

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique**  
**Université A. MIRA – Bejaia**

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Alimentaires  
Filière : Science Alimentaire  
Option : Bioprocédés et technologie alimentaires



Réf :.....

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

**MASTER**

***Thème***

***Enrichissement des pâtes alimentaires par la  
poudre de feuilles de Moringa***

***Oleifera***

Présenté par :  
**SELLAH Lydia & MOUSSOUS Yasmina**  
Soutenu le : 21 Juin 2017

Devant le jury composé de :

M <sup>r</sup> : <b>ZAIDI.F</b>	Professeur	Président
M <sup>me</sup> : <b>HASSISSENE.N</b>	MCA	<b>Promotrice</b>
M <sup>elle</sup> : <b>BOUDJOU.S</b>	MCB	Examinatrice
M <sup>elle</sup> : <b>BENHEMMOUCHE.T</b>	Doctorante	Co-promotrice

**Année universitaire : 2016 / 2017**

## REMERCIEMENTS

*En premier, nous dédions tous nos remerciements à ALLAH, Qui nous a donné la volonté et le courage pour avoir réalisé ce travail, ainsi qu'aux personnes qui nous ont apportés leur aide. La réalisation de ce travail a été possible grâce à la de plusieurs personnes, c'est l'occasion de les remercier et de leurs avouer nos profondes reconnaissances. Nous tenons à remercier notre promotrice M<sup>eme</sup> HASSISSENE.N, Nous remercions Mr ZAIDI.F de nous avoir fait l'honneur de présider notre jury, et M<sup>eme</sup> BOUDJOU.S d'avoir acceptes de juger notre travail.*

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

*Nous tenons également à remercier infiniment tous ceux qui nous ont Aidées de près ou de loin pour la réalisation de ce travail ; nous pensons Plus spécialement aux doctorantes du laboratoire de Nutrition et alimentation : Notre Co-promotrice M<sup>elle</sup> BENHAMOUCHE Tassadit pour sa présence, sa gentillesse et toute l'attention et la sollicitude avec laquelle elle nous a entourés. Sara et Soussou pour leur aide, leur modesté et leur générosité.*

*Merci à vous tous*



# *Dédicace*

*Je dédie ce travail :*

- *A la mémoire de mon cher père que dieux l'accueille de son vaste paradis.*
  - *A ma chère mère que j'aime beaucoup.*
- *A mes chers frères qui m'ont soutenue durant tout mon cycle : dadda Moumoune, dadda Smail ; Abd errahmane, Fawzi et Toufik,*
  - *A mes sœurs : Hakima Naima et Fairouz.*
- Ames belles soeurs : meriem et samiha.*
  - *Ames neveux et nièces : Imad, Hiba, Nihad, Jafar, Ranim, badis ,Aziz, ziad et Loujayne.*
  - *A mon très cher Naim qui a toujours cru en moi*
    - *A ma chère amie Lydia.*

*Yasmina*



# *Dédicace*

*Je dédie ce travail :*

- *A mes chers parents.*
- *A mes sœurs : Sabiha, Djahida, Cherifa et Kamilia*
  - *A mes frères : Hamza et Rayan.*
  - *A mes grandes mères : Taous et Zwina*
- *A mes cousins : Nassim, Hakim, Mounir et Bachir.*
- *A mes oncles : Salah, Salim, Rafik, Yanis et Hani.*
  - *Et a toutes ma famille.*
  - *A mon cher Nassim.*
  - *A ma chère amie Yasmina.*

