



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abbès Laghrou - Khenchela-
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master académique

FILIERE : Sciences Biologiques

OPTION : Biochimie Appliquée

Thème

Etude des activités biologiques des extraits de la plante
***Moringa oleifera* Lam. (antioxydante, hémolitique et anti-**
coagulante).

Présentées par : BOUZIDI Nouna & LAGHA Selma

Jury de soutenance :

Présidente: **Dr. KRIM Meriem**

Encadreur: **Dr. BOUHALIT Samira**

Examineur: **M^m ARAB Yasmine**

MCB. Univ. Abbès Laghrou - Khenchela

MCB. Univ. Abbès Laghrou - Khenchela

MAA. Univ. Abbès Laghrou - Khenchela

Promotion: Septembre 2020

Remerciements

Nous rendons grâce à Allah, le Clément, le tout Miséricordieux pour la chance qu'il nous a donné pour poursuivre nos études supérieures, et pour le courage qu'il nous a donné pour mener ce modeste travail.

Dieu Merci !

*Nous exprimons nos respectueux dévouements à Madame **Bouhalit Samira**; Maître de conférences à l'Université Abbes Laghrour Khenchela, Faculté des sciences de la nature et de la vie, pour l'honneur qu'elle nous a fait en dirigeant ce travail, pour ces encouragements, ces conseils et sa disponibilité. Merci d'avoir nous guidé avec patience et d'avoir consacré autant d'heures pour les corrections de ce manuscrit.*

Nos remerciements s'adressent aux membres de jury pour avoir accepté de juger ce travail

*- Dr **KRIM Meriem** pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider ce jury.*

*- Madame **ARAB Yasmine** pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant d'examiner ce travail.*

Dédicaces

Avant tout chose, je dédie le DIEU, le tout puissant pour m'avoir donné la force et la patience pendant mes études.

A tous les personnes qui m'encouragent toujours aux moments difficiles :

***Ma très chère mère** , qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste*

soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

***Mon cher père**, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles,*

l'éducation et le soutient permanent venu de toi.

***À mes chères sœurs et frères:** Kenza, Fouad, Aya, Aymen .*

***À Mon encadreur :** Madame Bouhalit Samira*

***À ma chère amie et mon binôme :** Nouna que j'ai partagée avec elle les joies et les difficultés durant les études et au suivi de notre travail.*

Felma

Dédicaces

A l'aide de dieu le tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie :

A mes très chers parents : Loucif et Alima pour leurs soutien et leurs sacrifices énormes. Je vous aime tellement papa et maman.

A mes chers frères et soeurs qui ont été toujours présents dans les moments difficiles.

À Mon encadreur : Madame Bouhalit Samira

A mon binôme Selma que j'ai partagée avec elle les joies et les difficultés durant les études et au suivi de notre travail.

A toute mes amies et tous ceux que j'aime.

Avant Propos

A cause de la pandémie mondiale Covid-19 survenue en début de l'année 2020 et les décisions administratives émanant de notre université prise en mois de mars 2020, nous étions dans l'impossibilité matérielle et sanitaire de réaliser la partie pratique attendue de ce travail. Aussi et afin d'enrichir ce document, nous avons sélectionné quelques résultats obtenus par certains chercheurs et ce dans une optique d'aboutir à une discussion intéressante et un contenu riche scientifiquement. Tous les résultats mentionnés dans ce mémoire concernent des travaux d'auteurs disponibles dans la littérature.

Résumé

Une grande partie de l'intérêt des recherches actuelles porte sur l'étude des molécules antioxydantes d'origine naturelle, provenant de la flore terrestre ou même aquatique. Nous sommes intéressés dans ce travail à l'étude des composés phénoliques et l'évaluation des propriétés antioxydantes, hémolytiques et anti-coagulantes des extraits de *Moringa oleifera*., qui est arbuste appartenant à la famille des Moringacées. C'est une plante médicinale largement utilisée en médecine traditionnelle à des fins thérapeutiques à cause de sa richesse en composés actifs

Dans la présente étude on a tenté d'évaluer les activités antioxydant, hémolytiques et anticoagulant des extraits du *Moringa oleifera* à partir des différents travaux réalisés sur la plante. Les tests phytochimiques réalisés sur les parties de la plante ont permis de mettre en évidence la présence des flavonoïdes, des tanins, des alcaloïdes, des phénols, et des terpénoïdes. Les résultats des travaux expérimentaux révèlent que les extraits de *Moringa* possèdent un effet antioxydant important, hémolytique et anticoagulant considérable

De ce fait, on peut dire que les feuilles de *Moringa Oleifera* sont caractérisées par des activités remarquables, vu de leur richesse en composés phénoliques, surtout les extraits obtenus suite à l'extraction par des solvants organique.

Mots clés : *Moringa Oleifera* , Antioxydant, Activité anticoagulante, hémolyse , Stress oxydant.

Abstract

Much of the interest in current research focuses on the study of naturally occurring antioxidant molecules from terrestrial or even aquatic flora. In this work we are interested in the study of phenolic compounds and the evaluation of antioxidant, hemolytic and anti-coagulant properties of extracts of *Moringa oleifera*, which is a shrub belonging to the Moringaceae family. It is a medicinal plant widely used in traditional medicine for therapeutic purposes because of its richness in active compounds.

In the present study we evaluated the antioxidant, haemolytic and anticoagulant activities of *Moringa oleifera* extracts from the different works carried out on the plant. The phytochemical tests carried out on the parts of the plant have highlighted the presence of flavonoids, tannins, alkaloids, phenols, and terpenoids. The results of the experimental work reveal that *Moringa* extracts have an important antioxidant, haemolytic and anticoagulant effect.

For this reason, it can be said that the leaves of *Moringa Oleifera* are characterised by remarkable activity, given their richness in phenolic compounds, especially the extracts obtained following extraction with organic solvents.

Keywords : *Moringa Oleifera* , Antioxidant, Anticoagulant activity, hemolysis , Oxidative stress.

المخلص

يركز الثنبر من الاهتمام في البحوث الحالية على دراسة جزئيات مضادات الألكسدة التي تستخلص من النباتات الأرضية أو حتى المائية. في هذا العمل نهتم بدراسة المركبات النينولية وتؤييم خصائص مضادات الألكسدة و النحالل الدموي ومضادات الثنبر من مستخلصات المورينغا أولينبرا ، *Moringa oleifera.* ، وهي شجيرة تنتمي إلى عائلة *Moringacées*. وهي من النباتات الطبية المستخدمة على نطاق واسع في الطب التقليدي ألغراض عالجية بسبب ثرائها بالمركبات النشطة.

في هذه الدراسة حاولنا تؤييم النشاط المضاد للألكسدة، التحلل الدموي والنشطة المضادة للثنبرلنبدة مورينغا أولينبرا بدراسة مؤارنة لألعمال المختلنة على النباتات. وقد أبرزت الاختبارات الكيميائية النباتية النبي أجريت على أجزاء من المورينغا وجود الفالونويدات والذلوويدات والنينوالا وتيرتربؤيودات. وتكشف نتائج العمل التجريبي أن مستخلصات المورينغا لها تأثير هام مضاد للألكسدة، وتحلل الدم، ومضاد للثنبر

لهذا السبب، يمكن القول أن مستخلصات المورينغا تتميز بنشاط ملحوظ، نظرا لثرائها بالمركبات النينولية، وخاصة التي تم الحصول عليها بعد استخراجها بالمذيبات العضوية

الكلمات الرئيسية: المورينغا أولينبرا ، *Moringa oleifera.* ، مضادات الألكسدة، النشاط المضاد للثنبر، التحلل الدموي ، الإجهاد التأكسدي.

Liste des abréviations

- **CO₂** : Dioxyde de carbone
- **ERO**: Espèces réactives d'oxygène.
- **FRAP** : Ferric Reducing Antioxidant Power
- **HAT** : Hydrogen Atom transfer
- **H₂O₂** : Peroxide d'hydrogène.
- **Hgb**: Hémoglobine.
- **HOCl** : Acide hypochloreux
- **GPx** : La glutathion peroxydase
- **GR** : Globule Rouge.
- **KHPM** : Kininogène de Haut Poids Moléculaire
- **K₃Fe(CN)₆**: Hexacyanoferrate (III) de potassium
- **NO•**: Monooxyde d'azote
- **O₃** : Ozone
- **OH** : Groupement hydroxyle
- **OH** : Radical hydroxyle
- **ONOO⁻** : Peroxynitrite ONOO
- **ORAC** :Oxygen Radical Absorbance Capacity
- **pH** : Potentiel Hydrique.
- **RO•** : Radical alkoxy
- **ROO•** : Radical peroxy
- **ROS** : Espèces réactives de l'oxygène
- **SET** : Single Electron transfer.
- **SOD** : Le superoxyde dismutase

Liste des figures

| | | |
|-------------------|--|----|
| Figure 01: | Zones au monde où pousse la plante <i>Moringa oleifera</i> | 02 |
| Figure 02: | <i>Moringa oleifera</i> Lam | 04 |
| Figure 03: | Les différentes parties de <i>Moringa oleifera</i> | 05 |
| Figure 04: | Structure d'acides hydroxybenzoïques et d'acides hydroxycinnamiques communs | 12 |
| Figure 05: | Structure de base des flavonoïdes | 15 |
| Figure 06: | Formation en cascade des différentes espèces oxygénées réactives à partir du radical super oxyde | 20 |
| Figure 07: | Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène impliqué en biologie | 21 |
| Figure 08: | Action des enzymes antioxydantes sur la cascade radicalaire | 23 |
| Figure 09: | Schéma simplifié de la coagulation <i>in vitro</i> | 26 |
| Figure 10: | Structure de la membrane du globule rouge | 28 |

Liste des tableaux

| | | |
|------------------|--|-----------|
| Tableau 1 | Composition moyenne des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> | 06 |
| Tableau 2 | Comparatif du contenu nutritionnel des feuilles de Moringa avec d'autres plantes | 07 |
| Tableau 3 | Composition en éléments nutritifs de la fleur de Moringa | 07 |
| Tableau 4 | Principales classes des flavonoïdes | 14 |

Table de Matière

| | |
|---|-----|
| Remerciement | |
| Dédicaces | |
| Résumé | I |
| Abstract | II |
| الملخص | III |
| Liste des abréviations | |
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Introduction | 01 |
| Chapitre I : Moringa Oleifera | |
| 1. Origine et répartition de la plante | 02 |
| 2. Dénomination et classification | 02 |
| 3. Description et morphologie de la plante | 03 |
| 3.1. Tronc | 04 |
| 3.2. Branches | 04 |
| 3.3. Feuille | 04 |
| 3.4. Fleurs | 05 |
| 3.5. Fruits | 05 |
| 3.6. Graines | 05 |
| 4. Composition chimique et valeur nutritive des feuilles de Moringa | 06 |
| 4.1. Composition des feuilles | 06 |
| 4.2. Composition de la fleur | 07 |
| 4.3. Composition des graines | 08 |
| 5. Intérêts d'utilisation des feuilles de Moringa oleifera | 08 |
| 5.1. Utilisation alimentaire | 08 |
| 5.2. Utilisation médicinale | 09 |
| 5.3. Utilisation industrielle | 10 |
| Chapitre II : Métabolites secondaires | |
| 1- Généralité | 11 |
| 2-Grandes classes des métabolites secondaires | 11 |
| 2.1. Les composés phénoliques | 11 |
| 2.1.1. Les acides phénoliques | 11 |
| 2.1.2. Les flavonoïdes | 13 |
| 2.1.3. Les tanins | 17 |
| 2.2 .Les alcaloïdes | 17 |
| Chapitre III : Les activités biologiques | |
| 1. Activité antioxydante | 19 |
| 1.1. Radicaux libres | 19 |
| 1.1.1. Définition | 19 |
| 1.1.2. Nature des radicaux libres | 19 |
| 1.2. Le stress oxydant | 21 |
| 1.2.1. Définition | 21 |
| 1.2.2. Origine du stress oxydant | 21 |

| | |
|--|----|
| 1.3. Définition des antioxydants | 22 |
| 1.4. Mécanisme de l'oxydation | 22 |
| 1.4.1. Système antioxydant | 22 |
| 1.4.1.1. Système antioxydant enzymatique | 22 |
| 1.4.1.2. Système antioxydant non enzymatique | 23 |
| 1.5. Les méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante | 23 |
| 2. L'activité anticoagulante | 24 |
| 2.1. Généralité sur la coagulation | 24 |
| 2.2.1. Représentation classique de la coagulation | 25 |
| a. La formation de thrombine | 26 |
| b. La formation de fibrine | 26 |
| c. Formation de la prothrombinase | 26 |
| 3. Activité anti-hémolytique | 27 |
| 3.1. Généralités | 27 |
| 3.2. Structure et fonction des globules rouges (GR) | 27 |
| 3.3. Structure de la membrane érythrocytaire | 27 |
| 3.4. Processus d'hémolyse | 28 |
| 3.4.1. Hémolyse physiologique | 28 |
| 3.4.2. Hémolyse pathologique | 29 |
| 3.5. Les types des Anti-hémolytiques | 29 |
| 3.6. Action des anti-hémolytiques synthétiques | 29 |
| 3.6.1. Mécanismes physiologiques de maintien de l'intégrité de la membrane | 29 |
| 3.6.2. Action anti-hémolytique des polyphénols | 30 |
| 3.7. Autres anti-hémolytiques | 30 |
| Chapitre IV : Les activités biologiques | |
| Conclusion générale | 32 |
| Références bibliographiques | 36 |

Introduction

L'utilisation thérapeutique des vertus des plantes pour le traitement des maladies de l'homme est très ancienne et évolue avec l'histoire de l'humanité. Ces plantes représentent un réservoir immense de composés médicinaux potentiels attribués aux métabolites secondaires qui présentent l'avantage d'une grande diversité de structure chimique et ils possèdent un très large éventail d'activités biologiques. Les nombreuses activités biologiques des plantes médicinales expliquent l'intérêt particulier qu'elles suscitent dans de nombreux domaines qu'ils soient sanitaires, agroalimentaires, cosmétiques ou pharmaceutiques (**Bundy et al .,2004**).

Parmi ces plantes *Moringa oleifera*, qui est une espèce largement cultivée de la famille des Moringaceae dans plusieurs pays asiatiques et africains (**Padma et Sreelatha 2009**). La plupart des parties de cet arbre (feuilles, fleurs, fruits et gousses immatures) sont utilisées dans diverses formulations alimentaires traditionnelles, médicaments et à usage industriel.

