaux ; les flavonoïdes ; les tanins condensés...) dans les différents extraits.

Les polyphénols des extraits méthanoliques sont plus concentrés que l'extrait aqueux (236.5mg EAG/g) MS, les tanins condensés aussi de forte concentration (27.79µg EC /g MS), au contraire la teneur des flavonoïdes dans l'extrait aqueux plus concentré dans les extraits méthanoliques.

La composition phytochimique des feuilles de *Moringa Oleifera* dans les différents extraits sont : les triterpénoïdes de grande concentration dans l'extrait étheré et dans l'extrait d'éthanol et d'eau présent en concentration modérée, aussi les anthraquinone présente d'une forte concentration dans l'eau et de faible concentration dans l'extrait étheré. Les saponines aussi les tanins galliques, les flavonoïdes et les alcaloïdes. Les coumarines et les sucres réducteurs sont absents dans l'extrait d'éthanol.

Les résultats obtenus montrent que la composition chimique des feuilles de *Moringa Oleifera* liée par le solvant d'extraction.

ce travail d'être poursuivi et approfondie par :

- ❖ Faire des études in vivo sur les animaux pour évaluer l'intérêt thérapeutique et pharmaceutique de cette plante.
- ❖ Déterminer la composition phytochimique et les composés phénoliques dans les autres parties de plante *Moringa* (tige, racine fruit ...) et aussi les autres espèces.
- ❖ Introduire la plante *Moringa* dans le domaine agroalimentaire et dans l'alimentation animale surtout les animaux d'élevage.
- ❖ Intérêt pour cultiver et développer cette plante en Algérie parce qu'elle est riche en nutriment.

Enfin, les feuilles de *Moringa oleifera* c'est un trésor parfait, à cause de sa diversité et sa richesse en éléments nutritifs (les composés phénoliques, les protéines, les vitamines, sucres totaux et les cendres). En tant que tel utilisé largement dans plusieurs secteurs : pharmaceutique ; agroalimentaire ; cosmétique ... , dans la décoration, la purification des eaux et comme ; fourragère, complément alimentaire sous forme poudre ou des comprimés alimentaires....

Références bibliographiques

A

ANGELA RALEZO M., 2006 – La Moringa , Moringa oleifera , Madagascar, pp. 4-5 .

AMANA K., 2007 - Les anacardiaceae du Togo : les études botaniques, écologiques et propriétés antifongiques. Thèse de doctorat de l'université de Reims Champagne-Ardenne. 182P.

ANDRIANANTENAINA B., 2013 - Etude sur les espèces Moringa endémiques et culture dans la région de Toliara et leur utilisation , Essais d'hybridation entre Moringa Oleifera, Moringa Drouhardii, Université de TOLIARA, Mémoire de diplômé approfondie et biodiversité et environnement, Option biologie végétale, 8P.

AGROCONSULT HAITI S A ., 2016 - Analyse des potentialités de l'exploitation du Moringa en Haiti , Ministère de l'agriculture des ressources naturelles et du développement rural REZO MORINGA DOLIV AYITI.

AZIMAN N., ABDULLAH N., NOOR Z.M., ZULKIFLU K. S et KAMARDUN W. S. S. W., 2012 - Phytochemical constituents and *in vitro* bioactivity of ethanolic aromatic herb Extracts. *Sains Malaysiana*. 41(11): 1437–1444.

ASARE G. A., GYAN B., BUGYEI k., ADJEI S., MAHAMA R., ADDO P., OTU Nyarkl ., WIRE DU EK .et NYARKO A., 2012 - Toxicity potentials of the nutraceutical Moringa Oleifera at supra – supplementation levels. *Journal of ethnopharmacology*. (39): 265 . 272.

ATAKPAMA W., KPONOR E.-G.-E., KANDA M., DOURMA M., NARE M., BATAWILA K. et AKPAGANA K., 2014 - Moringa oleifera Lamarck (Moringaceae) : une ressource phytogénétique à usage multiple. *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 2(1) : 6-14.

