

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Alimentaires
Option : Industrie laitière



Réf:.....

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

MASTER

Thème

***Propriétés fonctionnelles de poudre de feuilles
de Moringa oleifera***

Présenté par :

OUAZINE Sakina & BELALA Hanane

Soutenu le : **22 Juin 2017**

Devant le jury composé de :

M^{me}: **HASSISSENE.N**

M^{me}: **AOUDIA.H**

M^r: **ZAIDI.F**

M^{me}: **BOUDJOU .S**

M^{elle}: **BENHAMOUCHE .T**

MCA

MCB

Professeur

MAB

Doctorante

Promotrice

Copromotrice

Président

Examinatrice

Invité

Année universitaire : 2016 / 2017

Remerciements

*Tout d'abord, nous tenons à remercier le «**BON DIEU**» le tout puissant de nous avoir accordé patience, courage et volonté afin de réaliser mener à terme ce modeste travail.*

*Nous avons l'honneur et le plaisir d'exprimer notre
profonde*

*Gratitude à **M^{me} Hassissene** notre promotrice pour avoir accepté de nous encadrer, pour ses remarques, ses conseils et ses Orientations.*

Les membres de jury d'avoir accepté d'évaluer et d'examiner ce travail.

*Tout le personnel du laboratoire pour leur aide, leurs conseils et leur gentillesse surtout **M^r Zaidi . F, Tassadit ,sarah et Soussou** qui nous ont vraiment aidés durant la période du stage et nous ont entouré de leur générosité et sympathie.*

Sakina et Hanane

DÉDICACES

Au nom d'ALLAH le tout miséricordieux, le très miséricordieux " Gloire à toi nous n'avons de savoir que ce que tu nous as appris, certes c'est toi l'omniscient, le sage " saint Coran. Sourate 2 - Verset 32.

A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour

A ceux qui m'ont encouragée et soutenue dans les moments les plus difficiles

A vous mes chers parents Le plus beau cadeau que Dieu puisse faire à un enfant, pour leur amour et leur support continu.

Que ce travail soit le témoignage sincère et affectueux de ma profonde reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi.

A mes chers grands pères et grands mères.

A mes chères frères RAFIK et BABIK.

*A mes chères Sœurs SABO , son époux AZZIZ et
YOUSRA*

A mon mari ADEL et sa famille

A tout mes amies

A tous mes cousins et cousines

J'adresse aussi mes dédicaces à mes amies avec qui j'ai passé des moments agréables, en particulier à: Madouche, Kahou, Sarah, Nacira, Zizo, Koka, Lydia et Yamina.

A mon binôme, Hanane et à toute sa famille.

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

SAKOU

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail :

*Aux deux êtres qui me sont les plus chers au monde
mon père et ma mère à qui je dois le mérite d'être
arrivée là, qu'ils trouvent ici l'expression de ma
profonde gratitude et mon affection.*

A mes très chers frères :

Rida et son épouse kahina,

wahibe et Mohamede

A ma chère sœur : Sihame

A tous mes cousins et cousines

A tous mes oncles et tantes chacun son nom

A tous mes amies

A mon binôme Sakou et à toute sa famille

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

HANANE

Liste des figures**Liste des tableaux****Liste des abréviations**

Introduction	1
--------------------	---

Synthèse bibliographique**Chapitre I .Les Propriétés fonctionnelles**

I.1. Définition.....	3
I.2. Classification des propriétés fonctionnelles.....	3
I.2.1.La capacité de rétention d'eau.....	3
I.2.2. La capacité de rétention d'huile.....	4
I.2.3.Solubilité des protéines.....	4
I.2.4.Pouvoir gélifiant.....	5
I.2.5.Pouvoir émulsifiant.....	5
I.2.2.6. Pouvoir moussant.....	6

Chapitre II : *Moringa oleifera*

II. Données générales sur <i>Moringa oleifera</i>	7
II.1. Origine et distribution de <i>Moringa oleifera</i>	7
II.2. Description de <i>Moringa oleifera</i>	7
II.3. Le système racinaire.....	8
II.4. Systématique et nomenclature.....	8
II.5.Propagation et croissance.....	9
II.6. Ecologie de <i>Moringa oleifera</i>	9
II.7. Composition chimique et valeurs nutritionnelles des feuilles de <i>Moringa Oleifera</i>	10
II.8. Utilisation de <i>Moringa oleifera</i>	12
II.8.1. Alimentation.....	12
II.8.1.1. Humaine.....	12

II.8.1.2. Animale.....	13
II.8.2. Domaine médical et pharmacologique.....	13
II.8.3. Propriétés antidiabétiques.....	14
II.8.4. Industrie.....	15
II.8.5. Purification d'eau.....	15
II.9. Caractéristiques de <i>Moringa oleifera</i>	16

Partie expérimentale

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1. Matériel végétal	17
III.1.1. Origine et provenance de l'échantillon.....	17
III.1.2. Préparation de l'échantillon.....	17
III.3. Les Propriétés fonctionnelles.....	20
III.3.1. Densité apparente (DA).....	20
III.3.2. Granulométrie.....	20
III.3.3. Potentiel d'hydrogène.....	21
III.3.4. Coefficient d'hydratation.....	22
III.3.5. Capacité de rétention d'eau et d'huile.....	22
III.3.6. Teneur en protéines soluble.....	23
III.3.7. Capacité de gélification.....	25
III.3.8. Capacité émulsifiante (CÉ).....	25
III.4. Analyse statistique.....	26

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Résultats.....	27
IV.1.1 Densité apparente.....	27
VI.1.2 Granulométrie.....	27

IV.1.3 Potentiel d'hydrogène.....	28
IV.1.4. Coefficient d'hydratation.....	29
IV.1.5. Capacité de rétention d'eau.....	29
IV.1.6. Capacité de rétention de l'huile.....	30
IV.1.7. Teneur en protéines solubles.....	31
IV.1.8. Capacité gélifiante.....	32
IV.1.9. Capacité émulsifiante.....	33
IV.2.Discussion	35
Conclusion et Perspectives	37

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

CÉ : Capacité émulsifiante.

CG : Capacité de gélification.

CH : Coefficient d'hydratation.

CRE : Capacité de rétention d'eau.

CRH : Capacité de rétention d'huile.

DA : Densité apparente.

F : Farine.

GR : Granulométrie.

IFN : Institut Français pour la Nutrition.

MO: *Moringa oleifera*.

ONG: Organisation non gouvernementale.

PH : Potentiel d'hydrogène.

S : Semoule.

Liste des figures

Figure 01 : Arbre de *Moringa oleifera*7

Figure 02 : Quelques parties de la plante *Moringa oleifera* (a) Feuilles (b) Fleurs (c) Gousses et graines8

Figure 03 : Poudre de feuilles de *Moringa* ajoutée à un plat.....13

Figure 04 : Mécanisme de glucose élevé conduisant l'effet de *Moringa* sur la progression du diabète.....15

Figure 05 : Feuilles de *Moringa oleifera* fraîches(a) et Sèches(b).....17

Figure 06 : La poudre de feuille de *Moringa oleifera*.....18

Figure 07: Matières premières utilisées pour la préparation des mélanges..... 18

Figure 08 : Montre la formation d'émulsion.....26

Figure09 : Densité apparente.....27

Figure10 : Répartition granulométrique.....28

Figure11: Potentiel d'hydrogène28

Figure12 : Coefficient d'hydratation.....29

Figure13 : Capacité de rétention d'eau des mélanges préparés.....30

Figure14 : Capacité de rétention de l'huile.....31

Figure15 : Teneur en protéines solubles.....32

Figure16 : capacité émulsifiante.....33

Liste des tableaux

Tableau I : Systématique du *Moringa oleifera*.....8

Tableau II : Principales exigences écologiques de *Moringa oleifera*.....10

Tableau III : Composition moyenne des feuilles de *Moringa oleifera*.....11

Tableau IV: Utilisations des différents organes de Moringa.....12

Tableau V : Importance médicinale des différentes parties de *Moringa oleifera*.....14

Tableau VI: les différentes poudres étudiées.....19

Tableau VII : Analyse de la variance de capacité de rétention de l'huile.....30

Tableau XIII : Analyse de la variance de teneur en protéines solubles.....31

Tableau IX: La CMG des différentes poudres enrichies avec *Moringa oleifera*.....33

Introduction

De nos jours, la transformation des aliments inclut à la fois des techniques traditionnelles, industrielles et modernes. Presque tous les aspects de la transformation des aliments sont en rapport avec la nutrition. Cependant, les demandes des consommateurs continuent de changer à l'égard de ces exigences, vont des considérations de base telle que l'amélioration de la sécurité sanitaire des aliments et la durée de conservation ayant des caractéristiques particulières en termes de valeur nutritionnelle (**Iqbal et Bhanger 2006**).

Aujourd'hui, l'innovation dans la technologie alimentaire joue un rôle crucial dans la traduction de l'information nutritionnelle en produits de consommation pour fournir de nouveaux ingrédients alimentaires et des ingrédients nutritifs ou fonctionnels spécifiques (**Hsieh et Ofori 2007**). Dans le domaine de la transformation des aliments, les fabricants d'aliments ajoutent de la valeur à leur produits répondant à la demande actuelle des consommateurs de produits alimentaires plus sains (**Hsieh et Ofori 2007**).

L'enrichissement des aliments en micronutriments est une technologie intéressante pour réduire la malnutrition, dans le cadre d'une approche nutritionnelle lorsque les faibles ressources en denrées alimentaires et leur manque d'accessibilité ne permettent pas d'assurer des apports alimentaires suffisants. Dans de tels cas, l'enrichissement des aliments renforce et appuie les programmes d'amélioration nutritionnelle et doit être envisagé comme élément à part entière d'une approche intégrée de plus grande ampleur visant à prévenir la malnutrition par carence en micronutriments, en complément d'autres approches (**Khalafalla et al. 2010**).

Moringa Oleifera Lam. (Moringaceae), originaire du sous-continent indien, appartient à l'une des 14 espèces de la famille Moringaceae (**Iqbal et Bhanger 2006**). Elle s'est adaptée à un large éventail de conditions environnementales. Dans L'Inde, elle est cultivée à grande échelle dans les pépinières et les vergers. Toutes les parties de la plante (feuilles, graines, fleurs, gousses (fruits), l'écorce et les racines) sont consommées par les humains et incorporées tout au long du siècle dans diverses préparations culinaires (**Iqbal et Bhanger 2006**). La valeur nutritionnelle, les propriétés médicinales prétendues et les fins industrielles (**Khalafalla et al. 2010**).

Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'un programme de recherche visant la valorisation des produits de *Moringa oleifera* et une exploitation raisonnée de ses propriétés. Nous nous sommes intéressés à l'évaluation des propriétés fonctionnelles de poudres de feuilles, utilisées seules ou associées à d'autres matrices alimentaires.

Chapitre I .Les Propriétés fonctionnelles

I.1. Définition

Les propriétés fonctionnelles sont définies comme étant l'ensemble des propriétés physicochimiques internes d'un ingrédient qui auront incidence sur le comportement de celui-ci dans les systèmes alimentaires lors de la production, l'entreposage et la consommation (**Farooq et Boye 2011**). Les composants biochimiques, tels que les protéines, l'amidon et les fibres alimentaires, jouent un rôle essentiel dans la détermination des propriétés techno-fonctionnelles d'une matrice alimentaire.

I.2. Classification des propriétés fonctionnelles

Selon les interactions mises en jeu, l'institut français pour la nutrition (1997) a classé les propriétés techno-fonctionnelles des matrices alimentaires en trois groupes:

- Les propriétés d'hydratation, comme la solubilité et la rétention d'eau, dépendent des interactions des composantes biochimiques avec l'eau ;
- Les propriétés de surface qui sont les interactions protéines-lipides et protéines-air, en particulier les pouvoirs moussants et émulsifiants ;
- Les propriétés de texturation, comme la gélification, dépendent notamment des interactions protéines-protéines et protéines-amidon.

Les propriétés techno-fonctionnelles les plus importantes des poudres et fractions des légumineuses sont la rétention d'eau, la rétention d'huile, la solubilité des protéines, les propriétés moussantes, les propriétés émulsifiantes et le pouvoir gélifiant. Ces propriétés déterminent la qualité organoleptique et nutritionnelle des produits alimentaires (**Boye et al. 2010**).

I.2.1.La capacité de rétention d'eau

La capacité ou le pouvoir de rétention d'eau (CRE) est le test le plus utilisé pour l'évaluation des propriétés d'hydratation des farines (**Kiosseoglou et Paraskevopoulou 2011**).

La CRE est l'un des critères qui déterminent la qualité sensorielle, en particulier, la texture des produits alimentaires (**Selmane, 2010**). Les matrices alimentaires qui ont une CRE élevée gardent leur friabilité durant l'entreposage (**Boye et al., 2010**).

De façon générale, Le mécanisme consiste en la fixation des molécules d'eau par les groupements hydrophiles des biopolymères (protéines, fibres et amidon). Elle est très dépendante de la composition (nature et teneur en protéines, fibres et amidon, **(Singh, 2011 ; Tiwari et Cummins, 2011 ; Vioque et al., 2012)**, traitements technologiques appliqués (torréfaction, germination, **(Ma et al., 2011 ; Benítez et al., 2013)**, mode de préparation **(Boye et al., 2010a)**, conditions physicochimiques (pH, force ionique et température, **(Sridaran et al., 2012)**, et granulométrie **(Wang et Toews, 2011)**).