Grace à leurs composition riche en différentes molécules chimiques (terpènes, polyphénols, alcaloïdes, peptides...), qui leurs permettent d'avoir des propriétés physico-chimiques très variantes ; représentent une source importante de molécules bioactives qui renferment de nombreuses activités biologiques : antioxydante, anti-inflammatoire, anti-bactérienne, anti-tumorale....etc (**Coppin et al., 2013**).

Notre travail regroupe quatre chapitres; le premier concerne une description botanique de la plante *Moringa oleifera*, des données sur les métabolites secondaires et des activités étudiée. Le dernier chapitre s'intéresse aux activités antioxydantes, anticoagulantes et hémolytiques de la plante Moringa. Enfin, le manuscrit est achevé par une conclusion qui permettra de résumer les résultats trouvés intéressants.

Chapitre 1

I. Origine et répartition de la plante

Moringa oleifera est une plante originaire d'Inde, où elle est déjà largement connue par la population indienne. Elle pousse dans les zones tropicales et subtropicales, courant en Afrique, est passé, en une décennie, du statut de plante inconnue à celui de nouvelle ressource alimentaire et économique pour les pays du Sud (**Atakpama et al., 2014**). Très largement répandu à travers le monde, cette espèce suscite plus d'intérêts auprès des ONG, des scientifiques et même des entrepreneurs (**Olson, 2001 ; Sain Saveur et Broin, 2006**).

Cet Arbuste très résistant à la sécheresse, se retrouve au niveau des zones très arides comme le Sahara ; mais il préfère les climats semi-tropicaux humides. Son introduction en Afrique de l'Est a eu lieu au début du 20^{ème} siècle par le biais du commerce et des échanges maritimes durant cette période (**Foidl et al., 2001**)



Figure 1: Zones au monde où pousse la plante *Moringa oleifera* (**Vonimihaingo., 2014**).

Moringa Oleifera préfère une altitude de 100 à 700 m, mais peut pousser jusqu'à 1500 m, leur plage de température idéale est de 22 à 25 °C, mais il peut tolérer des températures jusqu'à 45 °C, il préfère les sols sablonneux ou limoneux bien drainés, neutres à légèrement acide, et elle s'adapte à des précipitations optimales de 700 à 900 mm, mais aussi tolérant à des précipitations de 100 à 1500 mm (**Palada et Chang, 2003 ; Melesse et al., 2012**).

. Dénomination et classification

Moringa appartient à une famille monogénérique dont on connaît 14 espèces. Neuf d'entre elles sont africaines, deux malgaches, deux indiennes et une en Arabie. Les espèces les plus

courantes sont: *Moringa oleifera*, *Moringa stenopetala*, *Moringa. conxanensis*, *Moringa Drouhardii*, *Moringa Longituba* et *Moringa Peregrina* (Malo, 2014).

L'arbre porte différents noms selon les régions, dans les pays francophones il est appelé «Mouroungue», «Moringa ailé», «ben ailé», «benzolive» et « poisquéniq ue », dans les pays anglophones on le nomme «Radish Tree », « Never die Tree », «Drumstich Tree », «Horseradish tree » (Foidl et al., 2001).

Anglais : Drumstick tree, (Horse) radish tree, Mother's best friend, West Indian ben

Espagnol : Ben, Árbol del ben, Morango, Moringa

Français : Bèn ailé, Benzolive, Moringa

La classification systématique de *Moringa Oleifera* est la suivante :

- Sous Embranchement : Angiosperme
- Sous règne : Tracheobionta
- Dévision : Magnoliphyte
- Classe : Magnoliopsida
- Sous Classe : Dilleniidae
- Ordre : Capparales
- Famille : Moringaceae
- Genre : Moringa
- Espèce : *Moringa Oleifera* Lam

3. Description et morphologie de la plante :

D'après Foidl et al en 2001 moringa est un arbre pérenne, à croissance rapide, qui peut atteindre 7 à 12 mètres de hauteur.



Figure 2 : *Moringa oleifera* Lam. (Kathryn *et al.*, 2012).

3.1. Tronc

Moringa oleifera est tantôt un arbuste, tantôt un arbre de petite taille ou de taille pouvant atteindre une dizaine de mètres de hauteur (FAO, 1982). 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).

Le tronc mesure 20 à 40 cm de diamètre. (Foidl *et al.*, 2001). Ecorce blanchâtre, grise ou chamois pâle, lisse ou rarement rugueuse, liégeuse; jeunes pousses violacées ou blanc-verdâtre, pubérulentes. (Andrianantenaina., 2013).

3.2. Branches

Selon Angela en 2006, les branches poussent de manière désorganisée et la canopée est en forme de parasol.

3.3. Feuille

Les feuilles sont alternes, bi ou tripennées, les folioles sont opposées et disposées par 2 à 5 paires; elles sont courtement pétiolées, elliptiques, ovales ou obovales, vert foncé sur la face supérieure, glauques presque blanches sur la face inférieure (FAO, 1982).

Les feuilles se développent principalement dans la partie terminale des branches. Elles mesurent 20 à 70 cm de long, sont recouvertes d'un duvet gris lorsqu'elles sont jeunes, 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 .

3.4. 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 supère, pédonculé, cylindrique, de 3–5 mm de long, rose à la base, densément poilu, 1-loculaire, style mince, glabre, sans lobes stigmatiques (Andrianantenaina, 2013).

3.5. Fruits

Les fruits de *Moringa oleifera* sont de longues capsules septicides étroites s'ouvrant par 3 valves. Ils peuvent mesurer jusqu'au 45 cm de longueur. Ils contiennent une série de graines ailées caractéristiques remarquables grâce à leurs trois expansions aliformes (FAO, 1982).

3.6. Graines

Les graines sont rondes, avec une coque marron semi-perméable. La coque présente trois ailes blanches qui s'étendent de la base au sommet à 120 degrés d'intervalle. 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).

Selon FAO en 1982; Les graines contiennent de gros cotylédons charnus huileux ; elles dosent jusqu'à 42% d'une huile comestible ne rancissant pratiquement pas.



Figure 3 : les différentes parties de *Moringa oleifera* (tronc et fleur, feuille et gousse, graines) (Hafiz, 2016)

4. Composition chimique et valeur nutritive des feuilles de Moringa

M. Oleifera se caractérise par une forte teneur en nutriments, elles ont une très grandes teneur en vitamine (A, B, C, D, E), en minereaux (fer, calcium, zinc, magnésium) et sont riche en β -carotène (Madi et al., 2012 ; Hédji et al., 2014).

4.1. Composition des feuilles

Les feuilles de *M. oleifera* sont légume de bonne qualité nutritionnelle et sont l'un des meilleurs légumes tropicaux, elles sont une excellente source de protéines dont les teneurs moyennes varient entre 19-35% de MS (Foidl et al., 2001) avec un bon profil en acide aminés, elles possèdent les 10 acides aminées essentiels à l'homme (Hédji et al., 2014) ; alcaloïdes, flavonoïdes et de composés phénolique (Makkar et Becker,1996).

Selon Harimalala et al. (2016), les jeunes feuilles de Moringa contiennent des composés phénoliques dont 85% identifiés ont une activité antioxydante ainsi que des flavonoïdes d'après tableau 01.

Tableau 1 - Composition moyenne des feuilles de *Moringa oleifera*. (Broin, 2005)

| Donnés pour 100 grammes de matiÅre sÅche | | | |
|--|-----|---------------------|------|
| Composition globale | | Acides aminées (mg) | |
| Calories (kcal) | 300 | Arginine | 1600 |
| Protéines (g) | 25 | Histidine | 530 |
| Minéraux (g) | 12 | Isoleucine | 1140 |
| Glucides (g) | 40 | Leucine | |
| Fibres (g) | 15 | 2050 | |
| Lipides (g) | 8 | Lysine | |
| Teneur en eau | 75% | 1200 | |
| | | Méthionine | 370 |
| | | Phénylalanine | |
| | | 1400 | |
| | | Thréonine | 1080 |

| | | | |
|------------------|-------|--------------------------|------|
| Minéraux | | Tryptophane | 580 |
| Calcium (mg) | 2100 | Valine | 1400 |
| Cuivre (mg) | 1 | Acide aspartique 1670 | |
| Fer (mg) | 27 | Acide glutamique | 2470 |
| Potassium (mg) | 1300 | Sarine | 840 |
| Magnésium (mg) | 405 | Glycine | 960 |
| Phosphore (mg) | 310 | Alanine | 1260 |
| Manganèse (mg) | 8 | Proline | 1230 |
| Soufre (mg) | 740 | Tyrosine | 910 |
| Sélénium (mg) | 2,6 | Cystéine | 360 |
| Zinc (mg) | 2,6 | | |
| Molybdène (mg) | 0,5 | | |
| Sodium (mg) | 100 | | |
| | | Acides gras | |
| | | C 16 : 0 | 530 |
| | | C 18 : 0 | 70 |
| | | C 18 : 1 | 60 |
| | | C 18 : 2 | 170 |
| | | C 18 : 31 | 140 |
| Vitamines | | | |
| Vitamine A (UI) | 14300 | | |
| Vitamine C (mg) | 850 | | |

Selon **Ndong et Wade (2007)**, les teneurs en macronutriments diffèrent suivant l'état de la feuille (fraîche et sèche sous forme de poudre), ainsi la poudre des feuilles est 2 fois plus riche en protéines et 5 fois plus riche en lipides, 2 fois plus riche en cellulose et présente 5 fois plus de glucides que les feuilles fraîches. La comparaison entre le contenu nutritionnel du *Moringa* et celui d'autres aliments montre comment le *Moringa* est de haute valeur sur le plan nutritionnel. Ce sont généralement les différences énormes observées qui sont au centre de la promotion faite au Moringa à travers le monde (**Tab 02**).

Tableau 2 - Comparatif du contenu nutritionnel des feuilles de Moringa avec d'autres plantes
(Pour 100g parties comestibles)

| Éléments nutritifs (unité) | Moringa | Autres plantes |
|----------------------------|---------|-------------------------|
| Vitamine A(mg) | 1130 | Carotte : 315 |
| Vitamine C (mg) | 220 | Orange : 30 |
| Calcium (mg) | 440 | Le lait de vache : 120 |
| Potassium(mg) | 250 | Banane : 88 |
| Protéines(mg) | 6700 | Le Lait de vache : 3200 |

4.2. Composition de la fleur

La fleur de *Moringa* est très riche en protéines et en minéraux. Les éléments contenus dans la fleur sont beaucoup plus abondants dans le produit séché que le produit à l'état frais selon **tableau 03**.

Tableau 3 - Composition en éléments nutritifs de la fleur de Moringa (**Ndong et Wade, 2007**)

| Eléments | Composition dans 100 mg de fleur fraîche | Composition dans 100 mg de fleur séchées |
|----------------------------|--|--|
| Humidité(g) | 81,97 | -- |
| Protéines(g) | 8,64 | 47,97 |
| Matières grasses(g) | 1,14 | 6,34 |
| Cellulose(mg) | 0,68 | 3,79 |
| Cendres(g) | 0,29 | 1,61 |
| Glucides(g) | 7,28 | 40,29 |
| Energie (Kcal) | -- | 410,10 |
| 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) | 4,20 | 23,34 |
| Zinc(mg) | 0,15 | 0,86 |

4. 3. Composition des graines

Les graines de *Moringa oleifera* sont du type oléagineuse elles renferment 42% d'huile, caractérisée par sa faible teneur en acides gras saturés et sa forte teneur en acides gras monoinsaturés (Amaglo et al., 2010). Cette huile, également nommée (huile de Ben), contient 70% à 73% d'acide palmitique, 1.4% d'acide palmitoléique, 7.7% d'acide bénéfique, 6.2% d'acide palmitique et 5.7% d'acide stéarique (Martini, 2011), contiennent aussi de nombreux stérols ont été identifiés dans l'huile. Suivant les études, les taux de stérols retrouvés sont variables. Les stigmasterol, le campesterol et le bêta-sitostérol sont les trois composés prédominants (Anwar et al., 2007).

5. Intérêts d'utilisation des feuilles de *Moringa oleifera*

5.1. Utilisation alimentaire

Moringa oleifera est un extraordinaire aliment et elle est utilisée pour lutter contre la malnutrition (Saini et al., 2016), elle représente un excellent complément alimentaire pour la femme enceinte

et favorise l'allaitement (**Yang et al., 2006**). *Moringa* contient des quantités importantes de fer, de phosphore et d'autres éléments nutritifs. On peut difficilement trouver une nourriture plus complète. Presque toutes les parties de la plante rentrent dans la préparation d'aliments pour les humains comme légumes à l'exception de la racine. (**Makkar et Becker 1996**). De ce fait, les populations incluent les feuilles de *Moringa oleifera* dans la formulation de la poudre infantile à base de ces feuilles comme complément alimentaire des nourrissons (**Madi et al., 2012**).

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 selon **Foidl et al. (2001)**. Les jeunes feuilles qui sont comestibles, sont couramment consommées cuites, comme des épinards ou préparées en soupe ou en salade (**Nweze et Nwafor, 2014**).

Moringa représente un grand fourrage pour le bétail de très bonne qualité pour les animaux. Les effets positifs sur le taux de croissance chez les moutons 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 et de la productivité chez les poules pondeuses (**Owusu-Ansah et al., 2011; Paguia et al., 2014**).

5.2. Utilisation médicinale

Toutes les parties (feuilles, fleurs, fruits, écorces et racines) de *Moringa oleifera* ont de vertus médicinales confirmées par des travaux et des études expérimentales dans les différents pays africains, asiatiques et panaméricains (**Kooltheat et al., 2014**). Les diverses parties du *M. Oleifera* telles que les feuilles, les racines, la graine, l'écorce, le fruit, les fleurs et les gousses non mûres sont utilisées par les tradipraticiens dans le traitement de diverses maladies exemples : infections de la peau, hypertension, diabète, troubles liés au VIH/sida, tumeurs de l'estomac ...etc (**Ferreira et al., 2007; Kumbhare et al., 2012**).