AGBOGEDI O et METLONDU E.M., 2012 - *Moringa oleifera Lam*: Its potentials as a food security and rural medicinal item. *J.Bio.Innovl.*(6) 156-167.

B

BESSE F., 1996 – L'arbre du mois Moringa Oleifera Lam : Le flomyant- Bulletin de liaison des membres du réseau Arbre tropicaux n°40 ; 5p.

BROIN M ., 2005. Composition nutritionnelle des feuilles de Moringa Oleifera CTA . 5P.

BRUNETON J., 2009 - Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4^ed). Ed. TEC & DOC, 11, rue Lavoisier 75008 Paris, 1292P.

BOARD N., 2012 - Handbook on Agro Based Industries (2nd Revised Edition). Ed. Nir Project Consultancy Services, 188P.

BOUSSOUFA N., 2018 - Effet des extraits de Moringa Oleifera sur les isolats staphylocoques à coagulas négative. Master en microbiologie appliquée, Université de Mostaganem, 62p.

BERNAYS A.- E. et CHAPMAN R.- F., 1994 – Host-Plant Selection by Phytophagous Insects. Ed. Chapman and Hall, New York, 312P.

BAURGAUD F., HEHN A., LARBAT R., DOERPER S., GANTIER E., KILLER S. et MARTERN U., 2006 - Biosynthesis of coumarins in plant: a major pathway still to be unravelled for cytochrome. P450 enzymes. Phytochemical. Rev., 5 , 293 – 308.

BEKKARA F., JAY M., VIRICEL MR., ROME S., 1998 - Distribution of phenolic compounds within seed in and seedling of two vicia faba cvs differing in their seed tannin content and study of their seed and root phenolic exudation . Plant and soil , 203(1) , 27-36.

BENALI A., MADJENE F., CHERGUI A., 2016 - Récupération des métaux lourds par *Moringa oleifera* et Photo catalyse Cuivre et Nickel, Editions universitaires européennes. P 68 .

BOHM B.-A. et STUESSY t.-F., 2011 - Flavonoids of the Sunflower Family (Asteraceae). Ed. Springer-Verlag/Wien, Austria, 831P.

BELHI M., SELMI H., TIBAOUI G., ALOUI F., JEDIDI S. et ROUISSI H., 2018 - Chemical properties and anti nutritional factors of *Moringa oleifera*. Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology, CIRS(11) : 3338-3342.

BYI Z., YU Y., LIANG Yz.et ZENG B., 2007 - Invitro antioxidant and antimicrobial activities of the extract of pericarpium citri Reticulatae of new citrus cultivar and its main flavonoids LwT- Food science and Technology, (4) pp : 1000 – 1016.

C

COLLET E., 2002 - Progrès en dermato-allergologie : Dijon 2002. Ed. John Libbey Eurotext, 271P.

CAZAUBON M., 2005 - Programme Jambes Légères. Ed. Alpen, Pastor Center 7, rue du Gabian 98000 Monaco, 95P.

COMBRIS P., AMIOT-CARLIN M.-J., CAILLAVET F., CAUSSE M., DALLONGEVILLE J., PADILLA M., RENARD C. et SOLER L.-G., 2008 - Les fruits et légumes dans l'alimentation : Enjeux et déterminants de la consommation. Ed. Quae, France, 128P.

COLLIN S. et CROUZET J., 2011 - Polyphénols et procédés : Transformation des polyphénols au travers des procédés appliqués à l'agro-alimentaire. Ed. TEC & DOC, 337P.

D

DE SAINT SAUVEUR A et BROIN M., 2010 - Produire et transformer les feuilles de Moringa, Imprimerie Horizon à Gémenos, p 69.

DAJOZ R., 2010 - Dictionnaire d'entomologie. Ed. TEC & DOC, Paris, 348P.