*Lydia*

**Liste des abréviations :**

**Apr. J.C :** Apres. Jésus christ

**Av. J.C:** Avant .Jésus christ

**Ans:** Années

**AOAC:** Association of Official Analytical Chemists.

**Abs:** Absorbance

**ADF :** Acid Detergent Fiber

**ALCl<sub>3</sub>:** Chlorure d'aluminium

**BHT :** Butylhydroxytoluène

**Cm:** Centimètre

**DPPH :** 1,1 diphényl-2-picryl hydrazyle

**EDTA :** Acide éthylène diamine tétracétique

**eq :** équivalent

**FAD:** l'Administration des aliments et des médicaments

**FAO:** organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

**Fe:** Fer

**Fe<sup>2+</sup> :** Ion ferreux

**Fe<sup>3+</sup> :** Ion ferrique

**Fe cl<sub>2</sub>:**Chlorure ferreux

**g :** gramme

**h:** heure

**IG :** Indice de gonflement

**Kcal:** kilocalorie

**Kg:** kilogramme

**K<sub>3</sub>Fe (CN) <sub>6</sub>:**Ferricyanure de potassium

**m :** mètre

**mg:** milligramme

**min:** minute

**mm:** millimètre.

**ml :** millilitres.

**nm :** nanomètre

**MM :** Matière minérale

**MO:** Moringa Oleifera

**MS :** Matière sèche

**N :** Teneur en azote totale

**N :** Normalité

**OMS:** Organisation Mondiale de Santé

**ONU:** Organisation des Nations Unies

**PH:** Potentiel d'hydrogène.

**P :** Teneur en protéines

**PTS :** Polyphénol totaux soluble

**TH :** Taux d'humidité

**TOC :** Temps Optimum de Cuisson

**Tr :** Tours

**TCA:** Acide Trichloracétique

**µg :** Microgramme.

**ul :** Microlitres

**uml/l :** Micro-millilitre par litre

### Listes des figures :

<b>Figure 1:</b> Feuilles (a) , Fleurs (b) , Grain (c) et Gousses de <i>Moringa oleifera</i> (d).....	10
<b>Figure 2:</b> Répartition de <i>Moringa Oleifera</i> . .....	11
<b>Figure 3:</b> Poudre de feuilles de Moringa ajoutée à un plat. ....	14
<b>Figure 4 :</b> Photographie des feuilles sèches et la poudre des feuilles des <i>Moringa oleifera</i> .....	16
<b>Figure 5 :</b> Photographie des matières première (semoule et farine).....	17.
<b>Figure 6 :</b> Diagramme de fabrication des pâtes alimentaires .....	17
<b>Figure 7 :</b> Protocole de détermination de la en matière sèche et humidité.....	18
<b>Figure 8 :</b> Protocole de détermination de la matière minérale (MM%) .....	19.
<b>Figure 9 :</b> Photographie d'Appareil de Kjeldahl.....	20.
<b>Figure 10 :</b> Protocole Détermination de la teneur en ADF.....	21
<b>Figure 11 :</b> Photographie d'Appareil de fibrotèque.....	22
<b>Figure 12 :</b> Protocole d'extraction des composés phénoliques.....	23
<b>Figure 13 :</b> Protocole de dosage des phénols totaux solubles.....	24
<b>Figure 14 :</b> Protocole de dosage des flavonoïdes.....	24
<b>Figure 15 :</b> Protocole d'évaluation activité antiradicalaire.....	25
<b>Figure 16 :</b> Protocole d'évaluation activité antioxydant par la Chélation du fer ferreux .....	26
<b>Figure 17:</b> Protocole d'évaluation activité antioxydant par le Pouvoir réducteur.....	26
<b>Figure 18:</b> Pâtes alimentaires enrichies par la poudre des feuilles de <i>Moringa Oleifera</i> .....	27
<b>Figure 19:</b> composition chimique globale des pâtes alimentaires enrichies.....	28
<b>Figure 20 :</b> la capacité d'absorption d'eau des pâtes alimentaires enrichies.....	30
<b>Figure 21 :</b> l'indice de gonflement des pâtes alimentaires enrichies.....	31
<b>Figure 22 :</b> le temps optimal de cuisson des pâtes alimentaires enrichies.....	31
<b>Figure 23 :</b> les pertes à la cuisson des pâtes alimentaires enrichies.....	32
<b>Figure 24 :</b> la teneur en flavonoïdes des pâtes alimentaires enrichies.....	33
<b>Figure 25 :</b> la teneur en Polyphénol totaux soluble des pâtes alimentaires enrichies.....	33
<b>Figure 26 :</b> le pouvoir chélateur du fer des pâtes alimentaires enrichies.....	34
<b>Figure 27 :</b> le pouvoir réducteur des pâtes alimentaires enrichies.....	34
<b>Figure 28 :</b> l'activité antiradicalaire du DPPH des pâtes enrichies.....	34