I.2.2. La capacité de rétention d'huile

La capacité de rétention d'huile (CRH) est la quantité d'huile ou de graisse retenue par un gramme de matière **(Chau et Cheung, 1998 ; Kiosseoglou et Paraskevopoulou, 2011)**. La rétention de graisse donne aux produits alimentaires la palatabilité et la friabilité **(Elkhalifa et Bernhardt, 2010)** et minimise la perte de matière grasse lors de la cuisson **(Tosh et Yada, 2010)**. Sur le plan physiologique, la rétention d'huile se traduit par l'absorption des sels biliaires et leur excrétion, ce qui réduit le cholestérol **(Tosh et Yada, 2010)**. Le mécanisme implique l'adsorption de l'huile sur les groupements apolaires des fibres alimentaires, d'amidon et des acides aminés des chaînes protéiques **(Benítez et al., 2013)**. Il est suggéré que la rétention d'huile est due, en premier lieu, aux fibres alimentaires, puis aux protéines et en dernier lieu à l'amidon **(Vioque et al., 2012)**. Egalement, La CRH est liée à la composition biochimique (nature et teneur en protéine, fibres et amidon, **(Tiwari et Cummins, 2011 ; Wang et Toews, 2011 ; Vioque et al., 2012)**, mode de préparation **(Boye et al., 2010a)**, les conditions physicochimiques du milieu (pH, force ionique et température, **(Ma et al., 2011)** et la granulométrie **(Wang et Toews, 2011)**).

I.2.3. Solubilité des protéines

La solubilité de la protéine est la quantité de protéine dissoute dans un solvant. C'est la propriété la plus importante sur le plan techno-fonctionnel, par ce qu'elle influence les autres propriétés, telles que les propriétés émulsifiantes, moussantes et gélifiantes. L'étude de la solubilité des protéines **(Sreerama et al., 2012)**, permet de prévoir leur comportement dans une formulation alimentaire au cours du processus de transformation **(Sreerama et al., 2012)**. La solubilité des protéines dépend de la polarité des acides aminés qui déterminent le comportement du complexe protéine-protéine et protéine-solvant **(Kiosseoglou et Paraskevopoulou 2011)**. La variation du pH du milieu produit une modification de l'ionisation des divers groupes acido-basiques à la surface des protéines, ce qui affecte sa

charge nette (**Pana, 2012**). Lorsque le pH du milieu est proche au point isoélectrique de la protéine, la charge globale de la protéine diminue, par conséquent les interactions ioniques (protéine-solvant) et électrostatiques (protéine-protéine) diminuent, il en résulte une agrégation de molécules protéiques, ce qui se traduit par une insolubilité (**Kiosseoglou et Paraskevopoulou 2011**). En s'éloignant du pH isoélectrique (PHi), des charges sont induites et les interactions protéines-solvant sont alors favorisées, rendant la protéine soluble (**Pana, 2012**).

I.2.4. Pouvoir gélifiant

Le gel est défini comme un solide mou plus ou moins déformable avant rupture dont les macromolécules des polymères sont reliées entre elles pour former un réseau tridimensionnel, occupant l'ensemble du volume considéré et présentant un maillage assez lâche rempli de solvant (**Michon 2010**). Cette capacité de former un gel est une propriété fonctionnelle importante dans certaines formulations alimentaires, tels que les gelées et les puddings (**Farooq et Boye 2011**). Le pouvoir gélifiant est généralement évalué par la concentration minimale gélifiante (CMG) qui peut être définie comme la plus faible concentration nécessaire pour la formation d'un gel ferme (résistant à l'écoulement). Une concentration minimale gélifiante basse indique un bon pouvoir gélifiant (**Kiosseoglour et Paraskevopoulou 2011**). La gélification est influencée non seulement par la concentration des protéines et de l'amidon, mais aussi par la nature des protéines, de l'amidon et de la présence de composés non protéiques, les fibres (**Farooq et Boye, 2011**).

I.2.5. Pouvoir émulsifiant

Les propriétés émulsifiantes des farines sont attribuées, en grande partie, aux protéines (**Farooq et Boye, 2011**). Les propriétés émulsifiantes sont généralement décrites par deux indices. Le premier est la capacité ou l'activité émulsifiante, qui reflète l'aptitude de la protéine à former des émulsions. Le second est la stabilité émulsifiante qui reflète la résistance de l'émulsion formée au stress (**Liu et al., 2008**).

La formation d'émulsions est favorisée par l'adsorption de protéines, qui étant de nature amphiphile, se comportent comme de véritables agents tensioactifs (**Zhai et al., 2013**), par l'abaissement de la tension interfaciale, la formation d'un film interfacial entourant les gouttelettes dispersées, et la stabilisation de l'émulsion par répulsions électrostatiques et empêchements stériques (**IFN, 1997 ; Kiosseoglou et Paraskevopoulou, 2011**). Pour avoir

un pouvoir émulsifiant dans des conditions données (pH, force ionique, température), les protéines doivent avoir une bonne solubilisation à ces mêmes conditions (**IFN, 1997**).

I.2.2.6. Pouvoir moussant

Par définition, une mousse est une dispersion homogène de bulles de gaz dans une phase continue aqueuse et grasse (**Schorsch 2007**). L'aération des produits alimentaires, génère des propriétés sensorielles particulières, en matière de texture et de légèreté du produit. Les protéines stabilisent les mousses de la même manière que les émulsions (**Farooq et Boye 2011**). Les propriétés moussantes sont en général mesurées par l'augmentation du volume initial suite à l'incorporation de l'air (capacité ou pouvoir moussant), puis par l'effondrement de la mousse au cours du temps (stabilité moussante) (**Farooq et Boye 2011 ; Kiosseoglou et Paraskevopoulou 2011**).

Chapitre II : Moringa oleifera

II. Données générales sur *Moringa oleifera*

II.1. Origine et distribution de *Moringa oleifera*

Moringa oleifera, arbre originaire d'Inde, aujourd'hui très largement répandu à travers le monde, est par ailleurs cultivé dans toutes les régions tropicales, notamment en Afrique où cette espèce suscite plus d'intérêts auprès des ONG, des scientifiques et même des entrepreneurs (**Olson et Carlquist 2001; De Saint Sauveur et Broin 2006**). Moringa peut se trouver dans des zones très arides comme le Sahara, mais il préfère les climats semi-tropicaux humides. Cet arbuste est retrouvé autour de la Mer rouge, de la Mer Morte au Kenya, Namibie, Angola, ainsi qu'en Asie sous-continent indien : Pakistan, Inde et Bangladesh (**Olson, 2001**). 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 (**Foidl et al., 2001**).

II.2. Description de *Moringa oleifera*

Moringa oleifera est un petit arbre (Figure N° 01), parfois même considéré comme un arbuste, mesurant en moyenne entre 4 à 5 mètres ; il peut atteindre 20 mètres et son diamètre jusqu'à 3 mètres, selon l'environnement. L'arbre croît rapidement et peut se régénérer lorsqu'il subit une coupure très sévère (**Delpha 2011**).



Figure N° 01 : Arbre de *Moringa oleifera* (De Saint Sauveur et Broin 2010).

Ses feuilles (Figure 02-a) sont duveteuses, bi ou tripennées, et se développent principalement dans la partie terminale des branches. Ses fleurs (Figure 02-b) mesurent 2,5 cm de large et se présentent sous forme de panicules axillaires de 10 à 25 cm, elles sont blanches ou couleur crème, avec des points jaunes à la base.

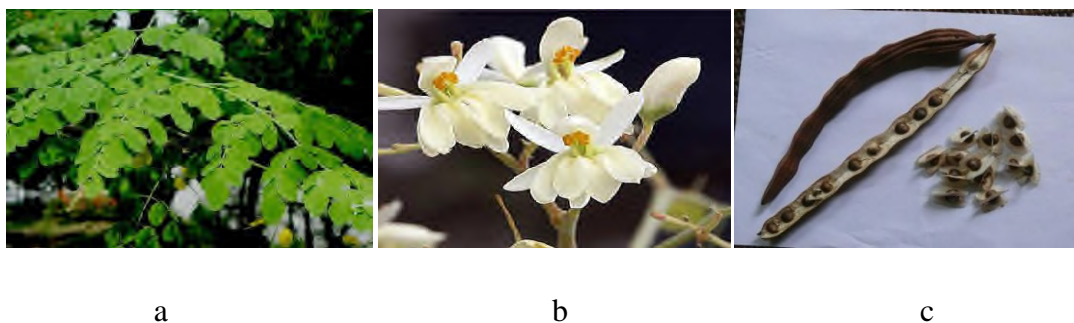


Figure N° 02 : Quelques parties de la plante *Moringa oleifera* .

a- Feuilles (ATAKPAMA *et al.* 2014) b- Fleurs (De Saint Sauveuret Broin 2010)

c- Gousses et graines (ATAKPAMA *et al.* 2014)

Les fruits forment des gousses à trois lobes mesurant 20 à 60 cm de long. Les gousses sèches (figure 02-c) s'ouvrent à trois parties en libérant 12 à 35 graines ; ces dernières sont arrondies, ailées, avec une coque marron semi perméable. Le poids moyen d'une graine est de 0,3 g dont 25% sont représentés par la coque (Makkar et Becker 1996 ; Laleye *et al.*, 2015).

II.3. Le système racinaire

Le système racinaire est de structure tubulaire, il est formé d'un pivot central qui peut s'enfoncer dans le sol jusqu'à 1,30 m de profondeur, ce qui lui vaut sa grande résistance à la sécheresse. Des racines secondaires se ramifient ensuite latéralement à partir de cette dernière jusqu'à constituer une chevelure dense (Foidl *et al.*, 2001).

II.4. Systématique et nomenclature

Moringa appartient à la famille mono-générique des arbustes et arbres des Moringaceae qui comprend 13 espèces avec *Moringa oleifera* (Tableau I) comme espèce la plus connue (Foidl *et al.* 2001 ; Fuglie 2001; Hêdji *et al.* 2014 ; Mahmood *et al.* 2010).

Tableau I : Classification systématique du *Moringa oleifera* (Laleye *et al.* 2015).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Capparales
Famille	Moringaceae

Division	Magnoliopyte
Genre	<i>Moringa</i>
Espèce	<i>oleifera</i>

Moringa porte différents noms selon les régions, dans les pays francophones il est également appelé « Mouroungue », « Moringa ailé », « ben ailé », « benzolive » et « poisquéniqne ». Dans les pays anglophones on le nomme « Radish Tree », « Never die Tree », « Drumstich Tree », « Horseradish tree » (Foidl *et al.* 2001). Aux philippines on l'appelle « le meilleur ami des mères » et « Malunggay » (Beth 2005 ; Price 2007b).

II.5. Propagation et croissance

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

II.6. Ecologie de *Moringa oleifera*

Selon De Saint Sauveur et Broin (2010) *Moringa oleifera* a une grande adaptation à des milieux très diversifiés (Tableau II) (Palada et Chang 2003 ; Melesse *et al.* 2012).

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

Parametres	Optimal	Sources
Climat	Tropical ou subtropical	(Melesse, Steingass et al. 2012)
Température	25-35C°	
Altitude	0-1800 m	
Pluviométrie	250 mm-3000 mm	(Palada et Chang 2003).
Type de sol	Limoneux, sableux ou sablo-limoneux	
PH du sol	Acide à alcalin (PH :5 à 9)	

II.7. Composition chimique et valeurs nutritionnelles des feuilles de *Moringa Oleifera*

Plusieurs travaux ont mis en évidence les qualités nutritionnelles exceptionnelles des feuilles de *Moringa oleifera*, qui sont utilisées dans l'alimentation en raison de leur richesse en protéines, vitamines (A, B, C, E) et sels minéraux (Ca, K, Mg, P, Fer, Zn, Se, Cu, Mn, Na, Cl) (ATAKPAMA *et al.* 2014).

Les minéraux occupent une part importante de la matière sèche des feuilles de *Moringa oleifera* avec des teneurs de 0,6 à 11,42% de MS. La matière grasse contenue dans les feuilles de *Moringa oleifera*, varie de 2,3 à 10% MS. Les feuilles de *Moringa oleifera* sont une excellente source de protéines (Tableau III) dont les teneurs moyennes varient entre 19-35 % MS (Missohou 1980 ; Foidl *et al.* 2001).