Au Sénégal, **Mansaly (2001)** a confirmé une amélioration nette de la santé des enfants atteints d'infections respiratoires aiguës (IRA), de rougeole, de paludisme ou de diarrhée et mis sous régime de *Moringa oleifera*. Elles agissent comme des stimulants cardiaques et circulatoires et possèdent des activités antitumorales, antipyrétiques, antiépileptiques, anti-inflammatoires, antiulcéreux, antispasmodiques, antioxydantes, antidiabétiques, antibactériennes, antifongiques,

antidiarrhéiques, diurétiques, antihypertensives, Antimicrobienne et antiépileptique (**Jena et al., 2012 ; Prasad et al., 2014**). Elles sont également hypocholestérolémiques, hépatoprotecteurs (**Debnath et al., 2011**).

Il a été rapporté que les racines de *M. oleifera* possèdent une activité antispasmodique possiblement par blocage des canaux calciques. La fraction méthanoïque de l'extrait de feuilles de *M. oleifera* a montré des effets anti-ulcérogènes et hépatoprotecteurs chez les rats. Les graines de Moringa ont des fractions protéiques spécifiques pour les soins de la peau (**Anwar et al. 2007**).

5.3. Intérêt industrielle

M. oleifera est largement utilisé en industrie pour ses nombreuses potentialités. Les branches ainsi que le tronc sont utilisés pour la fabrication de cordes, de teintures et de tannins, Les feuilles sont utilisées dans la production de biogaz, Les graines de cette espèce contiennent 30 à 42 % d'huile de bonne qualité (73 % d'acide oléique) qui est utilisée comme lubrifiant dans la machinerie fine ,utilisées comme polypeptide naturel non toxique pour filtration de l'huile végétale ou de sédimentation des fibres dans la production de bière et de jus de fruits. Son bois constitue une excellente pâte à papier aussi bonne que celle du peuplier. Son écorce est parfois utilisée pour fabriquer des nattes et de la corde. L'extrait foliaire contient des facteurs de croissance (hormone de type cytokinine) qui, aspergé sur d'autres plantes, permet d'accroître leur rendement de 25-30 %. (**Rashid et al., 2008 ; William et al., 2012**).

Dans le domaine de la cosmétologie, des parties de Moringa, particulièrement les graines, sont utilisées dans la fabrication de produits comme le savon pour améliorer la texture de la peau, la pommade et l'huile pour donner une nouvelle allure aux cheveux L'huile de Moringa est utilisée pour contribue à bâtir le collagène de la peau et stimule le renouvellement cellulaire pour une action réparatrice des peaux sèches et irritées et a un effet anti-âge reconnu en réduisant les rides et les ridules grâce à sa teneur en vitamines C et E (**Panda et al., 2008**).

Chapitre II

1- Généralité

Les métabolites secondaires sont des molécules ayant une répartition limitée dans l'organisme de la plante. Ils sont nécessaires à sa défense contre les agressions extérieures. Les produits du métabolisme secondaire qui sont émis en très faible quantité, sont d'une grande variété structurale. Ces composés marquent de manière originale, un genre, une famille ou une espèce de plante et permettent parfois d'établir une taxonomie chimique (**Muanda, 2010**). Elles sont responsables à différentes fonctions (la défense, la communication intercellulaire, la régulation des cycles catalytiques, l'adaptation des végétaux à leur environnement) (**Lognay et al., 2002**).

2. Grandes classes des métabolites secondaires :

Les plantes sont capables de produire de nombreux métabolites secondaires parmi lesquels on distingue les terpénoïdes, les alcaloïdes et les composés phénoliques (**Nkhili, 2009**).

2.1. Les composés phénoliques

Le règne végétal y compris les fruits et les légumes constituent une source importante de polyphénols. Ces derniers sont présents dans toutes les parties de la plante mais avec une répartition quantitative qui varie entre les différents organes et tissus. Plus de 8000 molécules produites dans les plantes sont identifiées et qui constituent trois grandes classes : les composés phénoliques, les terpénoïdes, et les alcaloïdes (**Wink, 2003 ; Aharoni et Galili, 2011**).

Ces molécules sont pourvues de différents rôles dans la plante, notant les agressions climatiques ; stress biotique (agents pathogènes, blessures, symbiose) ou abiotiques (lumière, rayonnements UV, faible température, carences). Ils contribuent aussi à la qualité organoleptique des aliments issus des végétaux (couleur, astringence, arôme, amertume) (**Visioli et al., 2000**). Ils représentent une large gamme potentielle d'agents thérapeutiques, largement exploitée par l'homme dans différents domaines comme la santé et l'alimentation (**Croteau et al., 2000, Cragg et Newman, 2010, Ncube et al., 2012**). Il existe donc différentes classes de polyphénols, on y trouve les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins.

2.1.1. Les acides phénoliques

Un acide-phénol (ou acide phénolique) est un composé organique caractérisés par 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 (**Bruneton, 1999**). Les acides phénoliques comprennent deux sous classes :

- **Acide hydroxybenzoïques**

Cette classe se caractérise par un squelette de C6-C1 en commun. Ils sont particulièrement représentés chez les Gymnospermes et les Angiospermes d'où ils sont souvent libérés après hydrolyse alcaline ou enzymatique. Les acides hydroxybenzoïques existent fréquemment sous formes d'esters ou de glycosides (**Macheix, 2005**).

Les principaux acides hydroxybenzoïques retrouvés dans les végétaux sont les acides phydroxybenzoïque, protocatéchique, vanillique, gallique et salicylique (**Chanforan, 2010**). La figure 07 illustre la structure de quelques exemples de ce groupe.

- **Acide hydroxycinnamiques**

Les acides hydroxycinnamiques représentent un groupe très important dont la structure possède un cycle aromatique associé à trois carbones C6- C3 (**Figure 7**) ; par exemple : l'acide caféique, l'acide férulique, p-coumarique, et l'acide sinapique (**Nagendran, 2006**).

Le degré d'hydroxylation du cycle benzénique et son éventuelle modification par des réactions secondaires sont un des éléments importants de la réactivité chimique de ces molécules. De plus, l'existence d'une double liaison dans la chaîne latérale conduit à deux séries isomères (Z et E) dont les propriétés biologiques peuvent être différentes (**Macheix, 2005**).

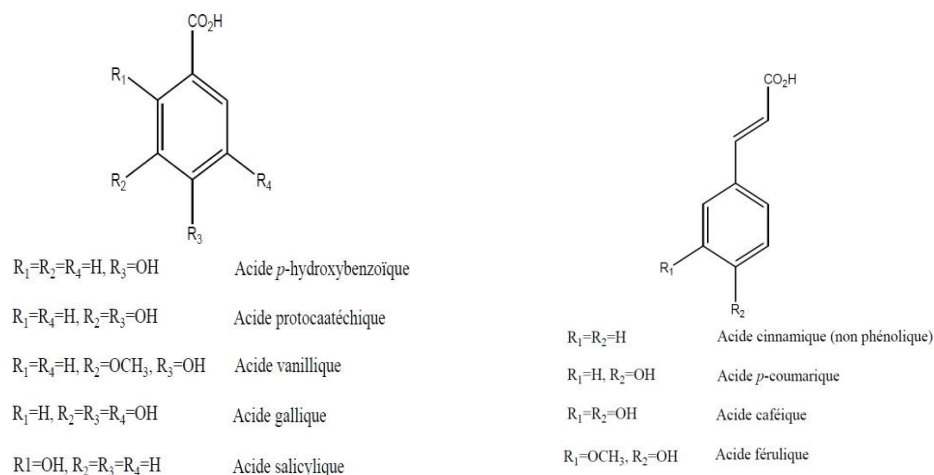


Figure 04: Structure d'acides hydroxybenzoïques et d'acides hydroxycinnamiques communs (**Chanforan, 2010**).

2.1.2. Les flavonoïdes

Ce terme désigne une très large gamme des composés naturels appartenant à la famille des polyphénols (Seyoum *et al.*, 2006). Les flavonoïdes représentent une classe de métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal. Ce sont des pigments quasiment universels des végétaux qui sont en partie responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles.

On attribue à ces flavonoïdes des propriétés variées : veinotonique, antitumorale, anti-radicalaire, anti-inflammatoire, analgésique, anti-allergique, antispasmodique, anti-bactérienne, hépatoprotectrice, oestrogénique et/ou anti-oestrogénique, anti-virale etc... Ils sont également connus pour moduler l'activité de plusieurs enzymes ou de récepteurs cellulaires (Ghestem *et al.*, 2001; Bruneton, 1999).

➤ La Structure

Les flavonoïdes sont des dérivés benzo-γ-pyrane (Skerget *et al.*, 2005). Leur structure de base est celle d'un diphenyle propane à 15 atomes de carbone (C₆-C₃-C₆), constitué de deux noyaux aromatiques qui désignent les lettres A et B, reliés par un hétérocycle oxygéné, qui désigne la lettre C (Dacosta, 2003).

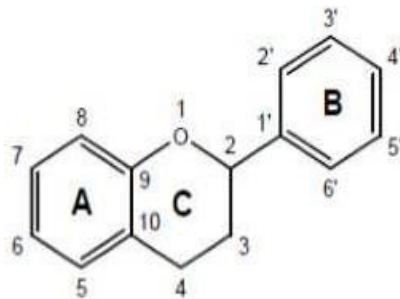
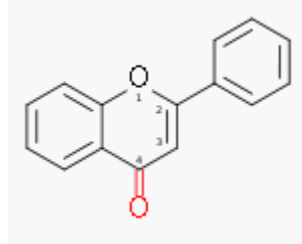
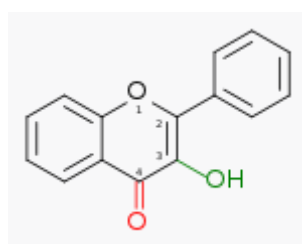
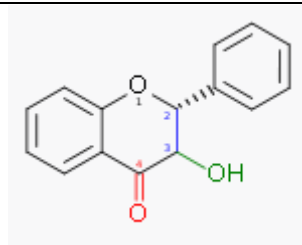


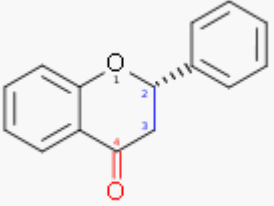
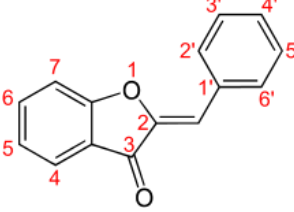
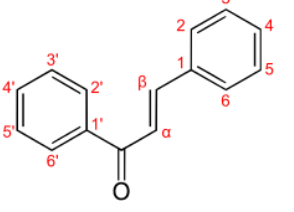
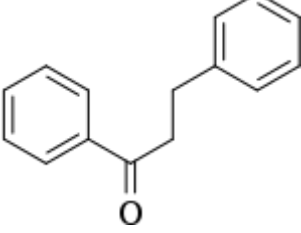
Figure 05 : Structure de base des flavonoïdes (Ihuilliert, 2007).

➤ Classification

La classification des flavonoïdes peut être divisée en plusieurs catégories. Cette division dépend de l'hydroxylation du noyau du flavonoïde aussi bien que du sucre lié (Krishna *et al.*, 2001).

Tableau 3. Principales classes des flavonoïdes (Narayana et al., 2001; Erdman et al., 2007).

| CLASSE | SQUELETTE | Aglycones | Hétérosides | Dérivés méthoxylés |
|-------------------------------|--|---|---|---|
| FLAVONE |  <p>2-phénylchromén-4-one</p> | <p><u>Lutéoline</u> (OH: 5,7,3',4')</p> <p><u>Apigénine</u> (OH: 5,7,4')</p> | <p>7-O-glucoside de lutéoline</p> <p>6-C-glucoside d'apigénine</p> <p><u>Apiine</u></p> | <p><u>Tangéritine</u> (CH₃:5,6,7,8,4')</p> <p><u>Nobilétine</u> (CH₃:5,6,7,8,3',4')</p> <p>Géraldone (7,4'-dihydroxy-3'-méthoxyflavone)</p> |
| FLAVONOL |  <p>3-hydroxy-2-phénylchromén-4-one</p> | <p><u>Quercétine</u>, <u>Kaempférol</u>, <u>Myricétine</u>, <u>Fisétine</u></p> | <p><u>Rutine</u> (ou rutoside), 3,7,4'-O-triglucoside de kaempférol, 3-O-galactoside d'isorhamnétol</p> | <p><u>Pachypodol</u>, <u>Rhamnazine</u>, 3,7-diméthylquercétol, Isorhamnétol (=3-méthylquercétol)</p> |
| DIHYDROFLAVONOL ou FLAVANONOL |  <p>3-hydroxy-2,3-dihydro-2-phénylchromén-4-one</p> | <p><u>Dihydrokaempférol</u>, <u>Dihydroquercétol</u></p> | <p>3-O-rhamnoside de dihydroquercétol, 3-O-rhamnoside de dihydromyricétol</p> | |

| | | | | |
|-------------------------------|--|---|---|---|
| <p>FLAVANONE</p> |  <p>2,3-dihydro-2-phenylchromén-4-one</p> | <p><u>Naringéto</u>l, <u>Ériodictyol</u>, <u>Butin</u> <u>e</u></p> | <p><u>Hespéridine</u> (7-O-rutoside d'hespéridine), <u>Naringine</u>, <u>Néohepéridine</u>, <u>Didymine</u></p> | <p><u>Hespéridine</u>, <u>Ho</u> <u>moeriodictyol</u></p> |
| <p><u>AURONE</u></p> |  | <p><u>Hispidol</u>, <u>Aureusidine</u>, <u>Sulfurétine</u>, <u>Maritimé</u>tine</p> | | |
| <p><u>CHALCONE</u></p> |  | <p><u>Isoliquiritigéni</u> <u>ne</u>, <u>Butéine</u></p> | | <p>Xanthohumol</p> |
| <p><u>DIHYDROCHALCONE</u></p> |  | <p><u>Phlorétine</u></p> | <p><u>Aspalathine</u> (=3-C-glucopyranosyldihydrochalcone), <u>Naringine dihydrochalcone</u>, <u>Néohepéridine dihydrochalcone</u>, <u>Notohofagine</u>, <u>Phloridzine</u></p> | |

➤ **La biosynthèse:**

De nos jours, plus de 4000 flavonoïdes ont été identifiés. Ils ont une origine biosynthétique commune et par conséquent, possèdent tous un même squelette de base à quinze atomes de carbone, constitué de deux unités aromatiques, deux cycles en C6 (A et B), reliés par une chaîne en C3 (**Figure 09**).