**Liste des tableaux .**

**Tableau I :** Composition biochimique des pâtes alimentaires.....4

**Tableau II :** la systématique de Moringa oleifera.....9

**Tableau III :** la composition de feuilles sèches de Moringa Oleifera par 100g de portion comestible.....12



# *Sommaire*

## Sommaire

Liste des abréviations  
 Liste des tableaux  
 Liste des figures

Introduction .....1

### *Synthèse bibliographique*

## Chapitre I : Les pâtes alimentaires

<b>I.1.</b> Origine des pâtes alimentaires .....	3
<b>I.2.</b> Définition des pâtes alimentaires .....	3
<b>I.3.</b> Composition .....	4
<b>I.4.</b> Classification des pâtes alimentaires .....	4
<b>I.4.1.</b> Les pâtes extrudées .....	5
<b>I.4.2.</b> Les pâtes laminées .....	5
<b>I.5.</b> Etape de fabrication des pâtes alimentaires .....	5
<b>I.5.1.</b> Mouture .....	5
<b>I.5.2.</b> Le malaxage .....	5
<b>I.5.3.</b> Formage ou façonnage .....	6
<b>I.5.3.1.</b> Extrusion .....	6
<b>I.5.3.2.</b> Laminage .....	6
<b>I.5.4.</b> Séchage .....	6
<b>I.5.5.</b> Conditionnement .....	6
<b>I.6.</b> L'enrichissement des pâtes alimentaires .....	7
<b>I.7.</b> La qualité des pâtes alimentaires .....	7
<b>I.7.1.</b> Aspect des pâtes alimentaires .....	7
<b>I.7.2.</b> Qualité culinaire .....	8
<b>I.7.3.</b> Qualité hygiénique .....	8
<b>I.8.</b> La consommation de pâtes dans le monde .....	8

## Chapitre II : *Moringa oleifera*

<b>II.1 .</b> Description et taxonomie .....	9
<b>II.2.</b> Systématique et nomenclature .....	9
<b>II.3.</b> Description botanique .....	10
<b>II.4.</b> Origine et répartition géographique .....	10
<b>II.5.</b> Culture .....	11
<b>II.6.</b> Composition .....	11

<b>II.7.</b> Domaine d'utilisation de Moringa .....	13
<b>II.7.1.</b> Alimentation humaine et animale .....	13
<b>II.7.2.</b> Phytothérapie .....	14
<b>II.7.3.</b> Industrie.....	14
<b>II.7.4.</b> Utilisation cosmétique .....	14
<b>II.7.5.</b> Biodiésel .....	15
<b>II.7.6.</b> Purification d'eau .....	15
<b>II.7.7.</b> Autres utilisations .....	15

### *Partie pratique*

## Chapitre III : Matériel et méthodes

<b>III.1.</b> Préparation de l'échantillon .....	16
<b>III.1.1.</b> Matières premières .....	16
<b>III.1.1.1.</b> La poudre de feuilles de Moringa Oleifera : .....	16
<b>III.1.1.2.</b> La semoule/farine .....	16
<b>III.1.1.3.</b> L'eau .....	16
<b>III.2.</b> Caractérisation chimique des pâtes alimentaires enrichies.....	18
<b>III.2.1.</b> Teneur en matière sèche et humidité .....	18
<b>III.2.2.</b> Teneur en matière minérale (MM%) ou cendres bruts .....	19
<b>III.2.3.</b> Dosage des protéines : .....	19
<b>III.2.4.</b> Teneur en ADF .....	21
<b>III.3.</b> la qualité culinaire des pâtes .....	22
<b>III.3.1.</b> Le temps optimal de cuisson.....	22
<b>III.3.2.</b> Gonflement (Poids à la cuisson) .....	22
<b>III.3.3.</b> Pertes à la cuisson .....	23
<b>III.3.4.</b> La capacité d'absorption d'eau .....	23
<b>III.4.</b> Evaluation de la teneur en composés phénoliques des pâtes alimentaires .....	23
<b>III.4.1.</b> Extraction des composés phénoliques .....	23
<b>III.4.2.</b> Dosage des phénols totaux solubles.....	24
<b>III.4.3.</b> Dosage des flavonoïdes .....	24
<b>III.5.</b> Potentiel antioxydant des pâtes enrichies .....	25
<b>III.5.1.</b> Activité antiradicalaire .....	25
<b>III.5.2.</b> Chélation du fer ferreux .....	25
<b>III.5.3.</b> Pouvoir réducteur .....	26