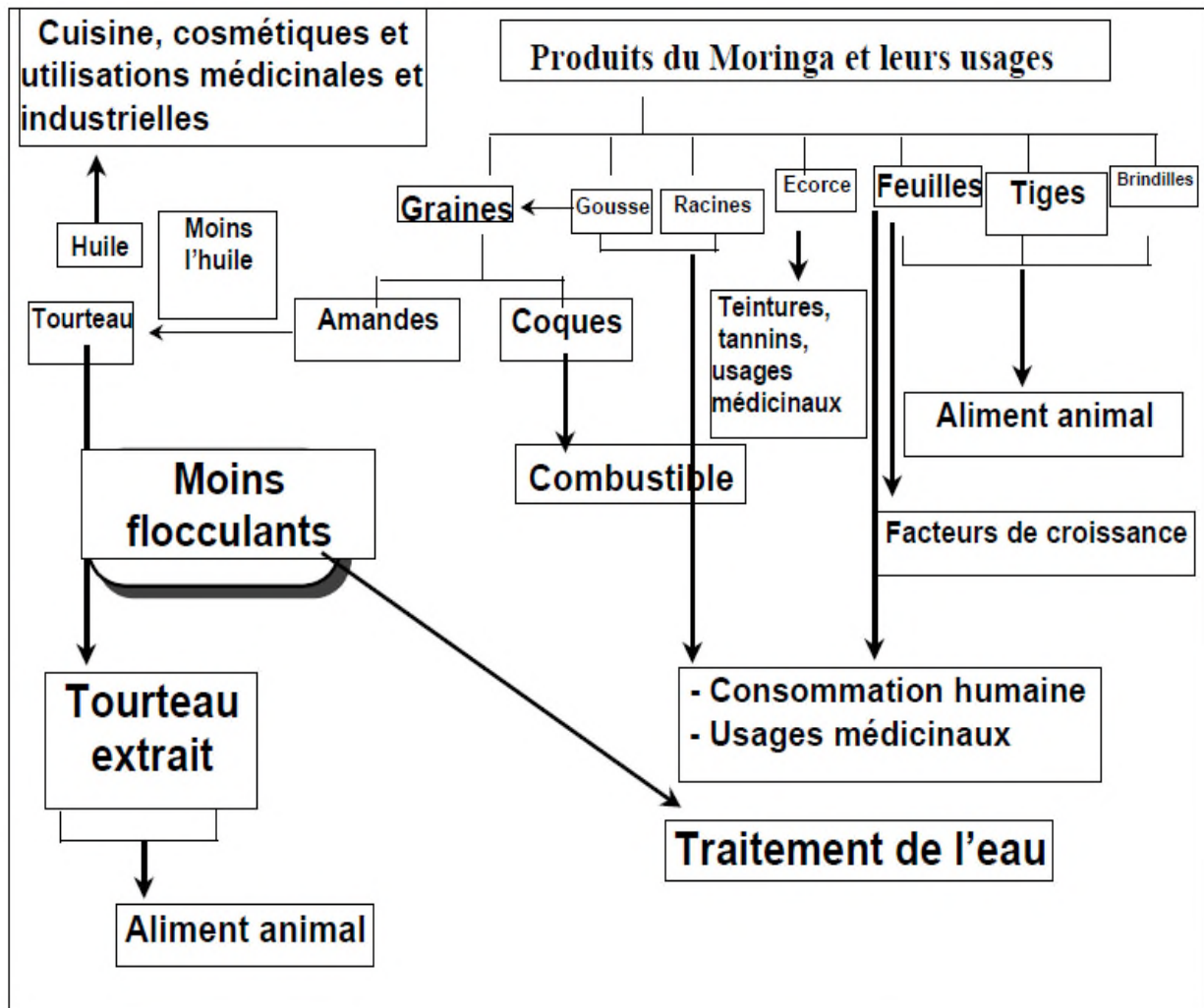
Tableau III : Composition moyenne des feuilles de *Moringa oleifera* (Broin 2005).

Données pou 100grammes de matière sèche			
Composition globale		Acides aminés (mg)	
Calories (Kcal)	300	Arginine	1600
Protéines (g)	25	Histidine	530
Glucides (g)	40	Isoleucine	1140
Lipides (g)	8	leucine	2050
Minéraux (g)	12	Lysine	1200
Fibres (g)	15	Méthionine	370
Teneur en eau %	75	Phénylalanine	1400
		Thréonine	1080
		Tryptophane	580
Minéraux (mg)		Valine	1400
Calcium	2100	Acide aspartique	1670
Cuivre	1	Acide glutamique	2470
Fer	27	Sérine	840
Potassium	1300	Glycine	960
Magnésium	405	Alanine	1260
Phosphore	310	Tyrosine	910
Manganèse	8	Cystéine	360
Soufre	740	Proline	1230
Sélénium	2.6		850
Zinc	2.6	Acides gras	
Molybdène	0.5	C16 :0	530
Sodium	100	C18 :0	70
Vitamines		C18 :1	60
Vitamine A(UI)	14300	C18 :2	170
Vitamine C (mg)	850	C18 :3	1140

II.8. Utilisation de Moringa oleifera

Moringa Oleifera, arbre tropical est passé en une décennie, du statut de plante marginale à celui de nouvelle ressource alimentaire et économique permettant ainsi une utilisation multiple (Tableau IV) de cette plante (Atakpama et al. 2014).

Tableau IV: Utilisations des différents organes de Moringa.



II.8.1. Alimentation

II.8.1.1. Humaine

Les feuilles, les fruits, les jeunes tiges, les racines et les fleurs sont consommables et se consomment partout dans le monde. Les feuilles peuvent se consommer fraîches ou en poudre

(Figure03), (Broin 2005) et même associées aux épices comme le piment,elles peuvent également être préparées en soupe ou en salade.Les jeunes gousses vertes peuvent être consommées bouillies comme des haricots(Foidl *et al.* 2001).



Figure N° 03 : Poudre de feuilles de *Moringa* ajoutée à un plat. Photo (Doris Strong, 2007).

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

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

II.8.1.2.Animale

Moringa oleifera (les feuilles,les gousses ou les jeunes branches) peut être utilisé comme fourrage des bétails (vaches, moutons,chèvres, porc et lapins)

II.8.2.Domaine médicinal et pharmacologique

En plus de ses propriétés nutritionnelles de *Moringa oleifera* possède un intérêt médical (Tableau V)(Anwar *et al.* 2007 ; Georgewill *et al.* 2010 ; Debnath *et al.* 2011 ; ;Saha *et al.* 2012 ; Alhakmani *et al.* 2013 ; Kesharwani *et al.* 2014) .car il peut être utilisé dans le traitement de nombreuses maladies (Goyal *et al.* 2007). Toutes les parties (feuilles,fleurs,fruits écorces et racines) de *Moringa oleifera* ont de vertus médicinales confirmées par des années de recherches et d'études expérimentales dans les différents pays africains,asiatiques et panaméricains (Kooltheat *et al.* 2014).

Tableau V : Importance médicinale des différentes parties de *Moringa oleifera*

Activité pharmacologique	Nature de l'extrait	Composé responsable	Références
Activité Antimicrobienne	- Extrait de feuilles, graines, racines et de l'écorce	- 4-(-L-rhamnopyranosyloxy) benzyl isothiocyanate -4-(-L-rhamnopyranosyloxy) Benzyl glucosinate -Pterygospermine	(Anwar, Latif <i>et al.</i> 2007)
Activité anti-inflammatoire	-Extrait méthanoliques des racines, tiges, feuilles et fleurs -Extrait aqueux des racines. -Extrait éthanolique des graines	-Acétate Aurantianide -1,3-dibenzyl urée	(Alhakmani, Kumar <i>et al.</i> 2013)
Activité anti-tumorale	-Différents extraits des feuilles -Extraits éthanoliques des graines	-Thiocarbamate -Isothiocyanate	(Kesharwani, Prasad <i>et al.</i> 2014)
Activité hepatoprotective	-Extrait éthanoliques des feuilles -Extraits alcoolique des graines	-	(Debnath, Biswas <i>et al.</i> 2011)
Activité antiépileptique	-Extrait méthanolique des feuilles	-	(Saha, Jena <i>et al.</i> 2012)
Activité antioxydante	-Extraits aqueux, méthanoliques et éthanoliques des feuilles et des racines	Kaempferol	(Georgewill, Georgewill <i>et al.</i> 2010)

II.8.3. Propriétés antidiabétiques

Moringa a montré qu'il guérit à la fois le diabète de type 1 et le type 2. Le diabète de type 1 est celui où les patients souffrent de la non-production d'insuline, qui est une hormone qui maintient le taux de glucose sanguin à la valeur normale requise. Le diabète de type 2 est

associé à la résistance à l'insuline. Ce dernier peut également être dû à un dysfonctionnement de la cellule bêta, qui ne parvient pas à détecter les niveaux de glucose, réduisant ainsi la signalisation à l'insuline, ce qui entraîne élévation des taux de glycémie. (Cerf 2013).

Le glucose élevée dans le sang entre dans les mitochondries de cellule bêta et forme des espèces réactifs d'oxygène. Cela provoque alors une apoptose des cellules bêta qui à son tour entraîne une diminution de la sécrétion d'insuline, de l'hyperglycémie et enfin du diabète de type 2. Cependant, l'apoptose cellulaire des cellules bêta peut être évitée par l'utilisation de *Moringa*. Ce dernier a des antioxydants qui se combinent avec les espèces réactifs d'oxygène et empêchent les dommages cellulaires et d'autres conséquences.

(Figure 04) Montre le mécanisme de glucose élevé conduisant au diabète l'effet de *Moringa* sur la progression du diabète. (Kaneto *et al.* 1999 ; Mbikay2012 ; Cerf 2013 ; Al-Malki et El Rabey 2015).

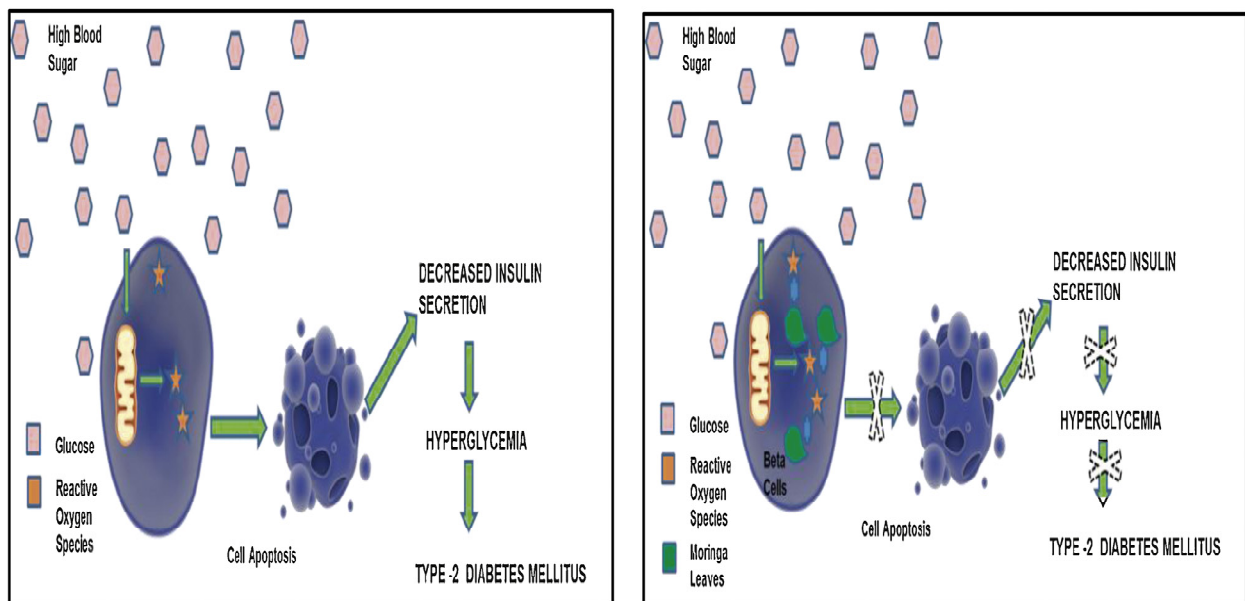


Figure N° 04 : Mécanisme de glucose élevé conduisant l'effet de *Moringa* sur la progression du diabète.

II.8.4. Industrie

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

II.8.5. Purification d'eau

D'après (Beth 2005);(Houndji *et al.* 2013);(Kwaambwa *et al.* 2015; Yusuf *et al.* 2015) , les graines de *Moringa oleifera* sont utilisées pour le traitement des eaux grâce à sa richesse en poly-électrolytes cationiques actifs (Poumaye *et al.* 2012). utilisés comme polypeptides naturels non toxiques qui neutralisent les matières colloïdales et provoquent la sédimentation des particules minérales et organiques (Foidl *et al.* 2001).

II.9. Caractéristiques de *Moringa oleifera*

- *Moringa Oleifera* est l'une des espèces les plus prometteuses en ce qui concerne leur haut pouvoir antioxydant, teneur élevée en micronutriments, photochimie et traitement propriétés.
- Les feuilles de *Moringa Oleifera* sont une bonne source de nutrition et d'exposition anti-tumorale ,activités anti-inflammatoires, anti-ulcères, anti-athérosclérotiques et anticonvulsives (DanMalam *et al.* 2001; Dahiru *et al.* 2006;Chumark *et al.* 2008).
- Les feuilles de *Moringa Oleifera* peut être consommées fraîches, cuites ou stockées sous forme de poudre sèche pendant plusieurs mois, (Fahey 2005;Arabshahi-D, *et al.* 2007).
- Les feuilles fraîches sont cueillies, desséchées, broyées en poudre et ensuite Stockées plus tard comme aromatisant ou additif alimentaire. Les feuilles de *Moringa* contiennent dix fois la teneur en vitamine A des carottes, 17 fois la teneur en calcium du lait, 15 fois la Teneur en potassium des bananes, 25 fois la teneur en fer des épinards, 9 fois la teneur en protéine du yaourt et beaucoup plus de vitamine C que dans les oranges(Manzoor *et al.* 2007).

III. Matériel et méthodes

III.1. Matériel végétal

III.1.1. Origine et provenance de l'échantillon

L'échantillon (Feuilles de *Moringa oleifera* Lamark) utilisés au cours de ce travail provient du Sahara algérien (Wilaya d'OUED - SOUF) ; les feuilles ont été récoltées en Juin 2016.

III.1.2. Préparation de l'échantillon

Les feuilles sont triées, nettoyées puis étalées sur un filet pour sécher.

- **Séchage** : Est effectué à l'air libre, à température ambiante (à l'abri du soleil) et dans un endroit sec et ventilé. (Figure N°05).



a



b

Figure N° 05 : Feuilles de *Moringa oleifera* fraîches(a) et Sèches(b).

- **Broyage** : Les feuilles de *Moringa Oleifera* ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à l'obtention d'une poudre (Figure N° 06) qui a été ensuite tamisée (tamis électrique (Retch-AS 200)) pour obtenir une poudre dont la taille des particules est inférieure à 0,5 mm. La poudre est conservée dans des bocaux en verre, à l'abri de la lumière pour éviter toute détérioration jusqu'à utilisation.