DUPIN H., CUQ J.-L., MALEWIAK M.-I., LEYNAUD-ROUAUD C. et BERTHIER A.-M., 1992 - Alimentation et Nutrition Humaines. Ed. EFESF, Paris, 1533P.

F

FOIDL N., MAKKARH.P.S., 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 Salam, Tanzanie.

FARROUQ F., RAI M., TIWARI A., KHAN A. A.et Farooq, S., 2012 - Medicinal properties of *Moringa oleifera*: an overview of promising healer. J. Med. Plants Res.6,4368–4374.doi:10.5897/JMPR12.279.

FARDET A., SOUCHON I. et DUPONT D., 2013 - Structure des aliments et effets nutritionnels. Ed. Quae, Versailles, 470P.

FAROOQ A., SADJID L., MUHAMMAD A.et ANWARUL H., 2007 - *Moringa oleifera*: A foodplant with multiple Medicinal uses. *Phototherapy Research*.21: 17-25.

G

GAUSSE C., 2004 - Les secrets de santé des antioxydants: plus jeune, plus longtemps avec les antioxydants. Ed. Alpen, 95P.

GILLES M. et DOMINIQUE L., 2015 - Mémento du forestier tropical. Ed. Quae, France, 1198P.

GASPAR DIAZ M., LAZBEL L.M., SUELEN K.S., DANIELE C de Rezende. et DIAZ MARISA A. N., 2018 -Anthraquinones: An Overview. Chapter in studies in natural products Chemistry, (11) : pp 313 - 338.

H

HOPKINS W.-G., 2003 - Physiologie végétale. Ed. De Boeck & Larcier s.a., rue des Minimes 39, B- 1000 Bruxelles, 532P.

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.

HADJ MOUSSA A., 2012 – Contribution à l'étude in vitro de l'effet des extraits de feuille de raetam sur l'activité de α amylase. Etude supérieure en Biologie option biochimie. Laboratoire de recherche Tlemcen, Université de Tlemcen, 55p.

HAMON S., 2019 - L'odyssée des plantes sauvages et cultivées : Révolutions d'hier et défis de demain. Ed. Quae, Marseille, Versailles, 368P.

HEDJI C.C., KPOGUI GANGBAZO D.N.S., HOUINATO M.R. et FIOGBI E.D., 2014 - Valorisation de Azolla spp, Moringa oleifera, Son de riz, et de coproduits de volaille et de poisson en alimentation animale : synthèse bibliographique. Journal of applied biosciences. 81.

HABIBOU HAMA H., SOLEY KALLO M., LAWALY MAMAN M., IDRISSE M., RABANI A. et IKHIRI K., 2018 - Criblage Phytochimique et dosage des polyphénols du detarium microcarpum Guill et Perr. Utilisé dans le traitement des maladies parasitaires au Niger Afrique Science 14 (5) : 390 - 399.

I

IFIOKOBONG E., 2017 - Effect of *Moringa oleifera* on total and differential white blood cell count. Ed. Create Space Independent Publishing Platform, 104P.

J

JOST J.-P. et JOST-TSE Y.-C., 2016 - Stratégie de défense des plantes contre les maladies et les parasites (et quelques applications pratiques). Ed. Connaissances et Savoirs, 175,Boulevard Anatole France- 93200 Saint-Denis, 212P.

JARRIGE R., RUCKEBUSCH Y., DEMARQUILLY C., FARCE M.-H. et JOURNET M., 1995 - Nutrition des ruminants domestiques : ingestion et digestion. Ed. INRA, PARIS, 921P.

K

KASOLO J.-N., BIMENYA G.-S., OJOK L., OCHIENG J. et OGWAL-OKENG J.-W., 2010 - Phytochemicals and uses of *Moringa oleifera* leaves in Ugandan rural communities. Journal of Medicinal Plants Research, 4(9) : 753-757.

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.