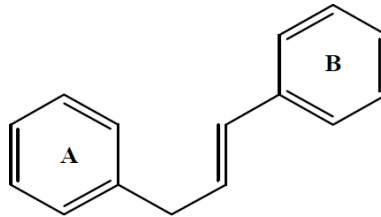


Figure 06: Squelette de base des flavonoïdes (**Bruneton, 1999**)

Leur biosynthèse se fait à partir d'un précurseur commun, la 4,2',4',6'-tétra-hydroxychalcone. Cette chalcone de couleur jaune est métabolisée sous l'action d'enzyme, la chalcone isomérase, en flavanone (**Hostettmann et al., 1998**) : naringénine. C'est sur cette dernière qu'agit ensuite la flavone synthase ou la (2*S*)-flavanone-3-hydroxylase pour donner la formation de la flavone (**Marston et Hostettmann, 2002**) : apigénine ou le dihydroflavonol (**Gaussen et Lorey, 1982**): (2*R*, 3*R*)-dihydrokaempférol, respectivement. Les deux enzymes fonctionnent différemment, la première introduit la double liaison entre les carbones C-2 et C-3, tandis que la deuxième catalyse l'hydroxylation du carbone C-3. Le dihydroflavonol, en présence de la flavonol synthase ou la dihydroflavonol-4-réductase, se métabolise en flavonol (**Middleton et Chithan, 1993**): kaempférol ou le flavan-3,4-diol (**Grange et Davey, 1990**): leucoanthocyanidol, respectivement. Ce dernier semble être le précurseur des flavan-3-ols (**Bruneton, 1999**) et anthocyanidols (**Harborne, 1999**). Cependant, les étapes ultimes de leur formation ne sont pas encore élucidées. Le pélargonidol sous l'action de la 3-O-glycosyltransférase, se transforme en anthocyanoside (**Stafford, 1997**): pélargonidol-3-glucoside. Les composés de chaque sous-classe se distinguent par le nombre, la position et la nature des substituants (groupements hydroxyles, méthoxyles et autres) sur les deux cycles aromatiques A et B et la chaîne en C3 intermédiaire.

A l'état naturel, on trouve très souvent les flavonoïdes sous forme de glycosides, une ou plusieurs de leurs fonctions hydroxyles sont alors glycosylées. La partie du flavonoïde autre que le sucre est appelée aglycone.

2.1.3. Les tanins

Les tanins représentent une classe très importante de polyphénols localisés dans les vacuoles (Aguilera-Carbo *et al.*, 2008). Ce sont des composés phénoliques ayant une masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 Da et qui présentent, à côté des réactions classiques des phénols, la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines (Fogliani, 2002). Sur le plan structural, on distingue les tanins hydrolysables, esters d'acide phénolique, des tanins condensés plutôt des polymères de polyhydroxyflavan-3-ols (Fogliani, 2002).

- **Les tanins galliques ou hydrolysables**

Ce sont des esters de l'acide gallique ou de ses dérivés, en particulier l'acide ellagique, associés à un polyol (habituellement le glucose) (Clifford, 2000). Ils sont divisés en ellagitanins et en gallotanins. Ces tanins subissent facilement une hydrolyse acide et basique, ils s'hydrolysent aussi sous l'action enzymatique (Conrad *et al.*, 1998).

- **Les tanins condensés**

Appelés aussi proanthocyanidines, les tanins condensés sont des polyphénols de masse molaire élevée. Ils résultent de la polymérisation autooxydative ou enzymatique des unités de flavan-3,4-diols liées majoritairement par les liaisons C4-C8 (parfois C4-C6) des unités adjacentes, et se nomment ainsi proanthocyanidines de type B. Lorsque la condensation se produit entre les unités adjacentes par la liaison C4-C8 et par une liaison d'éther additionnelle entre C2 et C7, les proanthocyanidines sont dits de type A (Wollgast *et al.*, 2000).

2.2. Les alcaloïdes

Selon Bruneton (2009), Il n'existe pas de définition simple et précise des alcaloïdes, il propose cependant que les alcaloïdes sont des composés organiques d'origine naturelle, représentent le groupe de substances naturelles d'intérêt thérapeutique le plus important, en terme de nombre, de diversité structurale et de leurs activités pharmacologiques. Ils sont au cœur des phénomènes d'adaptation et de défense face aux pressions biotiques (herbivore microorganisme) (Vollhardt *et al.*, 2004).

Les alcaloïdes constituent une classe de produits naturels présentant une grande diversité structurale. Leurs propriétés biologiques, aussi variées que leurs structures, continuent à être bénéfiques dans les traitements de différentes maladies ou des dysfonctionnements de l'organisme humain. Les pyrrolizidines et les tropanes sont les plus importants. Les pyrrolizidines, très répandues dans la nature, sont présents dans les plantes qui font partie des familles botaniques Asteraceae, Boraginaceae, Fabaceae et Orchidaceae.

Chapitre III

1. Activité antioxydante

Les antioxydants sont des composés qui protègent les cellules du corps contre les dommages causés par les radicaux libres **Mokrani et al. (2009)**. Ils rentrent en compétition avec d'autres substrats oxydables et retardent ainsi ou empêchent l'oxydation de ces substrats (**Ladoh et al., 2014**). Ils jouent un rôle important dans la prévention des maladies telles que les pathologies du coeur, le cancer, le diabète, l'hypertension et la maladie d'Alzheimer (**Meddour et al., 2011**).

1.1 Radicaux libres :

1.1.1 Définition :

Les radicaux libres sont des atomes ou des molécules portant un électron non apparié. Cette propriété rend ces éléments très réactifs du fait de la tendance de cet électron à se réappairier, déstabilisant ainsi d'autres molécules. Les molécules ainsi transformées deviennent à leur tour d'autres radicaux libres et initient ainsi une réaction en chaîne. C'est typiquement ce qui se passe lors de la peroxydation lipidique (**Dacosta, 2003**).

Parmi toutes les espèces radicalaires susceptibles de se former dans les cellules, il convient de distinguer un ensemble restreint de composés radicalaires qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appellerons radicaux libres primaires, qui dérivent directement de l'oxygène.

Les autres radicaux libres, dits radicaux libres secondaires (radical peroxyde $\text{ROO}\cdot$ et radical alkoxyde $\text{RO}\cdot$), se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule (**Novelli, 1997**).

L'ensemble des radicaux libres primaires est souvent appelé "espèces réactives de l'oxygène" (ROS). Cette appellation n'est pas restrictive. Elle inclut les radicaux libres de l'oxygène proprement dit: radical superoxyde $\text{O}_2\cdot$, radical hydroxyl $\text{OH}\cdot$, monoxyde d'azote $\text{NO}\cdot$, mais aussi certains dérivés oxygénés réactifs non radicalaires dont la toxicité est importante: l'oxygène singulet, peroxyde d'hydrogène H_2O_2 , peroxyde d'azote ONOO^- (**Favier, 2003**).

1.1.2. Nature des radicaux libres :

Parmi toutes les espèces radicalaires susceptibles de se former dans les cellules, il convient de distinguer un ensemble restreint de composés radicalaires qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appellerons radicaux primaires. Les autres radicaux libres, dits radicaux secondaires, se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule.

Du point de vue de la terminologie, il est souvent fait mention d'espèces réactives de l'oxygène. Ces espèces incluent non seulement des radicaux libres dérivés de l'oxygène : anionsuperoxyde ($O_2^{\bullet-}$), radical hydroxyle ($\bullet OH$), radical hydroperoxyde ($HO_2\bullet$), radical peroxyde ($RO_2\bullet$), radical alcoxyde($RO\bullet$), mais d'autres espèces non radicalaires dérivées de l'oxygène : peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), acide hypochloreux ($HOCl$), Ozone (O_3), Oxygène singulet (1O_2), Delattre et al.(2005), peroxydinitrite ($ONOO^-$), qui ne sont pas réactives mais peuvent être des précurseurs de radicaux (**Favier, 2003**).

Par ailleurs, tous les radicaux libres ne sont pas des dérivés de l'oxygène, par exemple le monoxyde d'azote ($\bullet NO$) est un radical libre dérivé de l'azote (Bonfont-rousselot et al., 2003). mais d'autres espèces non radicalaires dérivées de l'oxygène : peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), acide hypochloreux ($HOCl$), Ozone (O_3), Oxygène singulet (1O_2), peroxydinitrite ($ONOO^-$) qui ne sont pas réactives mais peuvent être des précurseurs de radicaux (**Favier, 2003**).

Il ne faut pas penser que tous les radicaux d'oxygène sont extrêmement réactifs, cette réactivité étant très variable selon la nature du radical. Ainsi parmi les radicaux formés chez les êtres vivants, l'anion radicalaire superoxyde comme le monoxyde d'azote ne sont pas très réactifs, mais constituent des précurseurs d'autres espèces plus réactives (**Bouhadjra, 2011**).

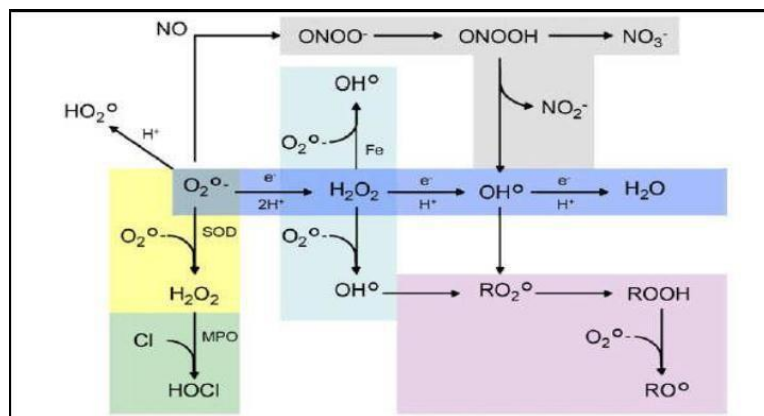


Figure 11 : Formation en cascade des différentes espèces oxygénées réactives à partir du radical super oxyde (**Koechlin, 2006**).

1.2 Le stress oxydant

1.2.1 Définition

Le stress oxydatif désigne l'ensemble des perturbations physiologiques, métaboliques ou provoquées dans un organisme par des agents biotiques (parasites, pathogènes) ou abiotiques (salinité, sécheresse, température, pollution, etc.) (Marouf et Reynaud, 2007).

Dans les systèmes biologiques le stress oxydant est la conséquence d'un déséquilibre entre la production d'espèces réactives oxygénées (ERO) et leur destruction par des systèmes de défense antioxydants (Bonnetfont-Rousselot et al., 2003). Le stress oxydatif est à l'origine de plusieurs stress abiotiques (salinité, métaux lourds, stress hydrique...)

1.2.2 Origine du stress oxydant

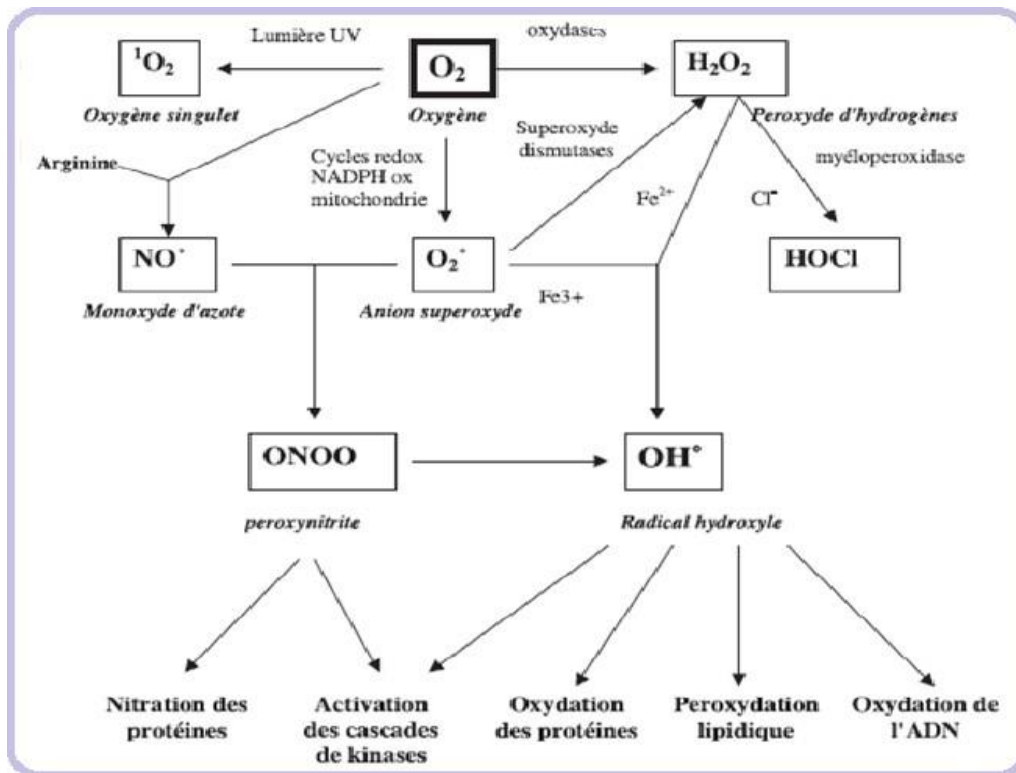


Figure 12: Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène impliqués en biologie (Touhami, 2012).

1.3 Définition des antioxydants :

Les antioxydants sont des composés chimiques capables de minimiser efficacement les rancissements, retarder la peroxydation lipidique, sans effet sur les propriétés sensorielle et nutritionnelle du produit alimentaire. Ils permettent le maintien de la qualité et d'augmenter la durée de conservation du produit. En outre, l'antioxydant alimentaire idéal, doit être soluble dans les graisses, efficace à faible dose, et non toxique, n'entraîne ni coloration, ni d'odeur, ni saveur indésirable, résistant aux processus technologiques, et stable dans le produit fin (**Hellal, 2011**).