## Chapitre IV : Résultats et discussion

<b>IV.Résultats et discussion</b> .....	27
<b>IV.1.</b> La composition chimique des alimentaire enrichies.....	28
<b>IV.2.</b> Les qualités culinaires des pates enrichies .....	29
<b>IV.2.1.</b> La capacité d'absorption d'eau .....	29
<b>IV.2.2.</b> Indice de gonflement .....	30
<b>IV.2.3.</b> Le temps optimal de cuisson (TOC) .....	31
<b>IV.2.4.</b> Les pertes à la cuisson.....	32
<b>IV.3.</b> Les composés phénoliques .....	32
<b>IV.3.1.</b> Teneur en flavonoïdes .....	32
<b>IV.3.2.</b> Teneur en Polyphénol totaux soluble .....	33
<b>IV.4.</b> Evaluation de l'activité antioxydante des pâtes enrichies .....	34
<b>Discussion générale</b> .....	35
<b>Conclusion</b> .....	37
<b>Références bibliographique</b>	
<b>Annexes</b>	

# *Introduction*

### **Introduction :**

Les micronutriments sont des constituants d'aliments présents en petites quantités, nécessaires pour la croissance et pour le fonctionnement du système immunitaire et reproductif. Les micronutriments incluent les vitamines comme la vitamine A et C, et les minéraux comme le fer, l'iode, le zinc et le sélénium. **(Rweyemamu 2006)** ; La carence en ces nutriments résulte d'une malnutrition. Dans le monde, plus d'un milliard de personnes vivent encore dans l'extrême pauvreté, et bien davantage souffrent de malnutrition **(Banque Mondiale, 2014)**. Or il existe de nombreux aliments potentiellement énergétiques susceptibles d'être utilisés dans cette lutte contre la malnutrition tels que les fruits et les légumes-feuilles. Parmi ces légumes-feuilles, le *Moringa oleifera* est en plein essor.

*Moringa oleifera* (MO) Lam. (Synonyme: *Moringa pterygosperma* Gaertner) appartient à la famille monogénérique des arbustes et arbres des Moringaceae qui comprend 14 espèces **(Olson, 2002)**. M.O est une plante originaire d'Inde, elle pousse dans les zones tropicales et subtropicales et les différentes parties de la plante ont de multiples usages, tant thérapeutique que nutritionnel **(Fahey, 2005; Rakotosamimanana, 2014)**.

Diverses études ont déjà été conduites et ont montré les bienfaits de l'utilisation de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* comme complément nutritionnel dans des biscuits dans des plats traditionnels ou pour l'alimentation infantile. D'autre part, les pâtes alimentaires présentent une combinaison unique en termes d'abordabilité, facilité de préparation et de conservation et de haute valeur nutritive. La production de pâtes dans le monde a doublé ces dernières années pour devenir le plat le plus consommé sur la planète, selon des chiffres publiés à l'occasion de la Journée mondiale des pâtes (2011). En Algérie, la consommation de

divers types de pâtes (industrielles et traditionnelles) est fréquente (une fois par semaine dans l'alimentation des ménages selon **(Bensalem et al., 2014)**).

L'OMS et la FDA considèrent les pâtes comme un véhicule adéquat pour l'incorporation de nutriments dans le but d'améliorer les qualités nutritionnelles ou sensorielles de ces produits, et ceci est dû principalement à leur large consommation, faible contenu en lipides et en fibres et de la faible valeur biologique de leurs protéines, liée en grande partie à leur pauvre apport en lysine **(Giménez et al., 2013)**. Face à ce constat, notre étude se propose de réaliser un enrichissement des pâtes alimentaires avec la poudre de feuilles *Moringa oleifera* lam.

L'introduction de la poudre de *Moringa oleifera* dans un aliment économique et touchant une grande partie de la population telle que les pâtes alimentaires permettrait d'accroître leur production et leur consommation. Les nouvelles pâtes mixtes, nées de l'association de la semoule de blé dur et d'une poudre de *Moringa*, bénéficieraient des qualités nutritionnelles des deux matières premières.

La présente étude vise à évaluer in vitro : la composition chimique, la qualité culinaire, teneur en phénol totaux soluble, flavonoïdes et l'activité antioxydante des pâtes alimentaires fabriquées.