L

LINDSAY H., 1973 - A colorimetric estimation of reducing sugars in potatoes with 3.5 dinitros a licyclic acid. Method in potatoes Research, (16) : 176 – 179.

LERAY C., 2010 - Les lipides dans le monde vivant. Ed. TEC & DOC, 11, rue Lavoisier 75008 Paris, 308P.

LARBIER M. et LECLERCQ B., 1992 - Nutrition et alimentation des volailles. Ed. INRA, Paris, 355P.

M

MANN I., 1962 - Methodes artisanales de tannage. Ed. FAO, Italie, 256P.

MATHUR B.-S., 2005 - *Moringa* book Frscreen. Ed.Trees for life, 32P.

MOUHOUBI N. et BACHIOUA K., 2016 – teneur en composés phénoliques et activité antioxydants d'extrait au méthanol des feuilles de *Moringa Oleifera* . Master en génétique appliquée , Université de Bejaïa , p30.

MUHL Q.-E., DUTOIT E.-S. et ROBERSTE P.J., 2011 - Adoptability of *Moringa Oleifera* Lam.(Harseradish) Tree seed lings to three temperature regimes. African Journal of plant Science, (2) :776-780.

MACHETX J.-J., FLEURIET A. et JAY-ALLEMAND C., 2005 - Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 192P.

MUSA D. B., GARBA Y., JIBRIL M Y., LUKMAN H., (2015) - Costs and returns of *Moringa* (*Moringa Oleifera*) production in Zuru local gouvernement area of kebbi state , Nigeria New York science Journal 8(1).

MILLOGO-KONE H., KINI B.-F., YOUNGBARE Z., YARO M.-B. et SAWADOGO M., 2012 - Etudes de la phytochimie et de l'activité antimicrobienne in vitro des feuilles de *Moringa oleifera* (*Moringaceae*). Pharmacopée et médecine traditionnelle africaine, 16 : 1-16.

MOYO B., MASIKA P. J., HUGO A. et MUCHENGE V., 2010 - Nutritional characterization of *Moringa Oleifera* leaves .Afr. J .Biotechnol.(10) : 12925 – 12933.

MASHIAR RAHMAN M., MOMINUL ISLAM S., SHAMIMA AHTAR SARMIN M., SORIFUL ISLAM M., ATIKUR RAHMAN M., MIZANUR R., et ALAM M F., 2009 - Antibacterial Activity of leaf juice and Extracts of *Moringa Oleifera* Lam. Against some human pathogenic bacteria CMU Journal, 8(2) : 219.

MOYO B., OYEDEMI S., MASIKA P.-J. et MUCHENJE V., 2012 - Polyphenolic content and antioxidant properties of *Moringa oleifera* leaf extracts and enzymatic activity of liver from goats supplemented with *Moringa oleifera* leaves/sunflower seed cake. Meat Science, 91(2012) : 441-447.

N

NGO-SAMNICK E.-L., LECURET C., GUIEN L., MESSAN A.-K., EONE M., CAOUS M. et ELLEBOUDT R., 2017 - Les vergers écologiques : Un modèle d'agriculture climato-intelligente responsable et exemplaire. Ed. Agripo, 229P.

NDOND M., WADE S., DOSSOU N., GUIRO A.-T. et GNING R.-D., 2007 - Valeur nutritionnelle du *Moringa oleifera* , etude de la biodisponibilite de fer, effet de l'enrichissement de divers plats traditionnels Senegalais avec la poudre des feuilles. African journal of Food Agriculture Nutrition and Development, 7(3) : 9-15.

NDONG M. et WADE S., 2007 - Valeur nutritionnelle du *Moringa oleifera* ,African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development, vol. (7)3 : 14p

O

OLOYEDE O. I., 2005 - Chemical profile of unripe pulp of *Carica papaya*. Pakistan Journal of nutrition, (4): 379 – 381.

P

PICTET A., 1897 - La constitution chimique des alcaloïdes végétaux. Ed. Paris Masson et Cie, Lyon, 421P.