Les épices en générale, sont très riches en métabolites antioxydants, une vaste revue scientifique a classé la cannelle moulue au quatrième rang parmi les 50 aliments renfermant le plus d'antioxydants (**Halvorsenet *al.*, 2006**)

1.4. Mécanisme de l'oxydation

L'oxydation est un phénomène complexe qui met en jeu des espèces moléculaires très réactives et qui se traduit par le rancissement de graisses, la rouille des métaux et la flétrissure des fruits et légumes (**Judde, 2004**). Elle est initiée par la lumière, la chaleur, ou les traces de métaux lourds (Cu^{2+} et Fe^{3+}). Cette réaction est au départ très lente, puis s'accélère de façon exponentielle. Elle se déroule en trois étapes : initiation, propagation et terminaison (Bouras, 2004). Les réactions radicalaires sont d'autant plus destructrices qu'elles se propagent en chaîne : les molécules déstabilisées par un électron célibataire deviennent à leur tour des radicaux libres (**Manach *et al.*, 2004**).

1.4.1. Système antioxydant

Afin de contrer les effets néfastes des ERO, notre organisme possède des molécules à activité antioxydante de nature enzymatique ou non enzymatique (**Tabart, 2011**).

1.4.1.1. Système antioxydant enzymatique

Il s'agit principalement de trois enzymes : la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT) et la glutathion peroxydase (GPx). Ces enzymes ont une action complémentaire sur la cascade radicalaire au niveau de O_2 -et du H_2O_2 , conduisant finalement à la formation de l'eau et de l'oxygène moléculaire (**Lehucher-Michel *et al.*, 2001**) (**figure 12**).

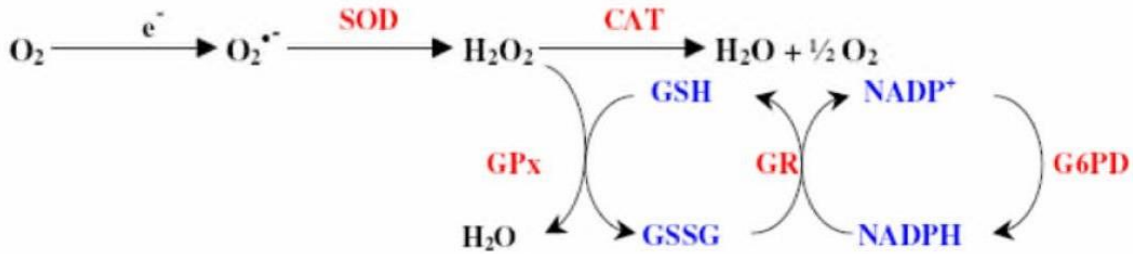


Figure 13 : Action des enzymes antioxydantes sur la cascade radicalaire

(Lehucher-Michel et *al.*, 2001).

1.4.1.2 .Système antioxydant non enzymatique

Contrairement aux enzymes antioxydantes, la plupart de ces composants ne sont pas synthétisés par l'organisme et doivent être apportés par l'alimentation (Kanoun, 2011). Les meilleurs antioxydants exogènes sont la vitamine E, la vitamine C, les caroténoïdes et les polyphénols (N'Guessan et *al.*, 2009).

1.5 .Les méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante

Selon Huang et *al.* (2005), les méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante *in vitro* peuvent être divisées en deux grandes catégories suivant les réactions mises en jeu : soit les tests basés sur le transfert d'un atome d'hydrogène (HAT, Hydrogen Atom transfer), soit les tests basés sur le transfert d'un simple électron (SET, Single Electron transfer).

Les techniques du premier groupe sont employées pour évaluer la peroxydation lipidique en utilisant un substrat lipidique ou lipoprotéique. La quantification de cette propriété est exprimée par la mesure du degré d'inhibition de l'oxydation (Sánchez-Moreno et *al.*, 1998).

Alors, les méthodes du deuxième groupe sont celles qui interviennent dans la mesure de l'habilité du piégeage des radicaux libres. Elles comportent le piégeage du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), de l'acide hypochloreux ($HOCl$), de l'hydroxyle ($OH\bullet$), des anions superoxyde ($O_2^{\bullet-}$), du peroxyde ($ROO\bullet$) et de l'oxyde nitrique ($NO\bullet$) (Sánchez-Moreno, 2002). Dont on cite :

➤ La méthode de piégeage du peroxyde d'hydrogène

Une des méthodes les plus communes pour évaluer la capacité du piégeage du peroxyde d'hydrogène est basée sur l'absorption de cette molécule dans le domaine de l'UV. Comme la

concentration du H₂O₂ est diminuée par les composés piègeurs, la valeur de l'absorbance de ce dernier à 230 nm est également diminuée (Magalhães *et al.*, 2008).

- **Test de blanchiment du β -carotène**

Dans cette analyse la capacité antioxydante est déterminée par la mesure de l'inhibition des composés organiques volatils et les hydro-péroxydes conjugués résultant de l'oxydation de l'acide linoléique (Tepe *et al.*, 2006).

- **La capacité anti-oxydante totale par la méthode de phosphomolybdate**

Cette méthode est basée sur la réduction de molybdène Mo (VI) en molybdène Mo (V) en présence des composés antioxydants et donc la formation d'un complexe vert de phosphate /Mo (V) à un pH acide (Sahu et Laloo, 2011).

- **Méthode de FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)**

Cette technique basée sur la réaction chimique de réduction du Fe³⁺ présent dans le complexe K₃Fe(CN)₆ en Fe²⁺ (Oyaizu, 1986).

2. L'activité anti coagulants

2.1. Généralité sur la coagulation

Elle est activée secondairement lorsque l'hémostase primaire n'a pas suffi à stopper le saignement, en particulier dans les veines et les artères. Elle est définie par la mise en œuvre d'une cascade enzymatique faisant intervenir les facteurs de la coagulation, le facteur tissulaire, des ions calciques et des phospholipides. Cette réaction enzymatique conduit à la formation d'une enzyme clé : la thrombine qui est capable de transformer le fibrinogène soluble en fibrine insoluble. La coagulation plasmatique fait participer 12 facteurs de nature biochimique protéique. (Boukhlet, 2016).

2.2.1 Représentation classique de la coagulation :

a. La formation de thrombine :

La thrombine est le résultat de l'activation de la prothrombine (facteur II) par le complexe enzymatique de la prothrombinase. Ce complexe est le produit de deux voies

distinctes : la voie exogène et la voie endogène qui finissent par se rejoindre en une voie commune (**Figure 14**). La voie endogène (intrinsèque) est issue de l'activation du système contact composé des facteurs XI, XII, prékallicroïne et le VIII Kininogène de Haut Poids Moléculaire (KHPM).

L'origine de leur activation est l'apparition d'une surface non endothélialisée et donc électronégative. La chaîne réactionnelle issue de ce complexe aboutit à la formation du complexe Tenase (facteurs IXa, VIIIa et ion Calcium) qui termine la voie endogène.

La voie exogène (extrinsèque, rapide) est appelée ainsi car elle fait appel à un facteur non plasmatique: la thromboplastine tissulaire contenue à la surface des cellules entourant les vaisseaux. La thromboplastine permet l'activation du facteur VII qui rejoint alors la voie commune ; les voies exogène et endogène se rejoignent et aboutissent à l'activation du facteur X. Le facteur Xa, le facteur Va, ion Calcium et des phospholipides constituent le complexe de la prothrombinase permettant le clivage de la prothrombine II en thrombine IIa. Il faut noter qu'il existe différents niveaux de rétro-activations tout au long de cette cascade enzymatique ce qui explique l'existence d'un phénomène auto-entretenu (**Furie et al., 2006**).

b. La formation de fibrine :

Elle nécessite trois étapes : tout d'abord la protéolyse du fibrinogène par la thrombine, ce qui conduit à la formation de monomères de fibrine. Puis, la polymérisation de ces monomères en un réseau de fibrine encore instable. Enfin, la stabilisation de ce réseau par l'intermédiaire du facteur XIIIa (issu de l'activation du facteur XIII par la thrombine) et de l'ion calcium créant des liaisons covalentes entre les monomères de fibrine. Le résultat de ces étapes est l'apparition de caillot de fibrine insoluble (**Figure 14**).

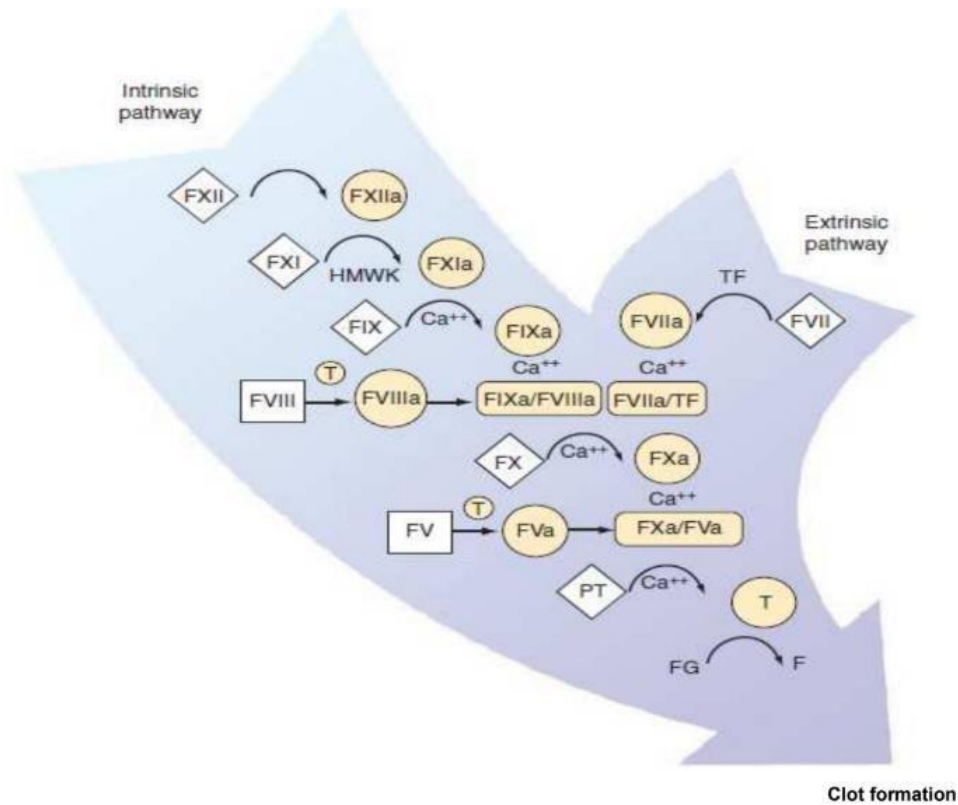


Figure 14 : Schéma simplifié de la coagulation *in vitro* (Hoffman, 2013).

c. Formation de la prothrombinase

Elle résulte de l'association, sur une matrice de phospholipides, du facteur Stuart (Xa), de la proaccéléline (Va) et de calcium. L'association de ces facteurs peut être déclenchée par deux mécanismes (Piché, 2002) :

- **Voie exogène :** C'est le contact du plasma et du facteur tissulaire avec le facteur VII a qui va entraîner l'activation du facteur X. celui-ci va alors former la prothrombinase en s'associant au facteur Va en présence de Ca^{2+} (Piché, 2002).
- **Voie endogène :** Cette voie est déclenchée par l'activation du facteur XII lors de ce contact aux matrice sousendothéliale, une activation qui conduit par la suite à l'activation de pré-kallikréine en kalikriéne qui à son tour peut activer le facteur XII. Le facteur XII activé catalyse la transformation de la forme zymogène du facteur XI à la forme protéolytique activée qui active par la suite le facteur IX. Ce dernier se lie à la surface de phospholipides anioniques des plaquettes par l'intermédiaire des ions calcium et forme, en présence de son cofacteur, le facteur VIII le complexe tenase qui est responsable de l'activation du facteur

X. Ce dernier forme avec son cofacteur, le facteur V (pro-accéléline), les phospholipides plaquettaires et par l'intermédiaire aussi des ions de calcium le complexe prothrombinase qui catalyse la transformation de prothrombine (facteur II) en thrombine (Tlili, 2015).

3. Activité anti-hémolytique

3.1. Généralités

Le sang est une suspension concentré d'éléments figurés, élaborés dans la moëlle osseuse, les érythrocytes (globules rouges), les leucocytes (globules blancs) et les thrombocytes (plaquettes), transportés par le plasma qui représente environ 55 à 60 % du volume sanguin. Nous présentons dans cette section les caractéristiques géométriques et rhéologiques de ces différents constituants (**Popel et Johnson, 2005**), ainsi que le plasma. Il représente 7% du poids corporel des animaux. Les cellules sanguines sont produites constamment par l'organisme et leur nombre reste constant dans le sang (**Geay, 1995**).

3.2 Structure et fonction des globules rouges (GR) :

Les Hématies ou Erythrocytes ou bien les globules rouges (GR) sont les cellules les plus nombreuses dans le sang (**Bacha et Bacha, 2000**). Leur production quotidienne est de $200 \cdot 10^9$ par jour, et leur durée de vie est de 120 jours, au cours desquels ils effectuent un déplacement de près de 500 km dans la microcirculation. Ils ont pour fonction de transporter l'oxygène (O_2) des poumons vers les tissus, et d'évacuer le dioxyde de carbone (CO_2) en sens inverse (**Guillaume, 2007**).

3.3 Structure de la membrane érythrocytaire

La membrane des érythrocytes a servi pendant de nombreuses années de modèle simplifié des membranes plasmique du mammifère. Elle est constituée essentiellement de lipides et des protéine qui s'intriquent intimement par des interactions non-covalente tel que : interaction de van der waals, liaisons hydrogène, forces électrostatique et hydrophobes pour former une structure complexe. Les dommages oxydatives associées à la membrane des érythrocytes (lipides /protéines) peuvent être impliqué dans l'hémolyse (**Kalaiselvi et al., 2015**).

La membrane érythrocytaire (**Figure 15**) ou stroma ou « Ghost » (en terminologie anglosaxonne) assure au GR sa forme biconcave, sa plasticité et sa déformabilité. Les lipides forment une double couche de phospholipides opposés par leur côté hydrophobe (non polaire), alors que les parties hydrophiles (polaires) sont rejetées vers l'extérieur. (**Pivkin et al., 2016**).