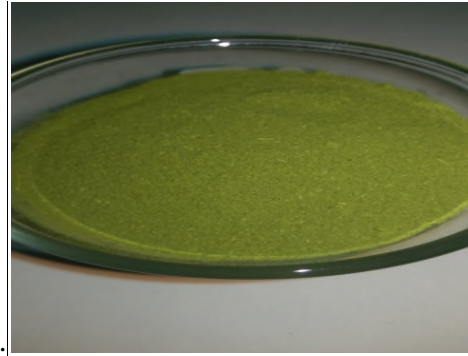
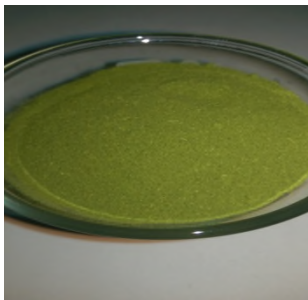


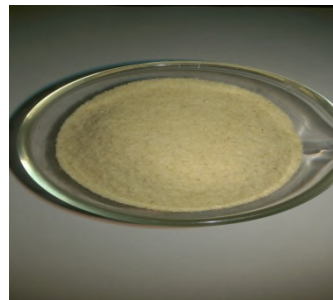
Figure N° 06 : La poudre de feuille de *Moringa oleifera*

La semoule/farine: Nous avons utilisé dans notre étude la semoule et la farine du commerce emballée dans des sacs de 10Kg et 05Kg respectivement et conservées à température ambiante dans un endroit sec. L'ensemble des essais ont été réalisés avec le même lot de semoule et de farine.

Témoins



Moringa oleifera (MO)



Semoule (S)











Farine (F)

FigureN°07: Matières premières utilisées pour la préparation des mélanges.

Le dispositif expérimental suivi dans notre étude est illustré par le tableau suivant :

Tableau VI: les différentes poudres étudiées

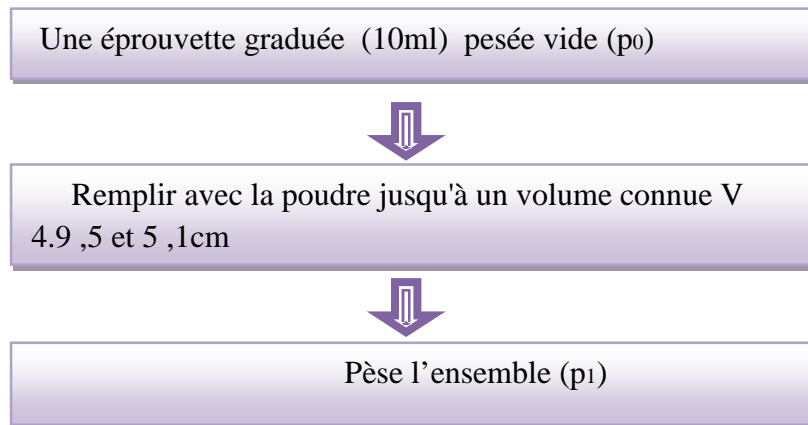
Farine Semoule	Poudre de feuille de <i>Moringa oleifera</i>			
	0%	5%	10%	15%
Farine				
Semoule				

III.3. Les Propriétés fonctionnelles

III.3.1. Densité apparente (DA)

Elle est déterminée selon la méthode décrite par **Chau et Huang (2003)**.

- **Mode opératoire**



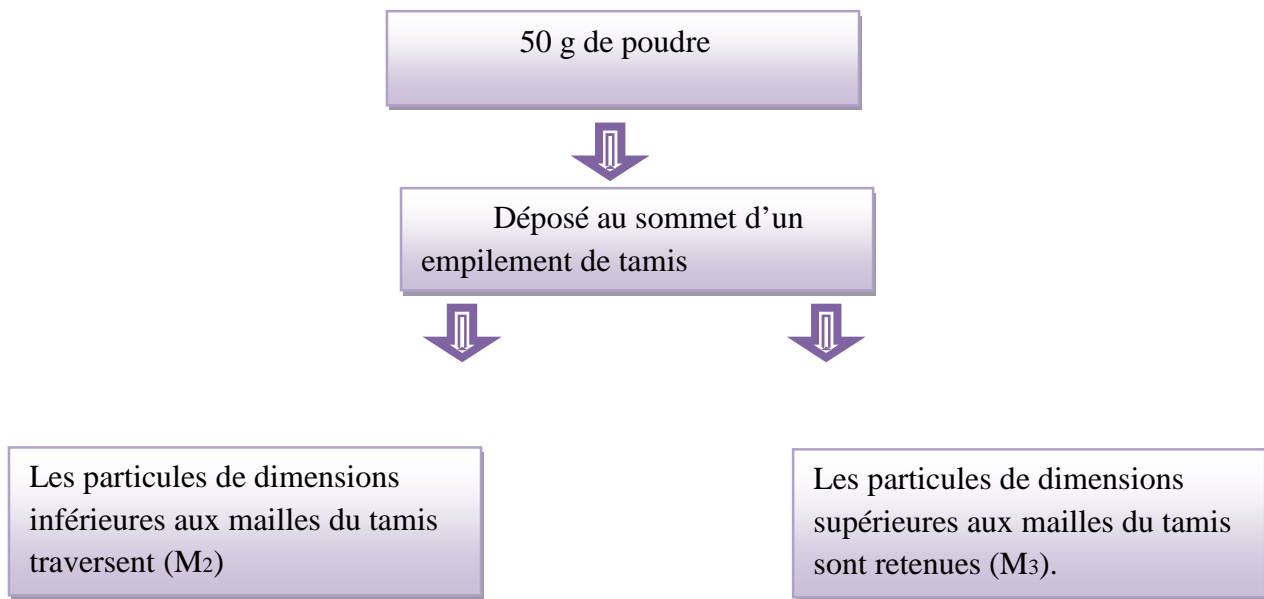
La DA est calculée selon l'équation suivante

$$DA \text{ (g/ml)} = (P1 - P0) / V$$

III.3.2. Granulométrie

La répartition granulométrique des poudres est déterminée par tamisage selon la méthode de **Melcion (2000)**.

Cette méthode consiste à déposer une quantité de poudre (50g) au sommet d'un empilement de tamis de dimension des mailles décroissante à laquelle on applique un mouvement mécanique vibratoire (50Hz) pendant 20min. Des tamis de mailles de 45, 53 et 500 µm sont utilisés.

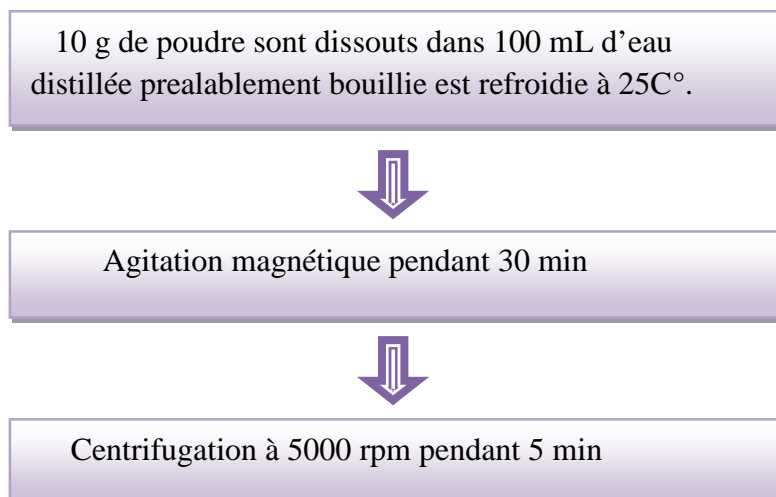


Ces fractions et celles ayant traversées les mailles de chaque tamis (M_2) sont pesées en vue de la détermination de la répartition granulométrique. Pour chaque échantillon et en fonction du tamis, elle est exprimée comme suit :

$$\text{Gr \%} = \frac{M_2 \text{ ou } M_3}{M_1} * 100$$

III.3.3.Potentiel d'hydrogène

La valeur du PH est déterminée directement par un pH-mètre électronique préalablement étalonné (AOAC, 1998).





Le surnageant est récupéré et le PH est mesure

III.3.4. Coefficient d'hydratation

Il est déterminé selon la méthode rapportée par **Youssef (1978)**. 100g d'échantillon (préalablement pesé avec précision) sont transférés dans une éprouvette graduée renfermant 100ml d'eau distillée.

Le volume de l'échantillon (ml/100g) à été obtenu par soustraction de 100ml du volume total (ml) noté. Le coefficient d'hydratation de nos échantillons représente le pourcentage d'augmentation de leur masse après trempage dans de l'eau distillée, est donné par la formule suivante :

$$\text{Coefficient d'hydratation} = \Delta m / m_0 \%$$

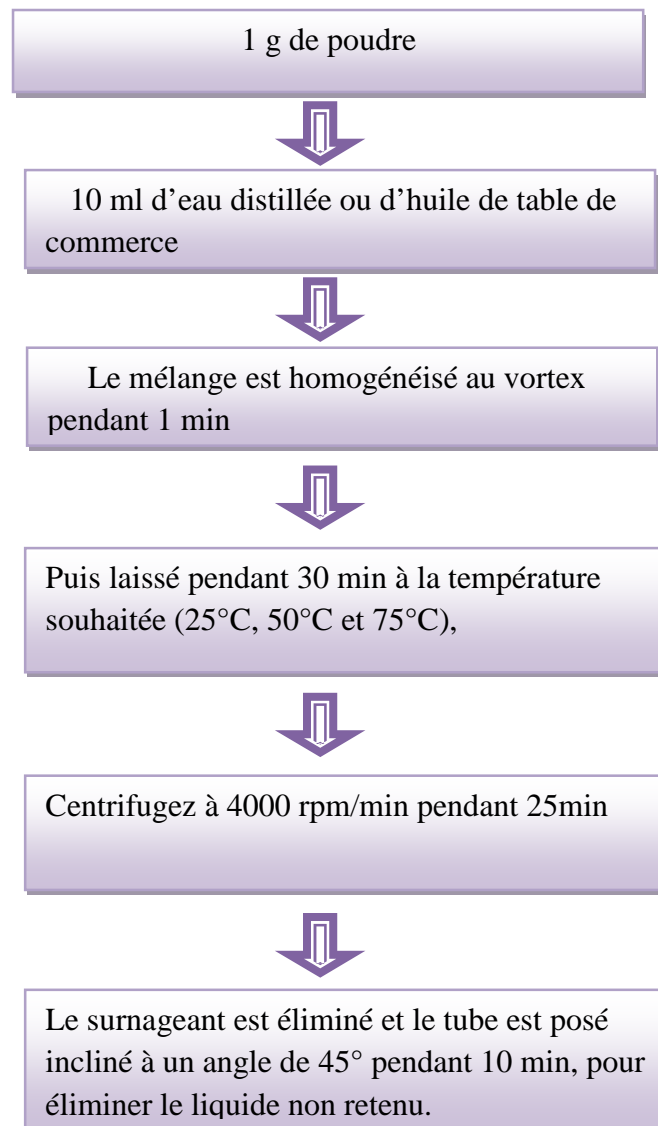
Ou Δm est la différence dans la masse d'échantillon après et avant trempage et m_0 masse initiale.

III.3.5. Capacité de rétention d'eau et d'huile

La capacité de rétention d'eau (CRE) et la capacité de rétention de l'huile (CRH) sont des expressions souvent utilisées pour exprimer l'aptitude d'aliments ou leurs fractions à retenir l'eau et l'huile dans des conditions données. La méthode utilisée est celle d'**Elkhalifa et Bernhardt (2010)**.

Le mécanisme de la CRE consiste en la fixation des molécules d'eau par les groupements hydrophiles des biopolymères (protéines, fibres et amidon). Selon (**Singh 2011, Tiwari et Cummins 2011, Vioque et al. 2012**) la CRE est très dépendante de la composition (nature et teneur en protéines, fibres et amidon).

Le mécanisme de la CRH implique l'adsorption de l'huile sur les groupement apolaires des fibres alimentaires, d'amidon et des acides aminés des chaines protéiques (**Benítez et al. 2013**).



Le poids final du tube est déterminé et la quantité d'eau ou de l'huile retenue est déduite par différence de poids. La CRE et CRH sont exprimées en (g par 100 g de farine) selon la formule suivante.

$$\text{CRE \% ou CRH\%} = \frac{F-I}{Pe} * 100$$

Où :

- F : poids du tube + culot ;
- I : poids du tube + la poudre ;
- Pe : prise d'essai.

III. 3.6. Teneur en protéines soluble

La solubilité des protéines est étudiée sur un intervalle de pH variant de pH 2 à pH 10, selon la méthode de (Chau et Cheung 1998).

L'estimation de la quantité des protéines dissoutes est réalisée selon la méthode de (Bradford 1976).

- **Mode opératoire**

500 mg de poudre sont mélangés avec 20 mL de l'eau distillée



Le pH est ajusté par l'acide chlorhydrique (HCl, 1N) ou par l'hydroxyde de sodium (NaOH, 1N).



Le mélange est soumis à une agitation magnétique pendant 45 min puis centrifugé à 4000 rpm pendant 30 min.