PRICE ML., 2007 - Le Moringa. Note technique – Echo (revue en 2000, 2002 et en 2007). 22P.

PERVEEN S., et AL-TAWEEL A., 2018 - Terpenes and Terpenoids. Ed. IntechOpen, London, 152P.

R

REBERAU GAYAN P., 1968 - Les composés phénoliques des végétaux . Edition Sunod Paris. 225p.

RAFFUF R., 2012 - A simple Field test for alcaloïd – containing plants. Econ. Bot.(16) : 171-172.

RIEDACKER A., DREYER E., PAFADNAM C., YOLY H. et BORY G., 1993 - Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Ed. John Libbey Eurotext, Paris, 454P.

REGNAULT-ROGER C., PHILOGENE B.-JR. et VINCENT C., 2008 - Biopesticides d'origine végétale (2e éd.). Ed. Lavoisier, 576P.

ROLOFF A., WEISGERBER H., LANG U., STIMM B., 2009 – Moringa Oleifera Lam 1785 : Enzyklopadie der Holzgewachse- 40. Erg. Lfg. 6/50. WILEY_ VCH Verlag GmbH and CO. KGaA, weinheim ISBN: 978- 3-527-32141-4.

S

SOFOWORA A., 2010 - Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique. Ed. Karthala, Académie Suisse des sciences naturelles, 378P.

SAHRE A .D. et ABOUATTIER J .L., 2016 –Quelques méthodes d'analyse biochimique de produits alimentaire. Ed .Connaissance et savoirs. 94 p.

SIMPSON D. et Amos S ., 2017 – Other plant Metabolites . Ed. Drug –Induced Live Disease (third Edition), p 176.

SAUVEUR A.-S. et BROIN M., 2010 - Produire et transformer les feuilles de moringa. Ed. Moringanews, Paris, 68P.

SCHMELZER G.-H. et GURIB-FAKIM A., 2008 - Prota :Ressources végétales de l’Afrique tropicale 11(1),Pantes médicinales. Ed. Fondation Prota, Wageningen,Pays-Bas, 869P.

SEGHIR A., MOUSSAOUI A., DRAOUI M. et SAAD A., 2019 - Antiradical Properties of *Moringa oleifera* (Saharan Plant from Southwestern Algeria). Phytothérapie , 17(6) : 297-359.

STELLMAN J.- M., OSINSKY D. et MARKKANEN P., 1998 – Encyclopaedia of occupational health and safety, Fourth Edition. Ed. International Labour Organization, Geneva, 906P.

SPILLER G.-A. et SPILLER M., 2007 - Tout savoir sur les fibres. Ed. Copyright, Canada, 307P.

SOULAMA S., SANON HO., MEDA RNT., BOUSSIM JL., 2014 - Teneur en tanins de 15 ligneux fourgers de Bourkina Faso , Afrique science, 10(4) : 180 – 190.

SADASIVAM S. et THAYUMANAYAN B., 2003 - Molecular Host Plant Resistance to Pests. Ed. Copyright by Marcel Dekker, Inc, New York-Basel, 496P.

T

TOUITOU Y., 2011 - Pharmacologie. Ed. Elsevier Masson, 62, rue Camille-Desmoulins, 416P.

V

VERMERRIS W. et NICHOLSON R., 2007 - Phenolic Compound Biochemistry. Ed. Springer Science+Business Media, 276P.

W

WUYTS N., 2006 - Interactions entre les nématodes parasites des plantes et le métabolisme secondaire des plantes, avec une emphase sur les phénylpropanoïdes dans les racines. Infomusa, 15(1-2) : 43-44.

Y

YADAV R. et AGARWALA M., 2011 - Phytochemical analysis of some medicinal plants ,Journal of phytology , 3(12) : 10 – 14.