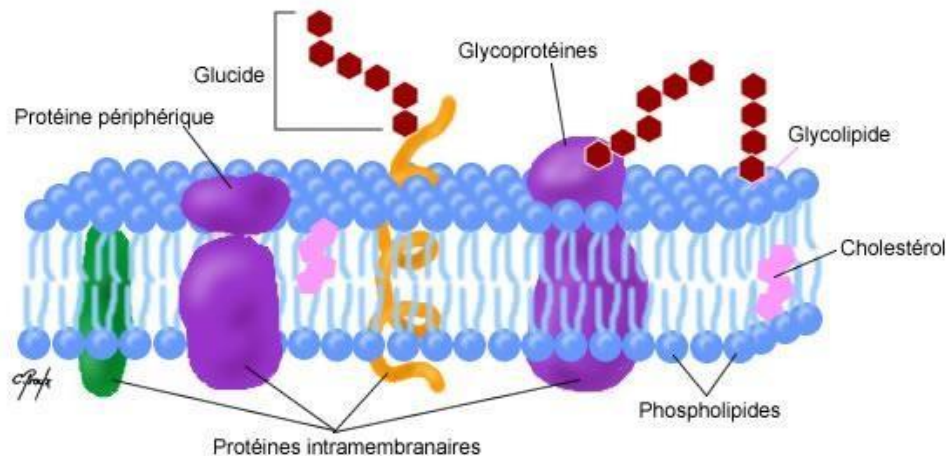


Figure 15 : structure de la membrane du globule rouge (**Zandecki , 2006**)

3.4 Processus d'hémolyse

C'est un phénomène physiologique irréversible due à une libération des composants intracellulaires des érythrocytes notamment l'hémoglobine (**Thomas, 2013**). On peut distinguer deux types d'hémolyses, l'une est physiologique et l'autre est pathologique (hyper hémolyse) (**LIPPI et al., 2011**).

3.4.1. Hémolyse physiologique

Consiste en la destruction du globule rouge (GR) ayant atteint sa durée de vie maximale (120 jours). Le vieillissement naturel de la cellule se traduit par des modifications biochimiques, morphologiques ou de plasticité, induisant sa phagocytose par le système des phagocytes mononucléés. Ce processus n'a pas de répercussions cliniques ou biologiques et se déroule essentiellement dans la moelle osseuse. On peut détecter ce phénomène est visuellement en montrant une teinte rose à rouge dans l'échantillon après centrifugation ou en mesurant la densité optique de surnageant (hémoglobine) par spectrophotométrie (**Mezzou et al., 2006**).

3.4.2 Hémolyse pathologique

Dont la cause est le vieillissement prématuré des GR qui sont détruits de façon exagérée et indépendamment de leur âge. Cela entraîne une anémie hémolytique grave, il affecte toujours un des constituants vitaux du GR : membrane, enzyme, Hémoglobine (Hgb) (Hergaux, 2005).

3.5 Les types des Anti-hémolytiques

L'anémie hémolytique est un sujet relativement complexe qui demande obligatoirement une investigation spécialisée pour déterminer les traitements appropriés. Le traitement des anémies hémolytiques passe inexorablement par le traitement des causes de cette anémie. Il y a donc presque autant de traitements qu'il y a de causes. Un certain nombre de médicaments anti-hémolytiques, substances qui présentent la capacité à retarder ou à inhiber la lyse des globules rouges, sont disponibles. L'acide folique, un complément de fer, des corticoïdes et des suppléments de vitamine B peuvent être utilisés pour traiter les anémies hémolytiques. Les dernières années, le domaine de la recherche de nouvelles substances anti-hémolytiques d'origine végétale est en plein essor. Des investigations dans ce sens sont entrepris par de nombreux laboratoires de recherches de part le monde.

3.6 Action des anti-hémolytiques synthétiques

Un médicament anti-hémolytique retarde ou inhibe la lyse des globules rouges. Plusieurs existent, nous citerons l'acide folique, le complément de fer, la vitamine B12 et les corticoïdes (Bachhy et al., 2015).

3.6.1. Mécanismes physiologiques de maintien de l'intégrité de la membrane

Erythrocytaire

Une balance entre le passage actif et passif des électrolytes à travers la membrane érythrocytaire permet le maintien du volume cellulaire de l'érythrocyte. La pompe Ca^{2+} -ATPase par exemple assure le maintien de la concentration du Ca^{2+} constante entre 30 et 60 mM à l'intérieur de la cellule par rapport à une concentration extérieure de 1.8 mM. En cas de dysfonctionnement de ce transport à travers la membrane du globule rouge, cela induira l'accumulation de ces ions à l'intérieur de la cellule causant un grand nombre de pathologies dont

la drépanocytose et des anémies hémolytiques. Les globules rouges, de par leurs fonctions dans l'organisme, sont particulièrement exposés aux espèces réactives d'oxygène (**Chaudhuri et al., 2007**).

3.6.2. Action anti-hémolytique des polyphénols

Ces dernières années, le domaine de la recherche scientifique investit de nouvelles substances anti hémolytiques d'origine végétale, pour remplacer les anti-hémolytiques synthétiques. De nombreuses études (**Baghiani et Belkhiri, 2017**) .Sur différentes plantes démontrent l'effet anti-hémolytique des extraits végétaux. Néanmoins, le mécanisme d'action des biomolécules composant ces extraits n'est pas encore élucidé et plusieurs hypothèses ont été émises.

3.7. Autres anti-hémolytiques

De nombreuses études sont encore en cours sur des substances anti-hémolytiques d'origine végétale. Certaines études précédentes ont montré que les plantes forment un réservoir pour substances à potentiel anti-hémolytique dont les mécanismes restent généralement spécifiques. Quelques exemples sont donnés dans (**Tableau 5**). (**Ababsa, 2009**)

Chapitre IV

L'utilisation de substances naturelles dans le traitement de différentes maladies, y compris les maladies infectieuses, est actuellement un défi pour la médecine et offre une alternative, en particulier pour les affections pour lesquelles il n'existe pas de remède adéquat (**Domingo et López-Brea, 2003**).

Les plantes médicinales sont très bénéfiques et économiquement indispensables. Elles sont riches en une grande variété de métabolites secondaires tels que les tanins, les alcaloïdes, les flavonoïdes, les vitamines, les caroténoïdes, les terpénoïdes, les polyphénols, les saponines, les enzymes et les minéraux qui ont une activité antimicrobienne et antioxydante (**Khan et al., 2009**).

Les résultats des études phytochimiques effectuées par **Roger et Annicke, (2018)** sur les feuilles de *Moringa* ont confirmé la richesse de cette plante en métabolites secondaires, et ont révélé la présence des stérols, polystérols, flavonoïdes et saponines, et l'absence des alcaloïdes et des tanins catéchiques.

Alors que l'étude photochimique effectuée par **Djermoune et Henoune (2015)**, sur les graines récoltées dans la région du Sud Algérien, récoltées à la fin du mois de Septembre, elles ont révélé la présence des saponines et des alcaloïdes dans l'amande de l'extrait aqueux et hydroalcolique et les terpanoïdes dans l'extrait hydroalcolique par contre l'absence de ce dernier dans l'extrait aqueux. **Jecinta Wanjiru et al. (2018)**, ils confirment aussi l'existence des alcaloïdes, flavonoïdes, phénols, tanins, terpanoïdes dans les extrait aqueux et hydroalcolique par contre l'absence des saponines. L'étude était sur les feuilles récoltées dans la région Makueni County en mois de janvier.

D'autres chercheurs comme **Kasolo et al. (2010)** ont signalé la présence des coumarines chez *M. oleifera*. **Akinyeye et al. (2014)** a révélé la présence des alcaloïdes, flavonoïdes, terpenoïdes, saponine et tannins dans les extraits d'amande et des feuilles de *Moringa Oleifera*.

Les variations de la présence des composés phytochimiques peuvent aussi être dues au choix du solvant utilisé dans l'extraction, l'âge des plantes au moment de la récolte a également montré des effets significatifs sur les composés phytochimiques présents et donc sur les propriétés biologiques (**Akinyeye et al., 2014**).

Un grand nombre d'études in vitro indiquent que les composés phénoliques comme les flavonoïdes, coumarines, acide phénolique, lignanes, hydroxycinnamates et stilbènes, peuvent avoir une activité antioxydante considérable (**Duthie et Crosier, 2000**). L'activité antioxydante

des

composés phénoliques est due principalement à leurs propriétés redox, ce qui leur permet d'agir comme agents réducteurs, des donneurs d'hydrogène et les désactivateurs d'oxygène singlet.

Moringa Oleifera est en effet connue pour son pouvoir antioxydant et son intérêt dans la lutte contre les radicaux libres (Dell'Agli et al, 2004 ; Fejér et al., 2019; Belhi et al., 2018). Cette vertu est attribuée à l'apport de composés phénoliques par les feuilles de *Moringa oleifera*. (Gaafar et al., 2016)

Baldisserotto (2018) a travaillé sur les feuilles récolté à partir de la région de Sénégal, elle présente, par le test DPPH, des taux de (232.8±0.60 et 305.8±12.15 mg/ml) respectivement pour l'extrait aqueux (décocté) et méthanolique. D'autre part, le test ORAC a indiqué des valeurs de (2942,8±27,28), (2272,5±14,72), (2345,2±10,64) pour les trois extraits, hydroalcoolique, méthanolique, et aqueux respectivement. Alors que, le test LCP des extraits analysés a montré pour l'extrait hydroalcoolique (496.6 ±8.74), extrait méthanolique (367.1 ±6.96), extrait aqueux (512.1 ±10.30). Finalement, le test FRAP a donné les résultats suivants à son tour, l'extrait hydroalcoolique (506,8±3,19), extrait méthanolique (418,, ±12,24), extrait aqueux (369.24 ±27.52). Aussi Ndiay et al en 2018, ont montrés que, l'extrait éthanolique a inhibé de manière significative et dose dépendante le radical DPPH à toutes les concentrations testées (12,5 à 100 µg/ml) et confirment que les feuilles contiennent des substances à propriétés antioxydantes. Ils ont enregistrées des valeurs d'IC₅₀ (87,86±1,80 µg/ml) qui présente une activité plus importante à celle de ses fractions dont les CI50 sont de 129,43±0,30 µg/ml, 178,43±0,46 µg/ml, 222±2 respectivement pour les fractions : le dichlorométhanique (FD), l'acétate d'éthyle (FAE) et aqueuse (FA).

Le résultat de Belhi et al, (2018) montre que l'extrait aqueux des feuilles de *Moringa* a exercé une excellente activité sur le radical DPPH qui atteint une inhibition de 90% à la concentration de 180 µg / ml, et qui est généralement supérieure à celle de l'antioxydant synthétique qu'est le BHT (73% d'inhibition à 250 µg / ml). Les feuilles de *Moringa* ont une CI50 égale à 48,65 ± 0,1 µg / ml, de même, El Sohaimy et al (2015) ont trouvé une CI50 étroitement liée à ces résultats (46. 77 ± 0,13 µg / ml) et pour l'extrait aqueux, contrairement à ce qu'ils ont trouvés avec la CI50, les résultats étaient inférieurs à ceux de la recherche qui a été réalisée par Belhi et al. (2018) et qui étaient de 33,11 ± 0,08 µg / ml pour l'extrait de méthanol (70%) et de 44,10 µg / ml pour l'extrait d'éthanol (70%).

De leur part **Kumbhare et al., (2012)**, ils ont montrés que le contenu phénolique de l'écorce de la tige de *M. oleifera*, de la région de Nashik en Inde, est plus élevée et le piégeage radical est probablement due aux substances phénoliques. L'activité de piégeage des radicaux de la plante possédait CI50 pour ; l'extrait méthanolique brut (67,35 %), l'extrait de chloroforme (60,98 %) et l'extrait d'éther de pétrole (40,12 %).

Bourai et Guelmani-Ziani (2015) ont travaillé sur les amandes de la même espèce récoltée à partir de la région de Sud d'Algérie, possèdent des valeurs de l'ordre de 0.351, 0.354 et 45.39% pour les extraits aqueux, éthanolique 50% et éthanolique 96%.

La variation de pouvoir réducteur est en relation avec le solvant d'extraction, il attribue cette activité aux composés phénoliques contenu dans l'extrait (**Baldisserotto et al., 2018**); ce qui traduit que la consommation de Moringa peut être bénéfique dans la prévention du stress oxydatif relié aux maladies dégénératives.

Le choix d'étudier l'activité anti-hémolytique des extraits de la plante *M.Oleifera* est motivé en raison de son utilisation déclarée en médecine traditionnelle (**Rajanandh et al., 2012**). L'activité anti-hémolytique des feuilles de *M.Oleifera* est évaluée *in vitro* par rapport à la cytotoxicité induite par l'acétate de plomb dans l'extrémité des racines d'oignon et l'hémolyse dans les érythrocytes sanguins humains (**Raje Sharayu and Mestry Asmita ,2017**).

Sarkar et al. (2017) ont étudiés l'effet anti-hémolytique de l'extrait, des érythrocytes fraîchement préparés qui ont été incubés avec les réactifs de Fenton en l'absence ou en présence de l'extrait. Ils observés que les érythrocytes prétraités avec l'extrait présentaient un degré réduit d'hémolyse *in vitro*. Ces résultats montrent que les polyphénols sont capables de protéger les érythrocytes du stress oxydatif ou d'augmenter leur résistance aux dommages causés par les oxydants.

Par contre, **Afzal Shah et al., (2018)** ont montrés que les extraits méthanoliques des feuilles, d'écorces, de fleurs, de fruits et de tiges ont une faible activité hémolytique (à la dose de 100 µg/ml) sur les érythrocytes humains. Les résultats obtenus montrés que l'activité hémolytique a été identifiée par une hémolyse complète ou partielle et que l'hémolyse étaient dépendante de la concentration.

L'activité hémolytique des extraits frais de graines de Moringa collectées en Inde a été étudié par Sarada et ces collaborateurs en 2015, pour l'identification des saponines dans les

érythrocytes de mouton. Ils ont observés que une dilution de 50 % des érythrocytes de mouton

a montré plus d'activité hémolytique qu'avec 10 %. Le pourcentage d'hémolyse de *M. oleifera* est moyen par rapport aux autres plantes médicinales tel que *E. officinalis*, *T. natans* et *T. belemnica* (Kausar et al., 2018).

L'activité procoagulante/fibrinolytique pourrait être à la base de l'utilisation d'extraits pour arrêter les saignements par les guérisseurs traditionnels.

Une étude qui a été réalisée par Satish et al., (2012) suggère que les extraits des racines et des feuilles de *Moringa* présentent une activité procoagulante après l'ajout de CaCl_2 au plasma citraté humain, et réduisaient le temps de recalcification dans la formation du caillot en activant les facteurs ou en précipitant les cofacteurs impliqués dans la cascade de coagulation du sang. Les résultats de cette étude ont montré que l'extrait de feuilles a montré une activité significativement plus élevée ($P \leq 0,05$) que l'extrait de racines.