100 μ L d'extrait de protéines



5 mL de réactif de bleu de Coomassie



Incubation pendant 20 min

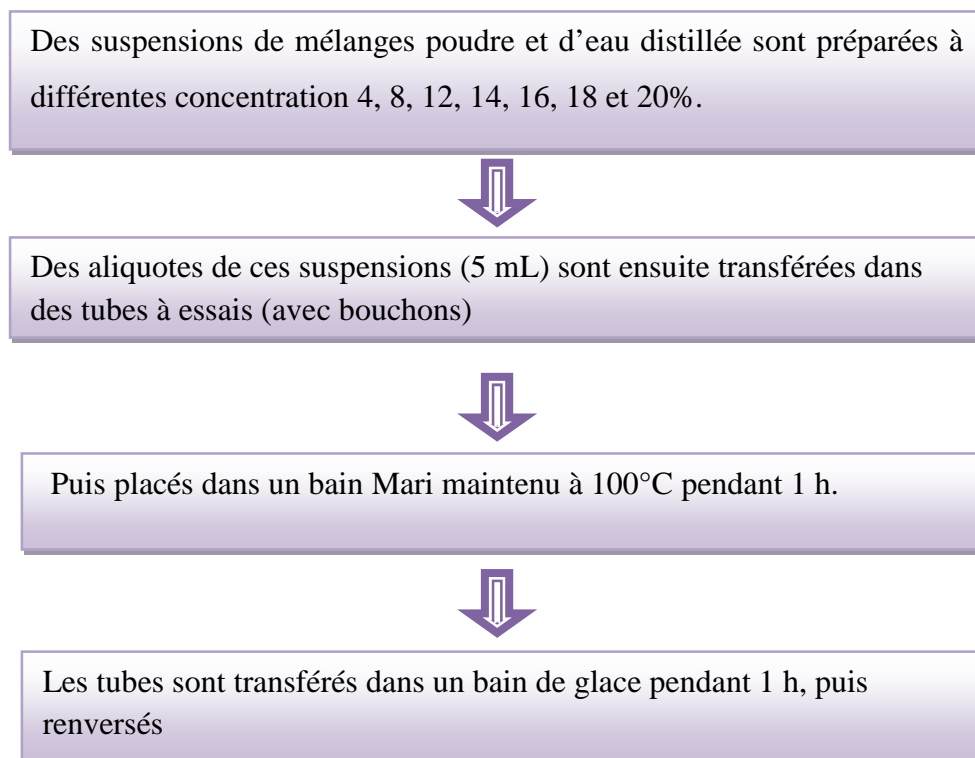


La densité optique du mélange est déterminée à 595 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (Shimadzu, mini-1240, Chine).

Les concentrations sont déterminées par référence à une gamme étalon de BSA, dont la concentration varie de 0 à 0.3 mg/mL, préparée dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons.

III.3.7. Capacité de gélification

La capacité de gélification est donnée par la concentration minimale gélifiante (CMG) des poudres selon la méthode décrite par **Chau et Cheung (1998)**.



La CMG (%) correspond à la plus faible concentration de la suspension qui permet la formation d'un gel ferme (gel qui ne coule pas lorsque le tube est renversé).

III.3.8. Capacité émulsifiante (CÉ)

La formation d'émulsions est favorisée par l'adsorption de protéines, de nature amphiphile, qui se comportent comme de véritables agents tensioactifs (**li Zhai et al. 2013**). Par l'abaissement de la tension inter-facial, la formation d'un film inter-facial entourant les gouttelettes dispersées. La CE à été déterminée selon **Sathe et al (1983)**.

Une suspension de 7% (7 g d'échantillon + 100 mL d'eau distillée) sont mélangés pendant 30 s au vortex) est préparée.



5 mL de cette suspension sont prélevés puis ajoutés à 5 mL d'huile végétale



Le mélange est homogénéisé pendant 5 min au vortex



Puis centrifugé (1200 rpm) pendant 5 min

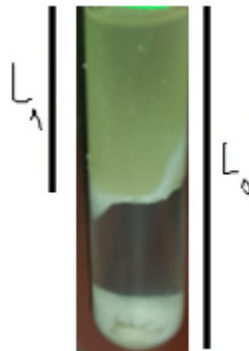


Figure N° 08 : Montre la formation d'émulsion.

Après centrifugation, une couche d'émulsion est formée, la CE est donnée par la formule :

$$\text{CÉ (\%)} = (L_1/L_0) \times 100.$$

L1 : Longueur de l'émulsion ;

L0 : Longueur total.

III.4. Analyse statistique

Les résultats obtenus sont la moyenne de trois répétitions et sont exprimés sous forme de moyenne \pm écart type. L'analyse de variance (ANOVA) est utilisée pour comparer les moyennes. Le test de comparaison LSD (Least Significant Difference) est utilisé pour exprimer la significativité des différences. La corrélation entre quelques variables est aussi établie. Les logiciels Excel et STATISTICA sont les outils statistiques utilisés. La représentation graphique est réalisée à l'aide du logiciel Origine Pro 5.5.

IV. Résultats et discussions

IV.1. Résultats

IV.1.1 Densité apparente

La densité apparente des différents mélanges (figure N° 09) diminue avec le taux d'incorporation de la poudre de feuille de *Moringa oleifera*.

Globalement les mélanges farines-*Moringa oleifera* présentent les densités apparentes les plus faibles : 0.58 à 0.64g/ml contre 0.70 pour la farine seule. La densité des mélanges semoule – *Moringa oleifera* varie entre 0.73 et 0.76g/ml.

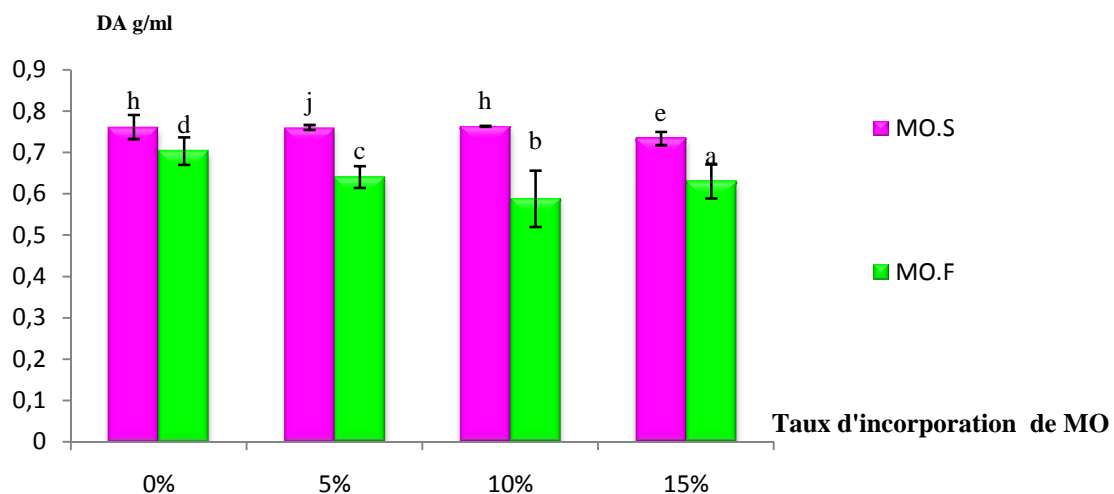


Figure N° 09: Densité apparente de nos échantillons.

VI.1.2 Granulométrie

Les résultats de nos échantillons (figure N° 10).

Le tamisage de nos échantillons a déterminé deux tailles de particules selon leur diamètre : $\emptyset < 45\mu\text{m}$ et $45 < \emptyset < 53\mu\text{m}$. L'analyse granulométrique de nos échantillons montre que 92.76% des mélanges à base de farine ont un diamètre compris entre 45 et 53 μm contre 82.29% pour les mélanges à base de semoule.

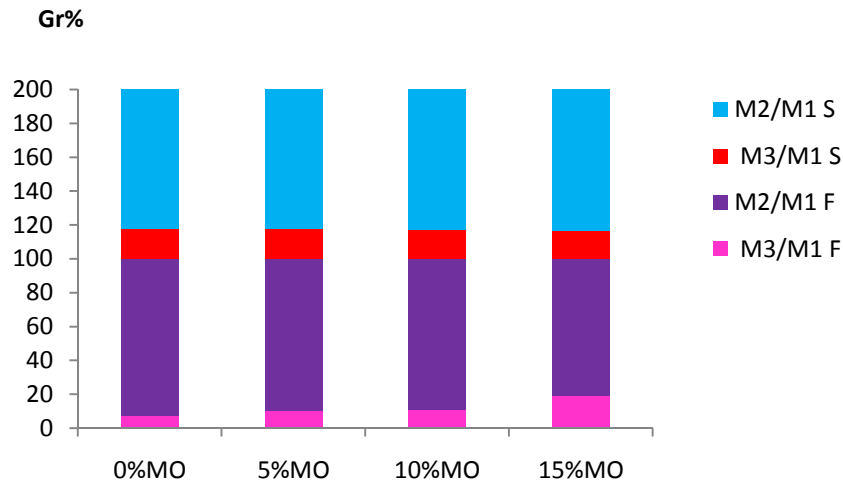


Figure N° 10: Repartition granulometrique des différents mélanges préperés.

IV.1.3 Potentiel d'hydrogène

Les résultats analytiques montrent que le pH de la semoule et de la farine est neutre (pH=7.05 et pH=7.15 respectivement). En augmentant le taux d'incorporation de Moringa, le pH de nos échantillons diminue. Il passe de 7.05 à 5.72 pour les mélanges semoule -MO et varie de 7.15 à 5.82 pour farine -MO, soit une diminution de l'ordre de 18.61% pour la farine et 18.86% pour la semoule (figure 11).

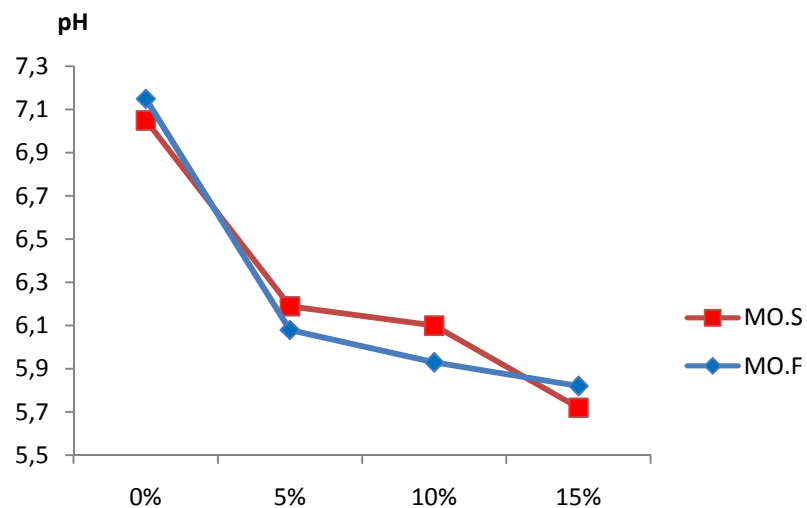


Figure N° 11 : potentiel d'hydrogène

IV.1.4. Coefficient d'hydratation

La figure 12 montre des différences de comportement des mélanges préparés. La capacité d'hydratation des mélanges à base de semoule décrit dans un premier temps une réduction de 98,86% pour 5% MO suivie d'une augmentation progressive avec 10 et 15% de MO.

Pour le mélange à base de farine, la CH augmente avec le taux d'incorporation 5% (98,4 autre 95,2 pour le témoin).

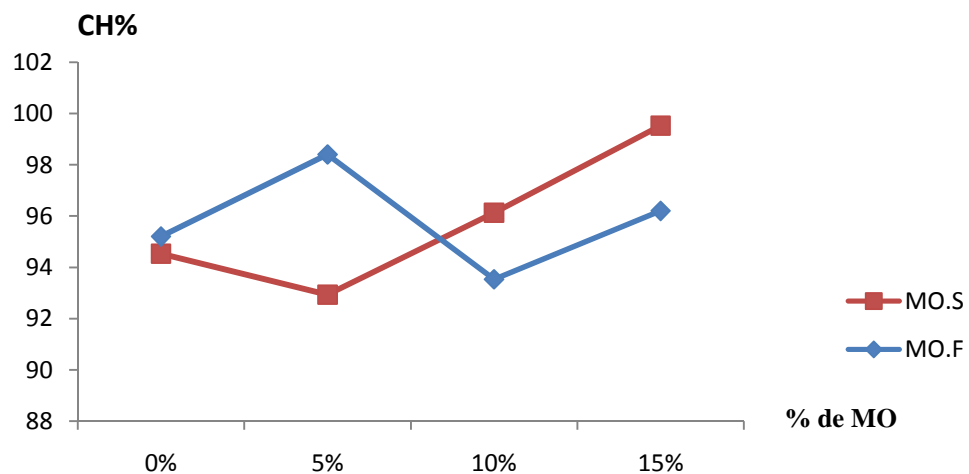


Figure N° 12: Coefficient d'hydratation des différents mélanges préparés.

IV.1.5. Capacité de rétention d'eau

Les données de la figure N°13 montrent des différences significatives ($p < 0,05$) entre tous les échantillons. Nous relevons que l'augmentation de la CRE dépend de l'association considérée. Utilisées seules, semoule et farine affichent une CRE faible et peu sensible à la température. Il est de même pour les mélanges à 5% de Moringa ; Leur CRE demeure faible et augmente sous l'effet de la température.

Quelque soit la température considérée, l'association de 10% de Moringa avec la farine se caractérise par la plus forte valeur de la CRE, suivie de la semoule. Les deux mélanges 10% MF et 10%MS décrivent une première phase d'augmentation de la CRE (passage de 25 à 50°C) suivie d'une baisse lorsque les températures est mélange à 75°C.