*Synthèse*  
*bibliographique*



*Chapitre I :*  
*Les pâtes*  
*Alimentaires*

### I.1. Origine des pâtes alimentaires :

Contrairement à l'opinion la plus généralement répandue, les pâtes alimentaires ne sont pas originaires d'Italie. La technique rudimentaire de la fabrication des pâtes alimentaires débute en Mésopotamie (qui constitue la majeure partie de l'Iraq actuel) pour être transmise à l'Inde, puis à la Chine 5000 ans av. J.C. et au Japon 600 ans apr. J.C. d'où elles gagnent les pays méditerranéens via la Grèce et l'Italie en 1279.

Avec le tournant du XIX<sup>e</sup> siècle naissant le premier mécanisme de fabrication industrielle, vers 1860 apparaissent les premiers appareils véritablement industriels : malaxeurs mécaniques (gramolas) et presses discontinues à pistons, puis la presse monovis vers 1930. (Boudreau *et al.*, 1992).

### I.2. Définition des pâtes alimentaires :

Selon Alais *et al.*, 2003, les pâtes alimentaires sont le résultat de la dessiccation d'un pâton non fermenté, moins hydraté que celui du pain et obtenu à partir de semoule de blé dur. Les pâtes sont ensuite soumises à un laminage, un tréfilage, puis au séchage.

Les pâtes alimentaires sont des produits à consommation courante dans nombreux pays (Wagner *et al.*, 2015), et prennent la deuxième place après le pain dans la consommation mondiale (Mariani-Constantini, 1988 ; Torres *et al.*, 2007). Elles jouent un rôle important dans la nutrition humaine, et peuvent être facilement préparées, manipulées, cuites et stockées (Agama *et al.*, 2009).

Les pâtes sont considérées comme un aliment sain en raison de leur faible contenu en sodium, matières grasses, glucides simples et leur richesse en glucides complexes (Giese, 1992 ; Pinarli *et al.*, 2004). Elles sont pauvres en protéines et en acides aminés essentiels comme la lysine et la thréonine (Stephenson, 1983), pauvres aussi en fibres alimentaires, en minéraux, en vitamines et en composés phénoliques (Krishna et Rabhasankar, 2010).

**I.3. Composition :****Tableau I :** Composition biochimique des pâtes alimentaires (Mohtadji-Lamballais, 1989 ; sissons, 2004)

Eléments	Teneurs (/100g de pâtes)
Calories (Kcal)	335-350
Eau (g)	8.6-12.5
Protéines (g)	12-12.8
Glucides (g)	74-76.5
Lipides (g)	1.2-1.8
Fibres (g)	2-3
Minéraux	
Calcium (mg)	22-25
Fer (mg)	1.5-2.1
Phosphore (mg)	165-190
Potassium (mg)	220-260
Sodium (mg)	2-4
Vitamines	
Acide ascorbique (mg)	0
Thiamine (mg)	0.09-0.22
Riboflavine (mg)	0.06-0.31
Niacine (mg)	2-3.1
Vitamine B6 (µg)	0.15-0.2
Folacine (µg)	30-36
Vitamine B12 (µg)	0
Vitamine A (IU)	0

**I.4. Classification des pâtes alimentaires :**

Selon Renaudin, 1951 ; Tremoliere et al., 1984 et Boudreau et al., 1992 , les pâtes alimentaires sont classées en deux groupes selon les machines utilisées pour leur fabrication :

**I.4.1. Les pâtes extrudées :** sont préparées à l'aide de presse munie de filières qui forment les pâtes longues comme le macaroni et le spaghetti ainsi que les pâtes coupées ou courtes comme les bagues, les coudes divers et certaines pâtes à potage.

**I.4.2. Les pâtes laminées :** elles sont préalablement fabriqués par des presses munies d'une filière a fente ou par des malaxeurs spéciaux capables de produire des pâtes sous forme de feuille large et mince, les pâtes entrent dans cette catégorie on trouve les pâtes à potage, des pâtes en ruban, des pâtes à farcir et autre pâtes.

### **I.5. Etape de fabrication des pâtes alimentaires :**

Les étapes préalables à la fabrication des pâtes alimentaires incluent la réception de la semoule à l'usine, le stockage en silos et le transport jusqu'à l'emplacement de fabrication.