L'effet des extraits des feuilles et des graines de *Moringa oleifera* a été étudié sur certains paramètres de coagulation chez des rats Albinos par Okorie et Obeagu (2019). Les résultats suggèrent l'implication / la présence de thrombine dans les feuilles et les graines de *Moringa oleifera*, ils pourraient être utilisés comme anticoagulant en médecine traditionnelle. Ceci est en accord avec le rapport de LUZ et al., (2013) qui suggère que la lectine coagulante de *Moringa oleifera* a agi comme une protéine anticoagulante sur les paramètres de coagulation sanguine *in vitro* et au moins activé le temps de thromboplastine partielle.

Moringa oleifera a une activité hématopoïétique; elle est particulièrement avantageuse pour la numération plaquettaire (lorsqu'elle est prise à faible dose) selon Adegbite et al., (2016). Ces résultats sont en concordance avec les conclusions de Lowell (1989), qui suggère que la composante diététique de *Moringa Oleifera* a augmenté le nombre de plaquettes, bien que leurs recherches a été réalisée chez le rat. Néanmoins, l'observation de bénéfice décroissant avec des doses plus élevées de *Moringa* décrit par Adegbite et ces collaborateurs semble différent de l'étude d'Adedapo et al.,(2009) dans laquelle les plaquettes numération augmentée proportionnellement à des doses plus élevées de *Moringa Oleifera*.

Conclusion

Les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances et de composés naturels bioactifs. Diverses recherches ont été menées pour évaluer les utilisations traditionnelles des espèces de *Moringa* et toutes les recherches ont appuyé les revendications traditionnelles. Cependant, il existe encore une abondance d'utilisations traditionnelles qui n'ont pas été évaluées, en particulier pour les espèces autres que *Moringa oleifera* par conséquent, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour exploiter les nombreuses utilisations des espèces de *Moringa*.

Moringa oleifera contient divers constituants phytochimiques tels que des alcaloïdes, des saponines, des tanins, des stéroïdes, des acides phénoliques, des flavonoïdes. La diversité de ces molécules contribue à ses nombreuses utilisations pharmacologiques. Certains de ces composés ont donné des résultats positifs lors de tests portant sur diverses activités biologiques.

Les résultats actuels suggèrent que les espèces de *Moringa* étudiées ont des activités antioxydantes, hémolytiques et anticoagulantes importantes. Ces résultats peuvent expliquer en partie l'utilisation de ces plantes dans la médecine traditionnelle pour le traitement de plusieurs maladies.

A

Ababsa, L. (2009). Régime alimentaire et reproduction de quelques espèces aviennes dans la région d'Ouargla. Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure Agronomique – El Harrach – Alger. 23p.

Adedapo, A.A., Mogbojuri, O.M., Emikpe, B.O. (2009). "Safety Evaluation of the Aqueous Extract of the Leaves of *Moringa Oleifera* in rats". *Journal of Medicinal Plants Research*. 3: 586-591.

Adegbite, O. A., Omolaso, B., Seriki, S. A., Shatima, C. (2016). "Effects of *Moringa oleifera* leaves on hematological indices in humans". *Ann Hematol Oncol*. 3(8): 1107.

Afzal, S., Shahnaz, D., Afzal, S., Hidayat, U., Saima, I. (2018). "Antibacterial, antibiofilm, hemolytic activity and phytochemical study of various aerial parts of *Moringa oleifera* in Pakistan". *Asian J. Med. Biol. Res*. 4 (1): 77-85.

Aguilera, C.A., Augur, C., Prado, L.A., Favela, T.E., Aguilar, C.N. (2008). « Microbial production of ellagic acid and biodégradation of ellagitannins ». *Applied Microbiology and Biotechnology* .78 :189-199.

Akinyeye, E.O., Solakane, I.O., Adebisi. (2014). Phytochemical and antimicrobial evaluation of leaf and seed of *Moringa oleifera* extracts. *International Journal of Research In Medical and Health Sciences*. 4(6).

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* ». Mémoire de diplôme approfondie et biodiversité et environnement option biologie végétal ,Technique et documentation. Université de Toliara. Madagascar .3p.

Atakpama, W., Kponor, E.G.E., Kanda, M., Dourma M., Nare, M., Batawila, K., Akpagana, K. (2014). « *Moringa oleifera* Lamarck (Moringaceae): une ressource phytogénétique à usage multiple ». *Rev Cames, Sciences de la vie, de la terre et agronomie*. 2(1) : 6-14.

B

- Bacha, W.J., Bacha, L.M.** (2000). « Color Atlas of Veterinary Histology ». 2nd Edition, Part 6: Blood Lippincott Williams and Wilkins, U. S. A .
- Bachy, E., Houot, R., Dony, A.** (2015). « Hématologie adulte et pédiatrique, Onco Hématologie (Ellipses) ». 9 : 44-46
- Bain, J.B.** (2004). « A Beginner's Guide to Blood Cells ». 2ème Ed, Blackwell Publishing Ltd, London, 3p.
- Baldisserotto, A., Piergiacomo, B, Matteo, R., Valeria, D., Lampronti, I., Roberto, G., Manfredini, S., Vertuani, S** (2018). "Moringa oleifera Leaf Extracts as Multifunctional Ingredients for "Natural and Organic" Sunscreens and Photoprotective Preparations. University of Ferrara, Italy. 23(3): 664.
- Belhi, M., Houcine, S., Chaabane, A., Jedidi S, Gouider, T., Hamadi, R.** (2018). "The Antioxidant Activity and the Ruminant Fermentation Parameters of Moringa Oleifera L. among Sheep and Goats". Journal of Agriculture and Environmental Sciences . 7(1): 83-92.
- Belkhiri, F., Baghiani, A., Zerroug, M., Arrar, L.** (2017). "Investigation of antihemolytic, xanthine oxydase inhibition, antioxidant and antimicrobial properties of Salvia verbenaca L. aerial part extracts". African Journal of traditional, complementary and alternative medicine. 14 (2):273–281.
- Bernadou, A.** (1972). « Cytologie-sanguine ». Université de Lille III, Paris, Editions Universitaires. 41-77.
- Bonnefont, R.D., Therond, P., Delattre, J.** (2003). « Radicaux libres et antioxydants ». Ed : Flammarion Médecine-Sciences .59-81
- Boubacar, S.A.** (2004). « Etude de la Phytochimie et des activités biologiques de Combretum glutinosum Per ». Ex DC (Combretaceae). Thèse de pharmacie, Bamako. 65p
- Bouhadjra, K.** (2011). Etude de l'effet des antioxydants naturels et de synthèse sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive vierge. Thèse pour l'obtention du diplôme de magister . Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 32p
- Boukhlet, H.** (2016). La coagulation intravasculaire dissiminée: actualité physiopathologiques et diagnostiques et thérapeutiques a Marrakech.

Bouras, A.D. (2004). L'oxydation des lipides in Biochimie alimentaire. Edition. OPU, Alger. 69-72.

Bourai, E.K., Guelmani-Ziani, F. (2015). « Activité antioxydante d'extraits de graines d'intérêt nutritionnel et médicinal : *Moringa oleifera* ». Université de Béjaia. 17p

Bruneton, J. (1999). « Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes médicinales, Editions TEC et DOC. 1120 p

Bundy, R., Walker, A. F., Middleton, R. W., Marakis, G., & Booth, J. C. (2004). Artichoke leaf extract reduces symptoms of irritable bowel syndrome and improves quality of life in otherwise healthy volunteers suffering from concomitant dyspepsia: a subset analysis. *Journal of Alternative & Complementary Medicine*, 10(4), 667-669.

C

Chanforan, C. (2010). « Stabilité de micro-constituants de la tomate (composés phénoliques, caroténoïdes, vitamines C et E) au cours des procédés de transformation : études en systèmes modèles, mise au point d'un modèle stoechiocinétique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate ». Thèse de Doctorat : Université d'Avignon et des pays de vaucluse. 55p

Caudhurl, S., Banerjee, A., Basu, K., Sengupta, B., Sengupta, P.K. (2007). "Interaction of flavonoids with red blood cell membrane lipids and proteins: antioxidant and antihemolytic effects". *International Journal of Biological Macromolecules*; 41(1):P 42-48.

Ghestam, A., Seguin, E., Orecchioni, A.M. (2001). "Le préparateur en pharmacie dossier ». 2^{ème} édition. Paris. 275p

Clifford, M.N., Appendix, I. (1999). "A nomenclature for phenols with special reference to tea". Washington, DC, CRC Press, Boca Raton Florida, 41 (5):393-397.

Conrad, J., Vogler, B., Klaiber, I., Roos, G., Walter, U, Kraus, W. (1998). "Two triterpene esters from Terminalia macroptera bark, *Phytochemistry*". 48:647-650.

Coppin, J.P., Hong, C., Yanpping, X., Min-Hsuing, P. (2013). Determination of flavonoids by LC/MS and anti-inflammatory activity in *Moringa oleifera*. *Journal of functional foods* .(4):1892-1899 .

Croteau, R., Kutchan, T.M., Lewis, N.G. (2000). "Natural Products (Secondary

Metabolites)”. *Biochemistry and molecular biology of plants* .24:1250-1319.

D

Dacosta, Y. (2003). « Les phytonutriments bioactifs ». Ed Yves Dacosta. Paris. 317p

Dell-Agli, M., Busciala, A., Bosisio, E. (2004). "Vascular effects of wine polyphenols". Cardiovasc Res. 63.593–602.

Delattre, J., Beaudeau, J.L, Bonnefont, R. (2005). « Radicaux libres et stress oxydant ». Aspects biologiques et pathologiques .87.108 p

Djermoune, S., Henoune, N. (2015). Composition chimique et teneur en composés phénoliques des graines de *Moringa oleifera* . Université A. MIRA – Bejaia.

Dohou, N., Yamni, K., Gmira, N., Idrissi, H.L.M. (2003). « Screening phytochimique d'une endémique ibéro-marocaine *Thymelaealythroïdes* ». Bull. Soc. Bordeaux. 142 : 61-78.

Domingo, D., Manuel, L.B., Teresa, A., Alba, E. (2003). Clarithromycin resistance among *Helicobacter pylori* strains isolated from children: prevalence and study of mechanism of resistance by PCR-restriction fragment length polymorphism analysis. J Clin Microbiol. 41.1:486-488.

Duthie, G., Crozier, A. (2000). Plant-derived phenolic antioxidants. Current opinion in Lipidology. 11(1) : 43-47.

E

Erdman, K.A., Verhoef, M., Doyle-Baker, P.K., Fung, T. (2007). "Dietary Supplementation of High-performance Canadian Athletes by Age and Gender". Clinical Journal of Sport Medicine 17(6):458-64.

F

FAO. (1982) : «Espèces fruitières forestières». Fiches techniques avec l'assistance de l'office central suédois pour l'aide au développement international ». 132 – 133 p

Favier, A. (2003). « Le stress oxydant: intérêt conceptuel et expérimental dans la Compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique ».Actualité Chimique.108-117p

Fejér, J., Kron, I., Pellizzeri, V., PŮuchtová, M et al. (2019).”First Report on Evaluation of Basic Nutritional and Antioxidant Properties of Moringa Oleifera Lam”. Caribbean Island of Saint Lucia. Plants. 8. 537-551.

Foidl, N., Makkar, H.P.S., Becker, K. (2001). « Potentiel De Moringa Oleifera En Agriculture Et dans L’industrie, Potentiel de développement des produits du Moringa, Dar es Salaam, Tanzanie ».4-19p

Fogliani, B., Hnawia, E., Tardivon, M., Cabalion, P., Maurel, S., Nour, M. « Unité: Mécanismes adaptatifs et biomolécules des plantes endémiques de la Mélanésie (M.A.B.I.O.M.) ».Université de la Nouvelle-Calédonie. Institut de recherche pour le développement, Centre de Nouméa, Nouvelle-Calédonie ; UMR 152, IRD- Université Paul Sabatier, Toulouse.2p

G

Gaafar, M., Alaa, A., Eman, A., Ibrahim, A., Mohsen, S., Asker Ahmed, F., Moustafa, Z., Salama, A. (2016).”Characterization of Polyphenols, Polysaccharides by HPLC and Their Antioxidant, Antimicrobial and Antiinflammatory Activities of Defatted Moringa (*Moringaoleifera*L.) Meal Extract”. International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research. 8(6): 565-573.

Gausсен, H., Leroy, H. F. (1982). Précis de botanique, végétaux supérieurs,2ème Ed.42p

Geay, T. (1995). Hématopoïèse Animale et Humaine, Utilisation Thérapetique des Facteurs de Croissance Hématopoïétiques . Thèse Doctorat Veterinaries, Lyon, France.

Ghestam, A., Seguin, E., Orecchioni, A.M. (2001). “Le préparateur en pharmacie dossier ». 2^{ème} édition. Paris. 275p

Grange, J.M., Davey, R.W. (1990). “Antibacterial properties of propolis (bee glue).J. R”. Soc. 83:159–60.

Guillaume, L. (2007). Elasticité de squelette de globules rouge humain-une étude en pince optique. Thèse de doctorat, université de Paris 4. P 14

H

Halvorsn, B.I., Carlsen, Mh., Philips, K.M., Bohlen, S.K., Holte, K., Jacobs, JR., Blomhof, F. (2006) .”Content of redox-active compounds (antioxidants) in foods consumed in the United States Am J Clin Nutr”. 84,95-135p

Harborne, J.B. (1994). “(Eds), phytochemical dictionary of the leguminosae”. 553p

Hegaux, F.C. (2005).”Erythrophagocytosis and recycling of heme iron in normal and pathological conditions,regulation by hepcidin”. French Institute of Health and Medical Research. 18(2):171-182

Hellal, Z. (2011). Contribution à l’étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes decertaines huiles essentielles extraites des Citrus. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). Mémoire de Magister. Universite Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou.

Hoffman, R. (2013). “Hematology basic principles and practice”. 258p

Hostettmann, K., Poterat, O., Wolfender, J.L. (1998). “The potential of higher plants as a source of drugs”. *Chimia*. 10-17 52p

J

Jecinta, W.N., Edward, A.N., Douglas, K.N., Reginah, M., Mercy, J., Regina, W.M., Jean, C., Chrispus, M.N., Peter, M.E. (2018). Phytochemical screening and synergistic antiproliferative activity against selected cancer cell lines of *Moringa oleifera* and *Indigofera arrecta* leaf extracts. *Journal of Medicinal Plants*. 23(2): 1-11.