Webographie :

Site n°1: [http:// WWW.TELABOTANICO.COM](http://WWW.TELABOTANICO.COM) Consulté le: 23 / 03 / 2020 à 17 :45 min

Site n°2: [http ://WWW.MORINGNEWS.COM](http://WWW.MORINGNEWS.COM) Consulté le : 13 / 04 /2020 à 23 : 51 min

Annexes

Tableau VII : La teneur en composés polyphénoliques des extraits des feuilles de *Moringa oleifera* (n = 3) . (p<0.05) (**MOYO et al., 2012**) .

Solvant Extraits	Phénoliques (TE/g)	Flavonoïdes (QE/g)	Flavonols (QE/g)	Proanthocyanidine (CE/g)
Acétone MOL	120.33±0.769 ^b	295.01±1.99 ^b	132.74±0.83 ^b	32.59±0.50 ^b
Aqueux MOL	40.27±0.99 ^a	45.1±0.47 ^a	18.10±0.18 ^a	16.91±0.87 ^a

^{a,b} les moyens en exposant avec des lettres différentes dans la même colonne diffèrent considérablement.

QE = équivalent quercétine.

TE = équivalent acide tannique.

CE = équivalent catéchine.

Tableau IIX : Teneurs des feuilles de *Moringa* en acides aminés .(**MATHUR , 2005**)

Valeur pour 100g de portion consommable.

	Feuilles fraîches	Feuilles les sèches
Arginine	406.6 mg	1,325 mg
Histidine	149.8 mg	613 mg
Isoleucine	299.6 mg	825 mg
Leucine	492.2 mg	1,950 mg
Lysine	342.4 mg	1,325 mg
Méthionine	117.7 mg	350 mg
Phénylalanine	310.3 mg	1,388 mg
Thréonine	117.7 mg	1,188 mg
Tryptophane	107 mg	425 mg
Valine	374.5 mg	1,063 mg

Tbleau IX : Quelques ingrédients utiles contenus dans le *Moringa* et leur localisation. (SAUVEUR et BROIN , 2010)

Ingrédient	Localisation
Lignine / cellulose	Branches et tronc
Alcool	Branches
Hormones	Feuilles
Bioflavanoides	Feuilles , fleurs et pousses
Acide arachidique	Graines et feuilles
Acide oléique	Graines et feuilles
Acide linoléique	Graines et feuilles
Acide linoléique	Graines
Ptérygospermine	Fleurs

Tableau X : Exigences environnementales du *Moringa* . (SAUVEUR et BROIN , 2010)

Paramètre	Valeur / fourchette
Climat	Tropical ou sub-tropical
Altitude	0-2000 mètres
Température	25-35°C
Pluviométrie	250 mm-2000 mm. Irrigation nécessaire pour la production de feuilles si pluviométrie < 800 mm
Type de sol	Limoneux , sableux ou sablo-limoneux
Ph du sol	Légèrement acide à légèrement alcalin (ph : 5 à 9)