#### **I.5.1. Mouture :**

La première étape vers la fabrication des pâtes est la mouture de blé dur pour obtenir de la semoule. Le blé doit être nettoyé pour débarrasser des poussières de farine et de quelques impuretés telles que les pierres, petits éclats de bois, insectes et les résidus de fer (**Boudreau et al., 1992 ; Sissons 2004**). L'élimination de ces corps étrangers est d'une extrême importance, car leur présence est susceptible d'occasionner des défauts de fabrication. (**Boudreau et al., 1992**).

Le blé ensuite recuit jusqu'à une humidité d'environ 15-16% pendant 4h pour durcir le son, ceci facilite la séparation du son de l'endosperme dans la purification. Les rouleaux ondulés sont utilisés pour maximiser les taux de semoule (**Sissons, 2004**).

#### **I.5.2. Le malaxage :**

Les pâtes alimentaires sont fabriquées en mélangeant de l'eau, éventuellement de la semoule dans un malaxeur (**Brahimi, 2014**). Les œufs ou tout autre ingrédient optionnel peuvent également être ajoutés (**Tazart, 2015**).

La quantité d'eau ajoutée à la semoule varie généralement de 25 à 34 Kg pour 100 Kg de semoule. Elle dépend de la teneur initiale en humidité de la semoule et de la forme finale des pâtes. L'absorption d'eau a lieu en dessous de 50 C° (**Petitot et al., 2009**).

Le mélange des constituants des pâtes s'effectue dans un malaxeur qui tourne à 120 tours/min pendant 20 minutes (**Petitot et al., 2010**).

#### **I.5.3. Formage ou façonnage :**

Selon **Abecassis et al., 1994** le façonnage des pâtes est assuré soit par laminage, soit par extrusion.

##### **I.5.3.1. Extrusion :**

L'extrusion est la technique la plus couramment utilisée. L'unité d'extrusion est composée d'un cylindre muni d'une vis d'extrusion. La rotation de la vis pousse les pâtes vers la presse de tête sur laquelle est fixée une matrice, ou elle prend sa forme finale (**Petitot et al., 2009**).

La pression d'extrusion semble être essentielle pour donner la compacité nécessaire au produit final pour une meilleure résistance à la cuisson (**Kruger et al., 1996**).

#### **I.5.3.2. Laminage :**

Dans le processus de laminage, la pâte est pétrie et laminée en feuille entre deux cylindres rotatifs, trois à cinq paires de rouleaux sont utilisés jusqu'à ce que la feuille atteigne l'épaisseur désirée. La feuille est ensuite coupée en brins de largeur et de longueur souhaitée (**Petitot et al., 2009**).

#### **I.5.4. Séchage :**

Le séchage des pâtes se fait immédiatement après les opérations de malaxage et d'extrusion. Il a pour objectif de réduire la teneur en humidité finale de produit qui ne doit pas dépasser 12.5% (**Boudreau et al., 1992 ; Feillet, 2000**).

Le séchage stabilise les qualités de la matière première et des traitements mécaniques précédents. Il ne doit altérer ni la forme ni l'aspect des pâtes (**Boudreau et al., 1992**), des températures élevées de séchage conduisent à la meilleure qualité culinaire du produit final avec une fermeté élevée, une diminution des pertes à la cuisson et le caractère collant (**Aktan et al., 1992, Zweifel et al., 2003**). Les températures étaient maintenues suffisamment basses pour éviter la dénaturation des protéines et la gélatinisation de l'amidon.

#### **I.5.5. Conditionnement :**

Le produit fini est finalement conditionné dans des sacs en cellophane ou polyéthylène. Le conditionnement est désigné pour protéger le produit contre la contamination, l'endommagement pendant le chargement et le stockage et pour afficher favorablement le produit parmi d'autres produits (**Sissons, 2004**).

### **I.6. L'enrichissement des pâtes alimentaires :**

L'OMS et la FAD considèrent les pâtes comme un bon véhicule pour l'addition des éléments nutritifs. Dans les années 1940 la FAD a considéré les pâtes l'un des premiers aliments pour l'enrichissement en vitamine et en fer (**Marconi et Carcea, 2001, Chillo et al., 2008**). Dans le but d'améliorer sa qualité nutritionnelle et l'état de santé (**Miceli et al., 2015 ; Tazart et al., 2015**).