Judde, A. (2004). « Prévention de l’oxydation des acides gras dans un produit cosmétique: mécanismes, conséquences, moyens de mesure, quels antioxydants pour quelles applications ». *Oléagineux corps gras lipides journal*.11 :414-418

K

Kalaiselvi, V., Vidhya, R. (2015). "In vitro membrane stabilizing activity of different extracts of bahinia tomentosa(L) leaves" .World journal of pharmaceutical research . 4(4):1700-1715.

Kanoun, K. (2011). « Contribution à l'étude phytochimique et activité antioxydante des extraits de Myrtuscommunis.L ». (Rayhane) de la région de Tlemcen (Honaine). 30-48p

Kasolo, JN, Bimenya, GS, Ojok L, et al (2010). Phytochemicals and uses of Moringa oleifera leaves in Ugandan rural communities. J Med Plants Res, 4, 753-7.

Kausar, A., Muhammad, S., Shah, M.S.H., Iqbal, N.,Hussain, I., Irshad, A .,Suhaila, N., Muhammad, A., Naveed, M., Muhammad, R. (2018)."In vitro antioxidant and cytotoxic potential of methanolic extracts of selected indigenous medicinal plants".Progress in Nutrition .20(4):706-712.

Kœchlin, R. (2006). « Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydants ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires ». Nutrition clinique et métabolisme. 20:165-177.

Ksouri, R., Megdiche, W., Jallali, I., Debez, D., Magné, M., Hiroko, I., Abdelly, C.H. (2012). "Medicinal halophytes: potent source of health promoting biomolecules with medical, nutraceutical and food applications, Critical Reviews in Biotechnology, 32: 289-326.

Krishn, D., Chaluvadi, M., Raj, N., Sripal, R. (2001)." Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential". Indian J. Pharmacol 33.2 16p

Kumbhare, M.R., Guleha,V., Sivakumar, T .(2012)."Estimation of total phenolic content, cytotoxicity and in-vitro antioxidant activity of stem bark of Moringa oleifera". Asian Pacific Journal of Tropical Disease .144-150.

L

Ladoh, Y.C.F., Dibong, S.D., Nyegue, M.A., Djembissi, T.R.P., LentaNdjakou, B., MpondoMpondo, E., Yinyang, J., Wansi, J.D. (2014). "Activité antioxydante des extraits méthanoliques de phragmantheracapitata (Loranthaceae) récoltée sur Citrus sinensis ». journal of applied biosciences. 84:7636–7643.

Lehucher, M.P., Lesgards, J.F., Delubac, O., Stocker, P., Durand, P., Prost, M. (2001). « Stress oxydant et pathologies humaines ». La Presse médicale. 30: 1076-1081.

Lippi, G., Avanzini, P., Pavesi, F., Bard, M., Ippolito, L., Aloe, R., et Favaloro, E.J. (2011). “Studies on in vitro hemolysis and utility of corrective formulas for reporting results on hemolyzed specimens”. Biochemia medica: 21 :297-305.

Lhuillier, A. (2007). Contribution à l'étude phytochimique de quatre plantes malgaches : *Agauria salicifolia* hook.f ex oliver, *Agauria polyphylla* baker (Ericaceae), *Tambourissa trichophylla* baker (Monimiaceae) et *Embelia concinna* baker (Myrsinaceae). Institut national polytechnique de Toulouse, France.50p

Lowell, Y.F. (1989) .”*Moringa Oleifera*: natural nutrition for the tropics, the miracle tree church world service”. Dakar, Senegal Ltd. 810-816.

M

Macheix, J.J., Fleuriet, F., Jay, A.C. (2005). « Les composés phénoliques des végétaux : Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique ».PPURpresses polytechniques. 134p

Magalhães, L.M., Segundo, M.A., Reis, S., Lima, J.L. (2008). “ Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties”. *Analytica chimica acta*. 613:1-19.

Maisuthisakul, P., Suttajit, M., Pongsawatmanit , R. (2007). “Assessment of phenolic content and free radical scavenging capacity of some Thai indigenous plants. *Food Chem*”.100(4): 1409-1418.

Makkar, H.P.S., Becker, K. (1997). Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* . 128:311-322.

Malo, T. (2014). « Effet de la fertilisation sur la croissance et la production de *Moringa oleifera* local et *Moringa oleifera* PKM-I dans la Région des Cascades (Burkina Faso) ».

Manach, C., Scalbert, A., Moraud, C., Remesy, C., Jameney, L. (2004). “Polyphenols sources and biovariability”. *American journal of cilinical nutrition*. 79:727-747.

Manallah, A. (2012). « Activités antioxydante et anticoagulante des polyphénols de la pulpe d'olive *Olea europaea* L ». Mémoire de magister.Option biochimie appliquée.Université Farhat Abbas, Sétif, Algérie.21p

Marston, A., Hostettmann, K. (2002). “Twenty years of research into medicinal plants: results and perspectives”. *Phytochemistry reviews*. 1: 275-285.

Markham, K. (1982). “Techniques of flavonoids identification”. Academic press.1-113.

Mauro, N.M. (2006). Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs : la (+)-anatoxine-a et la (±)-camptothécine .Thèse de doctorat. Université de Josef Fourier Grenoble I. 60p

Meddour, A., Yahia, M., Benkiki, N., Ayachi, A. (2011). “Etude de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits d'un ensemble des parties de la fleur du capparisspinosal ». *Lebanese science journal*.14: 50-60.

Mezzou, H., A, B., Khelifa., F., Neffati., W, Douki., A., Ben Amor., M., Najjar, F. (2006). « Détermination de l'hémoglobine plasmatique et évaluation spectrophotométrique de l'hémolyse en biochimie clinique ». *Revue Francophone des Laboratoires* (386): 59-64.

Middleton, JR.E., Chithan, K. (1993).“The impact of plant flavonoids on mammalian biology implications for immunity, inflammation and cancer”. In: Harborne J.B., editor. *The Flavonoids: advances in research since 1986*. London, UK: Chapman and Hall.29p

Mokrani, A., Mindjou, S., Bachir, M., Louaileche, H. (2009). « Evaluation du pouvoir antioxydant de quelques variétés d'ail ». Université Abderrahmane MIRA de Béjaia, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département des Sciences Alimentaires et Département de biologie physico-chimique. Route de Targa-Ouzemour, 06000, Béjaia.23p

N

Nagendran, B., Kalyana S., Samir, S. (2006). « Phenolic compounds in plants and agriindustrial by-products : Antioxidant activity, occurrence, and potential uses”. *Food chemistry*, 99, 191–203.

Naim, M., Gestener, B., Bondi, A., Birk, Y. (1976). Antioxidant and anti-hemolytic activities of soyabean isoflavones. *J Agric Food Chem*. 24: 1174-1177.

Najjaa, N., Zouari, S., Arnault, I., Auger, J., Emna, A., Neffati, M. (2011). « Différences et similitudes des métabolites secondaires chez deux espèces du genre *Allium* *Alliumroseum* L ». et *Allium ampeloprasum* L, *Acta Bot. Gallica*. 158(1) : 111-123.

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

N'Guessan, J.D., Boni, A.R., Zirihi, G.N., Djaman, A.J. (2011). « Relation entre les activités antioxydantes et les teneurs en polyphénols de six plantes de la pharmacopée ivoirienne ». Laboratoire de pharmacodynamie biochimique, UFR biosciences, Université de Cocody-Abidjan, Abidjan, Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature*.1: 1 – 11.

Novelli, G.P. (1997), "Role of free radicals in septic shock. J." *Physiol. Pharmacol*, 48: 517-527.

O

Okorie, H., Obeagu, E.I. (2019).”The Effect of *Moringa Oleifera* Leaf and Seed Extract on Some Coagulation Parameters in Albino Rats”. *CPQ Medicine*.6:2.

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

Oyaizu, M. (1986). “Studies on products of browning reaction”. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*. 44: 307-315.

P

Panda, D.S., Ghoudhury, N.S.K,Y., Educondalu, M., Si, S., Gupta, R. (2009). “Evaluation of Gum of *Moringa oleifera* as a Binder and Release Retardant in Tablet Formulation”. *Indien Journal of pharmaceutical sciences*

Piché, R. (2002). « Etude Phytochimique et Activité Antioxydante des extraits des composés phénoliques de *Thymus ciliatus* *spcoloratus* et *speuciliatus* ».

Pivkin, IV., Peng Z., Karniadakis, G.E., Buffet, PA., Dao, M., Suresh, S. (2016). “Biomechanics of red blood cells in human spleen and consequences for physiology and disease”. 17p

Popel, A.S., Johnson, P.C. (2005). “Microcirculation and hemorheology”. *Annu. Rev. Fluid Mech.* 37: 43–69.

R

Rajanandh, M.N., Satishkumar, M.N., Suresh, B., Elango, K. (2012). « *Moringa Oleifera* Lam. A herbal medicine for hyperlipidemia: A pre-clinical report”. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine.* 2(2):S790–S795.

Raje, S., Mestry, A. (2017). ” Beneficial effect of *Moringa oleifera* on Lead induced Oxidative stress”. *Int J of Life Sciences.* 5 (1): 63-72.

Rashid, U., Anwar, F., Moser, B.R., Knothe, G. (2008). “*Moringa oleifera* oil: A possible source of biodiesel”. *Bioresource Technol.* 99(17): 8175–8179.

Roger, K., Annick, T. (2018). “Phytochemical screening, acute and subacute toxicity of aqueous extract of *Moringa oleifera* (Moringaceae) Lam on rats wistar”. *Journal of Medicinales Plants Studies.* JMPS ; 6(3): 96-102.

S

Sahu, A.N., Laloo, D. (2011). “Antioxidant activities of three Indian commercially available Nagakesar: An in vitro study”. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research,* 3, 277.

Sarada, J., Deshabathini, U.K. (2015).” Anti quorum sensing potential of *moringa oleifera* seed extract”. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*”. 8(1): 0975-1491.

Sarkar, M., Sujan, B., Jakir, H., Mahmudul., H., Shahdat, H. (2017). Hot Water Extract of *Moringa oleifera* Leaves Protects Erythrocytes from Hemolysis and Major Organs from Oxidative Stress in vitro. *J basic appl Res.* 3(3): 120-126.

Sánchez, M.C., Larrauri, J.A., Saura, C.F. (1998). “A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols”. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 76: 270-276.

Seyoum, K., Asres, K., El-Fiky, F.K. (2006). “Structure, radical scavenging activity relationships of flavonoids”. *Phytochemistry*. 67: 2058–2070.

Skerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hras, A.R., Simoncic, M., Knez, Z. (2005). “Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities”. *Food chem.* 89: 191-198.

Souley, A.B. (2005). Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Combretum glutinosum* Perr. ex DC. (Combretaceae). Thèse Pharmacie, Bamako, 124p

Stafford, H.A. (1997). “Role of Flavonoids in symbiotic and defense functions in legume Roots”. *Bot rev.* 63:27-39.

Surbhi, S., Upasana, Y., Sheetal, S. (2017).”Potential of *Moringa oleifera* as a functional food ingredient”. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 2: 31-37.

T

Tabart, J. (2011). Optimisation et caractérisation d’un extrait de cassis riche en antioxydants utilisable comme complément alimentaire et étude de ses effets sur la vasorelaxation dépendante de l’endothélium. Thèse de doctorat. Faculté des sciences académie Universitaire Wallonie-Europe. 175 p

Tepe, B., Sokmen, M., Akpulat, H.A., Sokmen, A. (2006). “Screening of the antioxidant potentials of six *Salvia* species from Turkey”. *Food Chemistry*. 95 : 200-204.

Tlili, M.L. (2015). Contribution à la caractérisation physico-chimique et biologique des extraits de *Pergularia tomentosa* issue de quatre sites sahariens différents (Sahara septentrional) ». Mémoire de magister en biologie biochimie et analyse de bioproduits. Université Kasdi Merbah – Ouargla. 27.82 p

Thomas, L. (2013).” Haemolysis as influence and interference factor”. *eJIFCC* . 13:4.

Touhami, L., Assia, D. (2012). Evaluation de l’activité antioxydante des polyphénols extraits de deux variétés de *Solanum melongena* L. de la région d’El-Oued par voltampérométrie cyclique et ondes carrées. Mémoire de Master académique. Université d’el-Oued. 23p

V

Venkata, N., Ramech, T., Sudhakar, P., Sandeep, B., Divakar, T. (2016). "Evaluation of Anti hemolytic activity, antibacterial activity and phytochemical investigation of *Acalypha indica* methanolic leaf extract". 18p.

Visioli, F., Borsani, L., Galli, C. (2000). "Diet and prevention of coronary heart disease :the potential role of Phytochemicals". Cardiovascular Research, 47 :419 - 425.

Vijayarajan, M., Rajasekara Pandian, M. (2016). " Antioxidants and free radical scavenging activity of Moringa concanensis root bark extracts". International Journal of Zoology and Applied Biosciences. 1(1) : 46-56.

Vollhardt, S. (2004). « Traité de chimie organique ». 4e Ed De Boeck, pp 1125-1126.

Vonimihaingo, R., Manana. (2014). « Etude des pratiques et croyances alimentaires pour comprendre la malnutrition à Madagascar. Intérêt de l'introduction de feuilles de Moringa oleifera ». Thèse de doctorat sciences de l'alimentation Université de Bourgogne. 29p

W

Wink, M. (2003). "Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective". Phytochemistry. 64:3-19.

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

Wollgast, J., Anklam, E. (2000). "Review on polyphenols in Theobroma cacao: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification". Food Research International. 33: 423-447.

Y

Yang, R.Y., Chang, L.C., Hsu, J.C., Weng, B.B., Palada, M.C., Chadha, M., Levasseur, V. (2002). Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des feuilles de Moringa; Du Germoplasme, à la Plante, à l'aliment et à la santé.

Z

Zandecki, M. (2006). « Métabolisme du fer chez l'homme ». Faculté de Médecine – CHU

49000 Angers France. Hématologie biologique. France. 10p

Zhiri, A. (2006). « Les huiles essentielles: un pouvoir antimicrobien avéré ». Natural News. Science, Nutrition, Prévention et Santé, Edité par la Fondation pour le libre choix.12, 8p