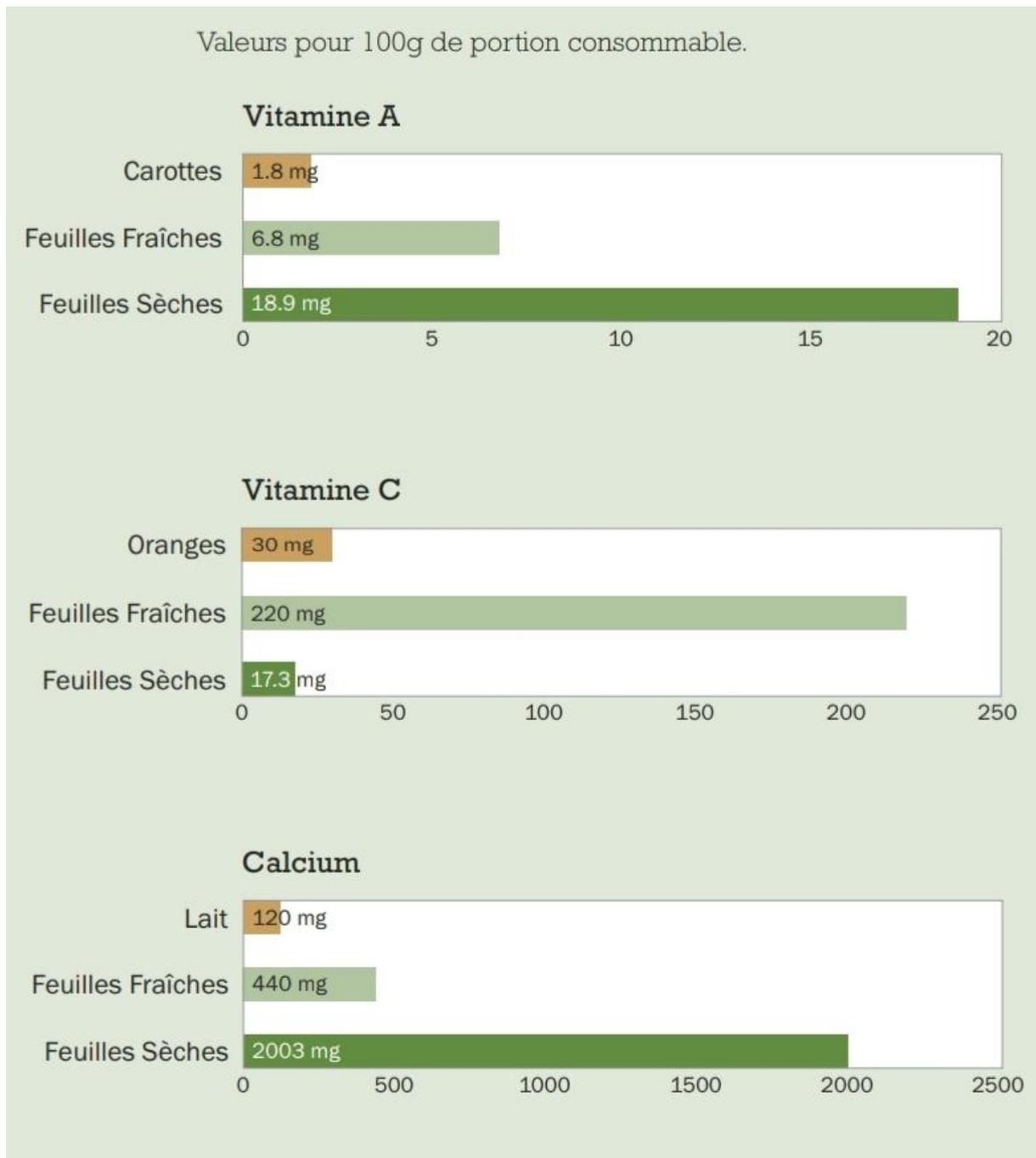


Figure 15: Comparaison des feuilles de *Moringa* avec des aliments courants. (MATHUR , 2005)