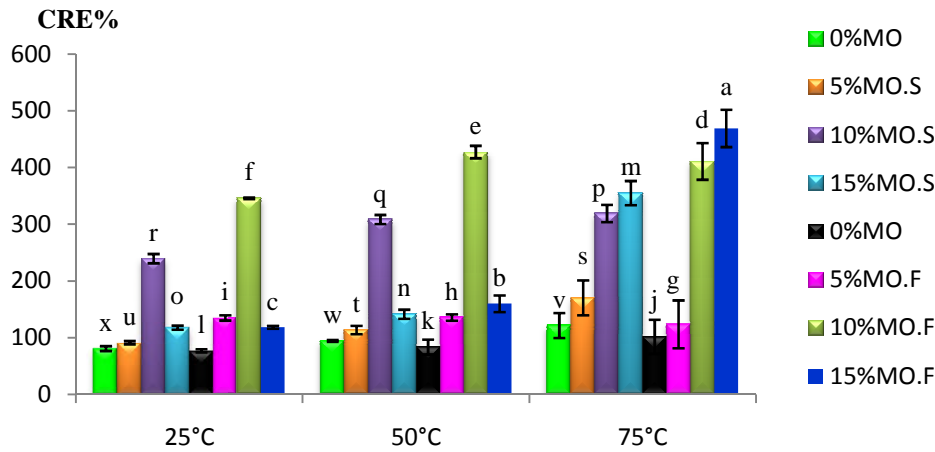


Figure N° 13: Capacité de rétention d'eau des mélanges préparés

IV.1.6. Capacité de rétention de l'huile

Nos résultats expérimentaux (figure N° 14) montrent des différences significatives ($P < 0,05$) entre tous les échantillons. L'analyse de la variance (tableau VII) met en évidence un effet significatif de chacun des facteurs mis en jeu.

Tableau VII : Analyse de la variance de capacité de rétention de l'huile.

Univariate Tests of Significance for C_R_H (adstudy.sta)					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	--	0	--	--	--
ECHANTIL	--	0	--	--	--
TAU_MORI	3626,615	2	1813,307	185,6054	0,000000
T	--	0	--	--	--
ECHANTIL*TAU_MORI	11,790	2	5,895	,6034	,550887
ECHANTIL*T	--	0	--	--	--
TAU_MORI*T	99,512	4	24,878	2,5465	,050755
ECHANTIL*TAU_MORI*T	99,512	4	24,878	2,5465	,050755
Error	488,485	50	9,770		

A 25°C, les mélanges à base de farine voient la CRH augmenter avec le taux d'incorporation de Moringa. La capacité de rétention de l'huile des mélanges à base semoule est plus faible que ceux à base de farine.

A 50°C, seuls trois mélanges (100%F ; 10%MO.F et 15%MO.F) accusent une réduction de la CRH de 56,79 à 72,25 pour amenés un redressement noté à 75°C (88,20 à 100,37).

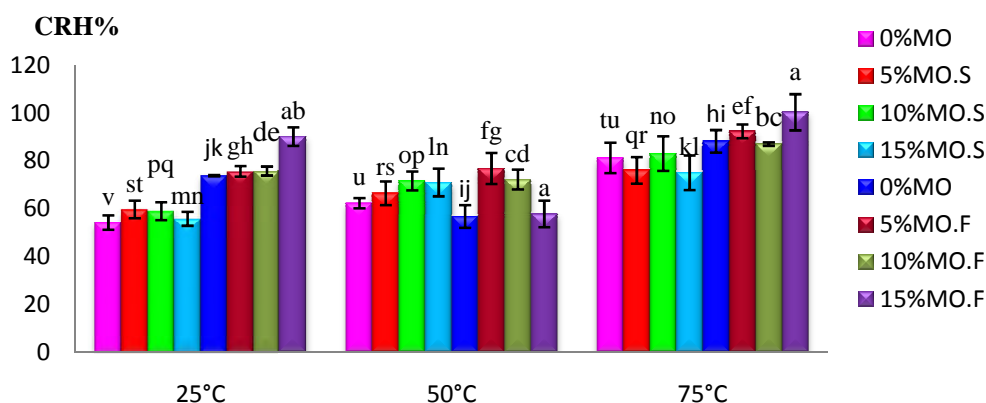


Figure N° 14: Capacité de rétention de l'huile.

IV.1.7. Teneur en protéines solubles

La solubilité des protéines de nos mélanges varie d'un échantillon à un autre. L'analyse de la variance (Tableau XIII) montre un effet hautement significatif ($p < 0.05$) de chacun des trois facteurs mis en jeu (échantillon, taux de Moringa et PH du milieu) ; aucune interaction entre ces trois facteurs n'est relevée.

Tableau XIII: Analyse de la variance de teneur en protéines solubles.

Univariate Tests of Significance for SOLUBILI (adstudy.sta)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1550410,	1	1550410,	527799,0	0,000000
ECHANTIL	31087,	1	31087,	10582,7	0,000000
T_MORING	9330,	3	3110,	1058,7	0,000000
PH	752,	4	188,	64,0	,000000
ECHANTIL*T_MORING	20,	3	7,	2,3	,097195
ECHANTIL*PH	8,	4	2,	,7	,583908
T_MORING*PH	25,	12	2,	,7	,724144
ECHANTIL*T_MORING*PH	25,	12	2,	,7	,724144
Error	118,	40	3,		

A pH2, la solubilité des protéines de nos huit mélanges varie de 0.025 à 0.07, les mélanges à base de semoule affichent de solubilité plus élevées que le mélange à base de farine.

Quelque soit le mélange considéré (semoule ou farine), l'évolution de la solubilité des protéines des mélanges en fonction du pH (figure N° 15) décrit globalement deux phases : une première phase caractérisée par une baisse de la solubilité des protéines et qui englobe une

zone de PH comprise entre 2 et 4. Au delà du pH4, la solubilité augmente significativement ($p < 0.05$) avec l'élévation du pH.

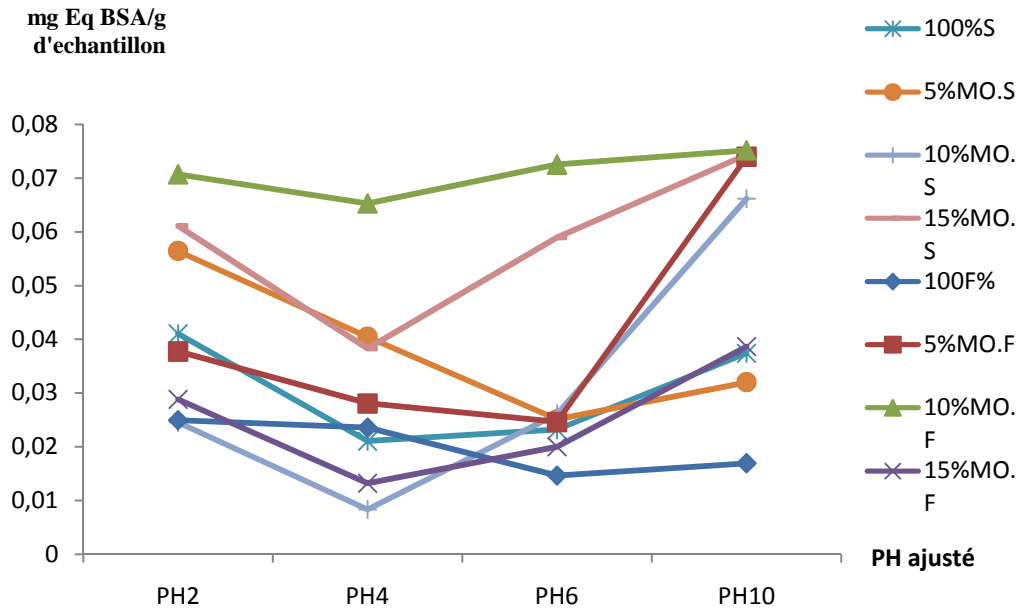


Figure N° 15: Teneur en protéines solubles.

La quantité des protéines solubles par gramme d'échantillon diminue lorsque le PH passe de 2 à 4 mais avec une intensité variable selon le mélange considéré. Au delà du PH2 les teneurs en proteines solubles des mélanges témoins et 5%MO continuent de baisser alors que les deux autres échantillons expérimentaux se caractérisent par une augmentation.

IV.1.8. Capacité gélifiante

Nos résultats (Tableau IX) montrent que la concentration minimale gélifiante diminue avec l'incorporation de Moringa ; elle passe de 16 (semoule) à 12 (15%MO.S) et de 14 (farine) à 8 (15%MO.F).

Dans nos conditions de travail, nous notons que les mélanges à 10% de poudre de MO affichent une reprise de la capacité gélifiante.

Tableau IX: La CMG des différentes poudres enrichies avec *Moringa oleifera*

% de Moringa	CMG	
	Semoule	Farine
0	16	14
5	12	14
10	14	16
15	12	8

IV.1.9. Capacité émulsifiante

La figure N° 16 résume nos données de capacité émulsifiante des mélanges préparés. En présence de farine, la capacité émulsifiante de nos mélanges augmente avec l'élévation de taux de Moringa ; elle passe de 47.84 (témoin) à 56.03% d'échantillon (F-M).

Les mélanges semoule - *Moringa oleifera* voient leur capacité émulsifiante diminuer avec l'incorporation de moringa.

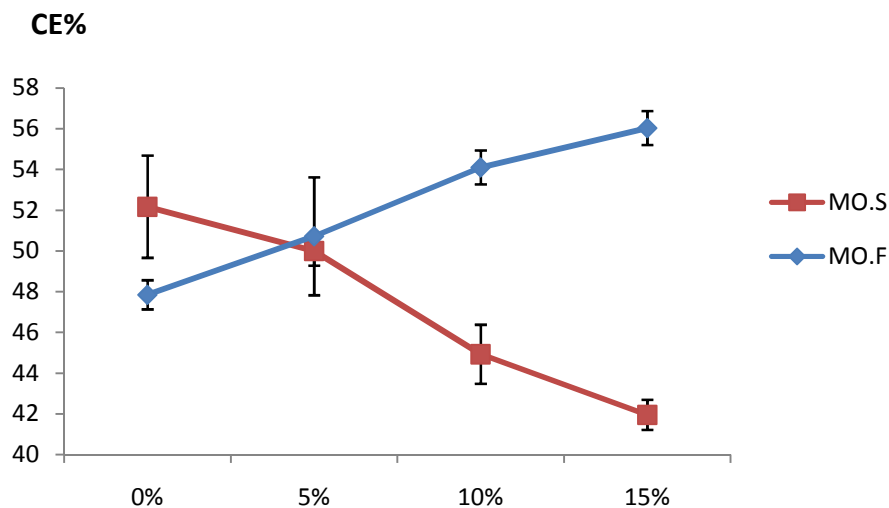


Figure N° 16: Capacité émulsifiante mélanges préparés.

IV.2. Discussion générale

Les constituants biochimiques tels que les protéines, l'amidon et les fibres alimentaires, apportent une contribution phare dans la détermination des propriétés fonctionnelles d'une matrice alimentaire (**Kinsella, 1982**). Les principales propriétés fonctionnelles utilisées en industrie agroalimentaire sont représentés par les paramètres d'hydratation, la capacité d'absorption d'huile, la propriété moussante, la propriété émulsifiante, le pouvoir gélifiant et la solubilité des protéines (**Farooq et Boye, 2011**).

Les propriétés d'hydratation des poudres se réfèrent à la quantité d'eau susceptible d'être absorbée par 1 g d'échantillon (**Boye et al., 2010**) ; Elle s'établit à 107, pour le moringa suivie de la farine et de la semoule (95,2 et 94,53) respectivement). Nous comprenons ainsi que l'augmentation du taux de MO ne peut que s'accompagner d'un relèvement de la propriété d'hydratation.

La capacité à retenir l'huile ou la matière grasse est une caractéristique importante dans la formulation des aliments pour conserver leur saveur et améliorer leur sensation en bouche (**Kinsella et Melachouris, 1976**). Elle est liée à la nature et teneur en protéines, fibres et amidon (**Tiwari et al., 2011b ; Wang et Toews, 2011 ; Vioque et al., 2012**), aux traitements (pH et température) technologiques appliqués (**Ma et al., 2011**). Dans le présent travail, la poudre de feuille se caractérise par une richesse aussi bien en protéines (23%) et en fibres (ADF de 9,65% et cellulose vraie de 6,37%) . Le *Moringa oleifera* affiche une meilleure CRH à 25°C (161,24), soit le double de celle de la farine et de la semoule à 75°C (88,20 et 81,30). A 50°C, seuls trois mélanges (100%F ; 10%MO.F et 15%MO.F) accusent une réduction de la CRH de 56,79 à 72,25 pour amenés un redressement noté à 75°C (88,20 à 100,37).

Kinsella (1976) à établi que les protéines hydrophobes ont une meilleure capacité pour la liaison des lipides. La capacité de liaison des huiles des protéines est une indice pour exprimer la capacité d'absorber et de retenir l'huile, ce qui influence son comportement dans les produits alimentaires. C'est un paramètre important pour les farines destinées au développement des aliments cuits et aqueux.

La capacité de rétention d'eau des farines joue un rôle important dans les formulations alimentaires car elle affecte directement les propriétés physicochimiques et sensorielles (friabilité, tendreté,...) du produit fini. Autrement dit, l'utilisation des farines dans une formulation alimentaire est fortement liée à son interaction avec l'eau (**Sreerama et al., 2012b**). La CRE la plus élevée est enregistrée par le *Moringa oleifera* pour les trois températures 25, 50 et 75°C à des valeurs de 369.36, 334.99 et 463.90 % contre 81.16, 81.66 et 239.75 pour la semoule et 75.12, 135.26 et 346.21 pour la farine respectivement.

La plus forte valeur la plus élevée pour les mélanges préparés est affichée à 10% de Moringa – farine : les deux mélanges 10%M.F et 10%MS affichent une CRE élevée de 25 à 50 °C (346,21 et 427,55) (239 ,75 et 308,66) respectivement.

La différence dans les propriétés émulsifiante pourrait être due à la différence de composition en particulier les molécules protéique qui migrent vers l'interface huile/eau (**Lam et Nickerson, 2013**). Adsorption aux interfaces réarrangement de conformation qui est nécessaire à la protéine pour exposer les acides amines hydrophobes vers la phase huileuse et les acides aminés hydrophiles vers la phase aqueuse (**Lam et Nickerson, 2013**). Lors de l'adsorption à l'interface, les protéines perdent une grande partie de leur structure tertiaire et développent une structure secondaire qui accentue la nature amphiphile des protéines (**Zhai et al., 2013**), la formation d'un film autour des gouttes formées: un film viscoélastique se développe pour entourer les gouttelettes de la phase dispersée (**Lam et Nickerson, 2013**), l'épaisseur du film inter facial varie selon la nature et la concentration des protéines. La capacité émulsifiante est optimale pour le Moringa (58.17) suivi de semoule 52.17. La CE des mélanges préparés augmente avec l'élévation de taux d'incorporation ; elle passe de 47.84 (témoin) à 56.03% d'échantillon pour les mélanges farine- Moringa oleifera.

La capacité de gélification est déterminée par la concentration minimale de gélification. Cette propriété est dépréciée par les traitements effectués. Le *Moringa oleifera* affiche la meilleure capacité de gélification 8% qui s'intègre dans l'intervalle des données (6 à 12) rapporté par **Sanjewa et al. , (2010)**.

Cette propriété est attribuée à la fraction des globulines et à l'agrégation des molécules des protéines dénaturées. Le pouvoir gélifiant est bénéfique dans les formules alimentaires nécessitant un épaississement et une gélification. La solubilité des protéines est la quantité de protéines dissoutes dans un solvant. C'est l'une des propriétés fonctionnelles les plus

influentes dans le domaine agroalimentaire. Dans le présent travail, la teneur en protéines solubles est dépendante du PH. La plus faible des protéines solubles des mélanges étudiées est observée à pH 4 (point isoélectrique des protéines farine semoule et Moringa oleifera), où elles sont le moins solubles (**Bencini, 1986**). Des points isoélectriques similaires ont été observés par **Ettoumi *et al.*, (2015)** pour les pois chiche.

Conclusion et Perspectives

Au terme de cette étude Nous avons mis l'accent sur les propriétés fonctionnelles de la poudre de feuille de *Moringa oleifera* (protéines soluble de 0.01 à 0.05, capacité de rétention d'eau de 369.36 à 463.90% et de l'huile 150.60 à 161.24%, pouvoir gélifiant 8% et la capacité émulsifiante 58.78).

L'incorporation d'un taux faible de *Moringa oleifera* de (5%) améliore les propriétés fonctionnelles des mélanges préparés à base de semoule et farine. La teneur en protéines solubles pour la farine et la semoule est de (0.024, 0.021) respectivement. Après l'incorporation de 5% de MO la teneur augmente de (0.059 et 0.035).

Les protéines des mélanges F-MO et F-MO ont montré des propriétés émulsifiantes. La capacité émulsifiante de nos échantillons augmente avec l'élévation de taux de Moringa, dans les mélanges à base de farine (0% à 47.84, 5% 50 et 15% 56.03) ; Elle diminue par contre dans les mélanges à base de semoule (0% 52.17 ,5% 50 ,10% 44.92 et 15% 41.95).

En augmentent le taux d'incorporation de Moringa, le PH de nos échantillons diminue. Il passe de 7.05 à 5.72 pour les mélanges semoule MO et varie de 7.15 à 5.82 pour farine MO.

Les densités apparentes les plus faibles : 0.58 à 0.64g/ml autre 0.70 pour farine seule. La densité des mélanges semoule –*Moringa oleifera* varie entre 0.73 et 0.76g/ml. La CRH comprise entre 46,79 à 100,37%.

Les propriétés fonctionnelles de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* peuvent trouver plusieurs utilisations en agroalimentaire, en particulier, dans la formulation des pâtes alimentaires, les biscuits...etc.

Leurs propriétés fonctionnelles confèrent un potentiel technologique innovant pour l'amélioration de la qualité nutritionnelle et rhéologique des aliments.

Les résultats de la présente étude restent préliminaires .Il serait donc intéressant d'approfondir cette étude en faisant des recherches plus poussées. Il est souhaitable de :

- Poursuivre le travail de caractérisation et incorporation dans les matrices alimentaires ;
- Evaluation nutritionnelles des aliments enrichis ;
- Qualité sensorielles.

Références bibliographiques

-A-

- Agbogidi, O., and Ilondu, E. (2012).** "Moringa oleifera Lam: Its potentials as a food security and rural medicinal item." *Journal of Bio Innovation*, 1(6), 156-167.
- Al-Malki, A. L., and El Rabey, H. A. (2015).** "The antidiabetic effect of low doses of Moringa oleifera Lam. Seeds on streptozotocin induced diabetes and diabetic nephropathy in male rats." *BioMed research international*, 2015.
- Alhakmani, F., Kumar, S., and Khan, S. A. (2013).** "Estimation of total phenolic content, in-vitro antioxidant and anti-inflammatory activity of flowers of *Moringa oleifera*." *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 3(8), 623-627.
- Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., and Gilani, A. H. (2007).** "*Moringa oleifera*: a food plant with multiple medicinal uses." *Phytotherapy research*, 21(1), 17-25.
- Arabshahi-D, S., Devi, D. V., and Urooj, A. (2007).** "Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their heat, pH and storage stability." *Food chemistry*, 100(3), 1100-1105.
- Asante, W. J., Ochire-Boadu, K., and Baatuuwie, N. (2012).** "Initial growth response of *Moringa oleifera* seedlings to different soil amendments." *African Journal of Agricultural Research*, 7(45), 6082-6086.
- ATAKPAMA, W., KPNOR, E. G. E., KANDA, M., DOURMA, M., M'tékounm, N., BATAWILA, K., and AKPAGANA, K. (2014).** "*Moringa oleifera* Lamarck (Moringaceae): une ressource phytogénétique à usage multiple." *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 2(1).

-B-

- Bencini, M., C. (1986).** "Functional Properties of Drum-Dried Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Flours." *Journal of Food Science*, 51(6), 1518-1521.
- Benítez, V., Cantera, S., Aguilera, Y., Mollá, E., Esteban, R. M., Díaz, M. F., and Martín-Cabrejas, M. A. (2013).** "Impact of germination on starch, dietary fiber and physicochemical properties in non-conventional legumes." *Food Research International*, 50(1), 64-69.

Références bibliographiques

- Beth, D. (2005).** "Moringa Water Treatment." *An ECHO Technical Note. Internet: www. echotech. org/mambo/images/DocMan/MorWaterTreat. pdf* (accessed on 1st March 2010).
- Boye, J., Aksay, S., Roufik, S., Ribéreau, S., Mondor, M., Farnworth, E., and Rajamohamed, S. (2010).** "Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques." *Food Research International*, 43(2), 537-546.
- Bradford, M. M. (1976).** "A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding." *Analytical biochemistry*, 72(1-2), 248-254.
- Broin, M. (2005).** "Composition nutritionnelle des feuilles de Moringa oleifera". City: Moringanews.

-C-

- Cerf, M. E. (2013).** "Beta cell dysfunction and insulin resistance." *Frontiers in endocrinology*, 4, 37.
- Chau, C.-F., and Huang, Y.-L. (2003).** "Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of *Citrus sinensis* L. Cv. Liucheng." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(9), 2615-2618.
- Chau, C., and Cheung, P. (1998).** "Functional properties of flours prepared from three Chinese indigenous legume seeds." *Food chemistry*, 61(4), 429-433.
- Chumark, P., Khunawat, P., Sanvarinda, Y., Phornchirasilp, S., Morales, N. P., Phivthong-ngam, L., Ratanachamnong, P., Srisawat, S., and Klai-upsorn, S. P. (2008).** "The in vitro and ex vivo antioxidant properties, hypolipidaemic and antiatherosclerotic activities of water extract of *Moringa oleifera* Lam. leaves." *Journal of ethnopharmacology*, 116(3), 439-446.

-D-

- Dahiru, D., Onubiyi, J., and Umaru, H. A. (2006).** "Phytochemical screening and antiulcerogenic effect of *Moringa oleifera* aqueous leaf extract." *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative medicines (AJTCAM)*, 3(3), 70-75.

Références bibliographiques

- DanMalam, H., Abubakar, Z., and Katsayal, U. (2001).** "Pharmacognosostic studies on the leaves of *Moringa oleifera*." *Nigerian Journal of Natural Products and Medicine*, 5(1), 45-49.
- De Saint Sauveur, A., and Broin, M. (2006).** "L'utilisation des feuilles de *Moringa oleifera* contre les carences alimentaires: un potentiel encore peu valorisé." *Atelier international «Moringa et autres végétaux à fort potentiel nutritionnel: Stratégies, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique»*. Accra, Ghana.
- De Saint Sauveur, A., and Broin, M. (2010).** "Produire et transformer les feuilles de moringa."
- Debnath, S., Biswas, D., Ray, K., and Guha, D. (2011).** "Moringa oleifera induced potentiation of serotonin release by 5-HT 3 receptors in experimental ulcer model." *Phytomedicine*, 18(2), 91-95.
- Delpha, I. (2011).** *Le moringa (moringa oleifera lam.): utilisations actuelles et intérêt pharmacologique.*

-E-

- Ettoumi, Y. L., and Chibane, M. (2015).** "Some physicochemical and functional properties of pea, chickpea and lentil whole flours." *International Food Research Journal*, 22(3).
- Elkhalifa, A. E. O., and Bernhardt, R. (2010).** "Influence of grain germination on functional properties of sorghum flour." *Food chemistry*, 121(2), 387-392.

-F-

- Fahey, J. W. (2005).** "Moringa oleifera: a review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1." *Trees for life Journal*, 1(5), 1-15.
- Farooq, Z., and Boye, J. I. (2011).** "Novel food and industrial applications of pulse flours and fractions-11."
- Foidl, N., Makkar, H., and Becker, K. (2001).** "Potentiel de *Moringa oleifera* en agriculture et dans l'industrie." *Potentiel de développement des produits de Moringa. Dar es-Salaam, Tanzanie, du 29 octobre au 2 Novembre 2001.*

Références bibliographiques

Fuglie, L. (2001). "Combating malnutrition with Moringa." *The miracle tree: the multiple attributes of Moringa. CTA Publication, Wageningen, the Netherlands*, 117-136.

-G-

Georgewill, O., Georgewill, U., and Nwankwoala, R. (2010). "Anti-inflammatory effects of *Moringa oleifera* lam extract in rats." *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 3(2), 133-135.

Goyal, B. R., Agrawal, B. B., Goyal, R. K., and Mehta, A. A. (2007). "Phyto-pharmacology of *Moringa oleifera* Lam.—an overview."

-H-

Hêdji, C. C., Gangbazo, D. K., Houinato, M. R., and Fiogbé, E. D. (2014). "Valorisation de *Azolla* spp, *Moringa oleifera*, son de riz, et de co-produits de volaille et de poisson en alimentation animale: synthèse bibliographique." *Journal of Applied Biosciences*, 81(1), 7277-7289.

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

Hsieh, P. Y.-H., and Ofori, J. A. (2007). "Innovations in food technology for health." *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 16(S1), 65-73.

-I-

Iqbal, S., and Bhanger, M. (2006). "Effect of season and production location on antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaves grown in Pakistan." *Journal of food Composition and Analysis*, 19(6), 544-551.

-K-

Kaneto, H., Kajimoto, Y., Miyagawa, J.-i., Matsuoka, T.-a., Fujitani, Y., Umayahara, Y., Hanafusa, T., Matsuzawa, Y., Yamasaki, Y., and Hori, M. (1999). "Beneficial

Références bibliographiques

effects of antioxidants in diabetes: possible protection of pancreatic beta-cells against glucose toxicity." *Diabetes*, 48(12), 2398-2406.

Kinsella, J. E., and Melachouris, N. (1976). "Functional properties of proteins in foods: a survey." *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 7(3), 219-280.

Kinsella, J. (1982). "Relationship between structure and functional properties of food proteins." *Food proteins*, 1, 51-103. Kesharwani, S., Prasad, P., Roy, A., and Sahu, R.

K. (2014). "An Overview on Phytochemistry and Pharmacological explorations of *Moringa oleifera*." *UK Journal of Pharmaceutical and Biosciences*, 2(1), 34-41.

Khalafalla, M. M., Abdellatif, E., Dafalla, H. M., Nassrallah, A. A., Aboul-Enein, K. M., Lightfoot, D. A., El-Deeb, F. E., and El-Shemy, H. A. (2010). "Active principle from *Moringa oleifera* Lam leaves effective against two leukemias and a hepatocarcinoma." *African Journal of Biotechnology*, 9(49), 8467-8471.

Kiosseoglou, V., and Paraskevopoulou, A. (2011). "Functional and physicochemical properties of pulse proteins-3."

Kooltheat, N., Sranujit, R. P., Chumark, P., Potup, P., Laytragoon-Lewin, N., and Usuwanthim, K. (2014). "An ethyl acetate fraction of *Moringa oleifera* Lam. inhibits human macrophage cytokine production induced by cigarette smoke." *Nutrients*, 6(2), 697-710.

Kwaambwa, H. M., Helling, M. S., Rennie, A. R., and Barker, R. (2015). "Interaction of *Moringa oleifera* seed protein with a mineral surface and the influence of surfactants." *Journal of colloid and interface science*, 448, 339-346.