ملخص

المورينغا الوفيرا هي شجرة استوائية من عائلة المورينكيس من أصل هندي . يتم استخدامه منذ العصور القديمة في الأدوية التقليدية؛ الغرض من هذه الدراسة هو تحديد التركيب الكيميائي (الرماد % 9,8 من إجمالي المادة الجافة؛ الدهون % 7,12 من إجمالي المادة الجافة؛ مادة تروجيد يتغذي % 1,42 من إجمالي المادة الجافة) وتحديد محتوى المركبات الفينولية (مجموع البوليفينول (236,5 ملغ ما يعادل حمض الغاليك/غ من إجمالي المادة الجافة، 130,65 ملغ ما يعادل حمض الغاليك/غ من إجمالي المادة الجافة) ، الفلافونويدات (77,33 ملغ ما يعادل الكيرسيتين/غ من إجمالي المادة الجافة ، 86,44 ملغ ما يعادل الكيرسيتين/ غ من إجمالي المادة الجافة) ، التانينات (22,52 ملغ ما يعادل الكاتشين/غ من إجمالي المادة الجافة ، 27,79 ملغ ما يعادل الكاتشين من إجمالي المادة الجافة) ، الأنتراكينونات، الكومارين، الصابونين) من أوراق المورينغا الوفيرا بالمقارنة بين البحوث العلمية المختلفة، من نتائج هذه الدراسة أوراق المورينغا الوفيرا لديها قوة خارقة بفضل التوافر البيولوجي للمواد الكيميائية النباتية: مركبات الفينولية، السكريات والبوليفينول الكلي، مع مستويات مختلفة بشكل ملحوظ اعتمادا على مزيبيات الاستخراج وهو مصدر مهم للمركبات المضادة للأكسدة، والتي تلعب دورا في الحماية من التأكسد، وتعتبر غذاء ذو جودة عالية، وتسمى أيضا "لا تموت أبدا".

الكلمات المفتاحية: التركيب الكيميائي، المورينجا أوليفيرا، المركبات الفينولية، المركبات المضادة للأكسدة.

Résumé

Le Moringa oleifera est un arbre tropical de la famille des « *Moringaceae* », d'origine d'Inde ; elle est utilisée de puis l'antiquité dans les médecines traditionnelles . la réalisation de cette étude est pour but d' identifier la composition chimique globale (les cendres de 9,8%MS ; matière grasse de 7,12%MS ; matière azotée de 1,42%MS) et de déterminer la teneur en composés phénoliques (les polyphénols totaux (236,5mgEAG/gMS ; 130,65mg EAG/gMS) , les flavonoïdes (77,33mgEQ/gMS ; 86,44 mgEQ/gMS) , tannins (22,52 µgEC/gMS ; 27,79 µg EC/gMS), les anthraquinones ,les coumarines, les saponines, terpénoïdes) des feuilles de *Moringa oleifera* par la comparaison des différentes recherches scientifiques. A partir des résultats de cette étude les feuilles de *Moringa oleifera* ont un pouvoir miraculeux grace à la biodisponibilité des composés phytochimiques : les alcaloïdes , les composés phénoliques ,les composés réducteurs et les polyphénols totaux, avec des teneurs significativement différentes selon le solvant d'extraction . C'est une source importante des composés antioxydants , ce qui joue un rôle de la protection contre de stress oxydatif , elle est considérée comme superaliment , aussi appelée « Ne meurt jamais ».

Mots clés : Composition chimique , *Moringa oleifera* , composés phénoliques, composés antioxydants .

Abstract

Moringa oleifera is a tropical tree in the family "*Moringaceae*", originally from India;

it has been used since ancient times in traditional medicines. the purpose of this study is to identify the overall Chemical composition (ash with 9,8% of dry matter ; fat with 7,12% of dry matter; nitrogenous matter with 1,42% of dry matter) and to determine the content of phenolic compounds (total polyphenols (236,5 mgGAE/g of dry matter ; 130,65 mg GAE/g of dry matter) , flavonoids (77,33mgQE/g of dry matter ; 86,44 mgQE/g of dry matter) , tannins (22,52 µgCE/g of dry matter ; 27,79 µg CE/g of dry matter) , anthraquinones, coumarins, saponins , terpenoids) of *Moringa oleifera* leaves by comparing different scientific researches. From the results of this study, the leaves of *Moringa oleifera* have a miraculous power thanks to the bioavailability of phytochemicals: alkaloids, phenolic compounds, reducing compounds and total polyphenols, with significantly different contents depending on the extraction solvent. . It is an important source of antioxidant compounds, which plays a protective role against oxidative stress, it is considered a superfood, also called "Never dies".

Keywords: Chemical composition, *Moringa oleifera*, phenolic compounds, antioxidant compounds.