-L-

Laleye, O. A. F., Ahissou, H., Olounlade, A. P., Azando, E. V. B., and Laleye, A. (2015). "Etude bibliographique de trois plantes antidiabétiques de la flore béninoise: *Khaya senegalensis* (Desr) A. Juss (Meliaceae), *Momordica charantia* Linn (Cucurbitaceae) et *Moringa oleifera* Lam (Moringaceae)." *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(5), 2682-2700.

li Zhai, J., Day, L., Aguilar, M.-I., and Wooster, T. J. (2013). "Protein folding at emulsion oil/water interfaces." *Current opinion in colloid & interface science*, 18(4), 257-271.

Références bibliographiques

Liu, C., Wang, X., Ma, H., Zhang, Z., Gao, W., and Xiao, L. (2008). "Functional properties of protein isolates from soybeans stored under various conditions." *Food chemistry*, 111(1), 29-37.

-M-

Ma, Z., Boye, J. I., Simpson, B. K., Prasher, S. O., Monpetit, D., and Malcolmson, L. (2011). "Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours." *Food Research International*, 44(8), 2534-2544.

Mahmood, K. T., Mugal, T., and Haq, I. U. (2010). "Moringa oleifera: A natural gift-A review." *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 1(2), 775-781.

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

Manzoor, M., Anwar, F., Iqbal, T., and Bhangar, M. (2007). "Physico-chemical characterization of Moringa concanensis seeds and seed oil." *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84(5), 413-419.

Mbikay, M. (2012). "Therapeutic potential of Moringa oleifera leaves in chronic hyperglycemia and dyslipidemia: a review." *Frontiers in pharmacology*, 3, 24.

Melcion, J. (2000). "La granulométrie de l'aliment: principe, mesure et obtention." *PRODUCTIONS ANIMALES-PARIS-INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE*-, 13(2), 81-98.

Melesse, A., Steingass, H., Boguhn, J., Schollenberger, M., and Rodehutschord, M. (2012). "Effects of elevation and season on nutrient composition of leaves and green pods of Moringa stenopetala and Moringa oleifera." *Agroforestry systems*, 86(3), 505-518.

Michon, P. (2010). Le roi vient quand il veut: propos sur la littérature: Albin Michel.

Missohou, M. A. (1980). Essai d'incorporation de la farine de feuilles de Moringa oleifera dans l'alimentation chez les poulets indigènes du Sénégal: *Effets sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et le résultat économique*, Université cheikh anta diop de dakar.

-O-

Références bibliographiques

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

-P-

Pana M. E. (2012). Impact des traitements thermiques sur la structure des protéines de lentilles et leur digestibilité. Mémoire de Maître ès sciences. Université de Laval. Québec. 62 P.

Palada, M., and Chang, L. (2003). "Suggested cultural practices for jute mallow." *International Cooperator Guide*, 2(14), 1-4.

Poumaye, N., Mabingui, J., Lutgen, P., and Bigan, M. (2012). "Contribution to the clarification of surface water from the *Moringa oleifera*: Case M'Poko River to Bangui, Central African Republic." *Chemical Engineering Research and Design*, 90(12), 2346-2352.

Price, M. L. (2007a). "ECHO Technical Note: The Moringa Tree." *ECHO, North Fort Myers, FL*.

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

-S-

Saha, P., Jena, R., Sahoo, B., Sahoo, K., Lenka, A., and Adanson, A. (2012). "Sufficing nutraceutical rich multipurpose leafy vegetable on earth: *Moringa*." *Odisha Rev*, 72-80.

Sanjeewa, W. T., Wanasundara, J. P., Pietrasik, Z., and Shand, P. J. (2010). "Characterization of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flours and application in low-fat pork bologna as a model system." *Food Research International*, 43(2), 617-626.

Sathe, S., Deshpande, S., and Salunkhe, D. (1983). "FUNCTIONAL-PROPERTIES OF BLACK GRAM (*PHASEOLUS-MUNGO* L) PROTEINS." *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 16(2), 69-72.

Schorsch, C. (2007). *Formulation des mousses laitières*: Ed. Techniques Ingénieur.

Références bibliographiques

Selmane, D. (2010). *Etude de l'extraction des protéines de coproduits d'abattage et de leur valorisation comme ingrédients fonctionnels*, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II.

Singh, N. (2011). "Functional and physicochemical properties of pulse starch-4."

Singh, S., Singh, N., and MacRitchie, F. (2011). "Relationship of polymeric proteins with pasting, gel dynamic-and dough empirical-rheology in different Indian wheat varieties." *Food Hydrocolloids*, 25(1), 19-24.

Sreerama, Y. N., Sashikala, V. B., Pratape, V. M., and Singh, V. (2012). "Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their flour functionality." *Food chemistry*, 131(2), 462-468.

-T-

Tiwari, B. K., Gowen, A., and McKenna, B. (2011). *Pulse foods: Processing, quality and nutraceutical applications*: Academic Press.

Tiwari, U., and Cummins, E. (2011). "Functional and physicochemical properties of legume fibers-5."

Tosh, S. M., and Yada, S. (2010). "Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications." *Food Research International*, 43(2), 450-460.

-V-

Vioque, J., Alaiz, M., and Girón-Calle, J. (2012). "Nutritional and functional properties of Vicia faba protein isolates and related fractions." *Food chemistry*, 132(1), 67-72.

-Y-

Youssef, N. H. (1978). "The status and fertility patterns of Muslim women."

Yusuf, J., Yuakubu, M., and Balarabe, A.(2015)."The Use of Moringa Oleifera Seed As A Coagulant For Domestic Water Purification."

www.treesforlife.org/project/moringa. Consulter le: 07-04-2017.

Annexe

Annexe I

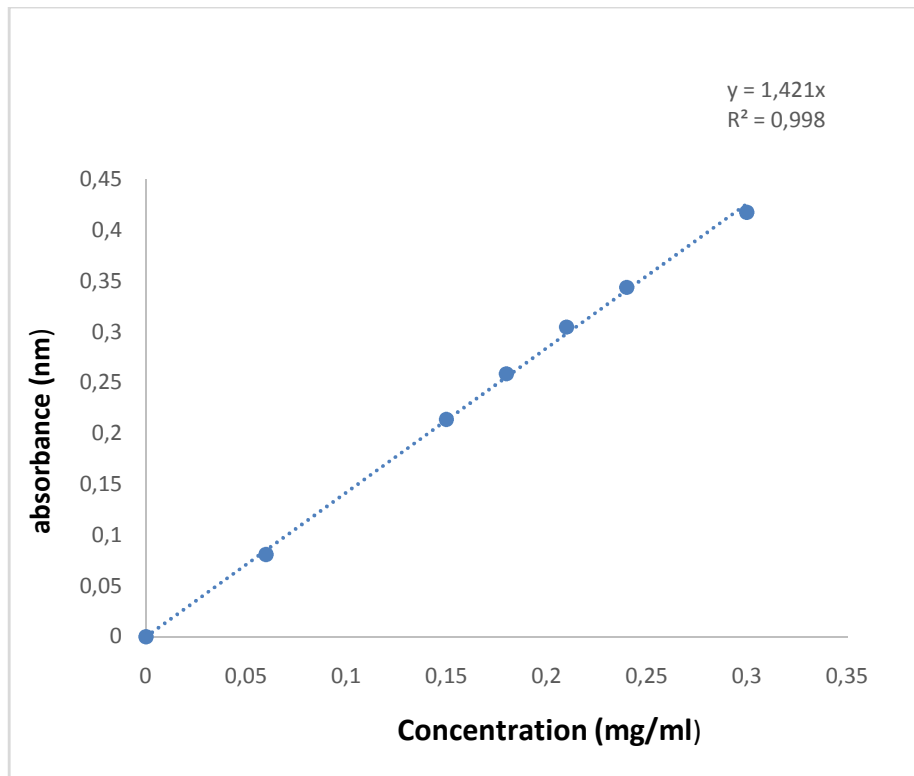
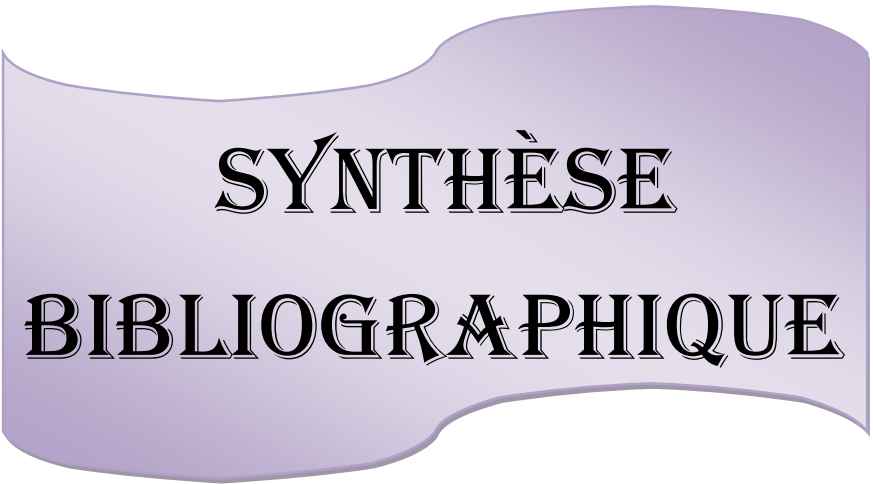


Figure : Courbe d'étalonnage de la BSA.



INTRODUCTION



SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE II
DONNÉES GÉNÉRALES SUR
LE *MORINGA OLEIFERA*



CHAPITRE I
PROPRIÉTÉS FONCTIONNELLES



CHAPITRE IV
RÉSULTATS ET
DISCUSSION



**PARTIE
EXPÉRIMENTALE**



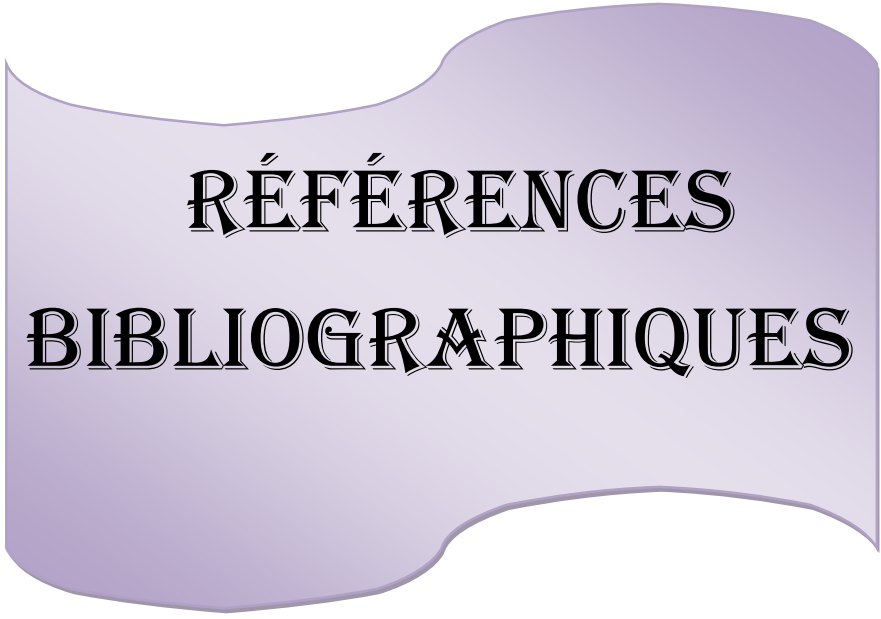
CHAPITRE III
MATÉRIEL ET MÉTHODES



**CONCLUSION ET
PERSPECTIVES**



BIBLIOGRAPHIE



**RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**



ANNEXE

Résumé

Moringa oleifera est une plante largement utilisée dans les pays Africains. Elle est décrite dans la littérature comme une plante d'intérêt nutritionnel et médicinal. Le présent travail porte sur les propriétés fonctionnelles de poudre de feuilles de *Moringa oleifera*. Les résultats de ce travail soulignent que les différentes poudres enrichies avec la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* montre que la teneur en protéines solubles augmente après l'incorporation de (5%) de *Moringa oleifera* pour la farine et semoule (0,059 et 0,021) respectivement. La capacité émulsifiante pour les mélanges à base de farine augmente avec l'élévation de taux de Moringa (0% à 47.84, 5% 50 et 15% 56.03). Les résultats de Pouvoir gélifiant montrent que la concentration minimale gélifiante diminue avec l'incorporation de Moringa elle passe de 16 (semoule) à 12 (15%MO.S) et de 14 (farine) à 8 (15%MO.F). La capacité de rétention de l'huile augmente avec le taux d'incorporation de *Moringa oleifera*. Les propriétés fonctionnelles de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* peuvent trouver plusieurs utilisations en agroalimentaire.

Mots clés: *Moringa oleifera*, propriétés fonctionnelles.

Abstract:

Moringa oleifera is a widely used plant in African countries. It is described in the literature as a plant of nutritional and medicinal interest. This work deals with the functional properties of *Moringa oleifera* leaf powder. The results of this work emphasize that the different powders enriched with the leaf powder of *Moringa oleifera* show that the soluble protein content increases after the incorporation of (5%) *Moringa oleifera* for flour and semolina (0.059 and 0.021) respectively. The emulsifying capacity for flour mixes increases with the Moringa rate rise (0% to 47.84, 5% 50 and 15% 56.03). The results of gelling power show that the minimum gelling concentration decreases with the incorporation of Moringa from 16 (semolina) to 12 (15% MO.S) and from 14 (flour) to 8 (15% MO.F). The retention capacity of the oil increases with the incorporation rate of *Moringa oleifera*. the functional properties of *Moringa oleifera* leaf powder can find several uses in agroalimentary.

Key words: *Moringa oleifera*, functional properties.