**Mercier et al., 2011** ont observé que l'enrichissement affectait la qualité des pâtes en termes de texture, couleur et qualité de cuisson, mais aussi l'aspect sensoriel et les propriétés rhéologiques.

Les pâtes ont fait l'objet de nombreuses études et essais d'enrichissement avec des matrices diverses :

- pâtes alimentaires enrichies en légumineuses (**Petitot et al., 2009 ;Tazart , 2015**).
- pâtes alimentaires enrichies avec la spiruline (**Özyurt et al., 2015; Muresan et al.,2016**).
- pâtes alimentaires enrichies avec l'acide gras Omega-3 (**Anbudhasan et al., 2014**).
- Les pâtes alimentaires enrichies en protéines d'œufs sont aujourd'hui les seules à occuper une place significative sur le marché (**Brahimi. 2014**).

### **I.7. La qualité des pâtes alimentaires :**

La qualité des pâtes alimentaires dépend essentiellement des matières premières utilisées ainsi que de l'eau ayant servi au malaxage ( **Boudreau et al., 1992 ; Cubadda et Carcea, 2007**).cette qualité peut être exprimée en terme de caractéristique de cuisson, aspect, couleur, goût et arôme qui sont d'une grande importance pour le consommateur ( **Chillo et al., 2008**).

#### **I.7.1. Aspect des pâtes alimentaires :**

Selon **Boudreau et al., 1992 et Feillet, 2000** l'aspect des pâtes comprend :

- La Gerçures : ce sont des fêlures de la pâte sèche. Elles sont dues à un mauvais réglage du séchoir ;
- La Piquûres : elles peuvent être blanches, brunes ou noires ;
- La Texture superficielle des pâtes: qui dépend de la nature des moules utilisés ;
- Et la Couleur des pâtes : elle doit être uniforme.

#### **I.7.2. Qualité culinaire :**

Selon **Boukezoula, 2003** la qualité culinaire des pâtes est évaluée par :

- Les temps de cuisson qui varient avec le format de la pâte. Pour celles du même format, ils varient avec la qualité de la pâte. Ces temps de cuisson sont déterminés en fonction du gonflement, de la texture et de l'état de surface.
- Le gonflement de la pâte pendant la cuisson qui est calculé par la différence entre le poids des pâtes " avant et après cuisson".
- La texture du produit cuit est caractérisée par la fermeté et la masticabilité après cuisson.

- L'état de surface des pâtes ne doit être ni collant ni pâteux.
- L'état de cuisson qui doit être « aldent », c'est-à-dire que les pâtes doivent résister légèrement sous la dent et garder un niveau de fermeté.
- le goût et l'arôme des pâtes cuites doivent rappeler ceux de la semoule, c'est-à-dire une saveur agréable mais non acide.

### **I.7.3. Qualité hygiénique :**

Selon **Boudreau et al.1992**, la qualité microbienne des pâtes alimentaires ne suscite pas de difficultés. Cependant, la possibilité de contamination ne doit pas être sous-estimée.

### **I.8. La consommation de pâtes dans le monde :**

Selon **Morancho,2000**. La consommation de pâtes dans le monde est montrée dans le (Annexe I) et nous pouvons observer que celle-ci n'est pas répartie de façon égale, En effet alors que certains pays ont une consommation de 28,5 kilos *per capita*, il y en a d'autres qui arrivent à peine à un kilo de pâtes par habitant sur une année.

En Algérie, la consommation des pâtes augmente avec les périodes des fêtes religieuses et familiales. Elles sont surtout consommées pendant l'*Aïd*, *Achoura*, *Mouloud*, et mariage.

*Chapitre II :*  
*Moringa Oleifera*



## II.1. Description et taxonomie :

Moringa sp, du nom vernaculaire tamoul murungai (Olson, 2003) ; Néverdier en français, est un genre d'arbres et arbustes tropicaux (Booth et Wickens 1988 ; Olson, 2002 et Rakotosamimanana, 2014), originaire des régions subhimalayennes du Nord de l'inde (Leone, et al.,2016). C'est un constituant de la famille des Moringacées qui comprend 14 espèces et il a été utilisé par les anciens romains, grecs et égyptiens (Fahey, 2005).

Moringa possède une grande variété de nomenclatures selon les pays. Elle est ainsi connue sous le nom : « arbre miracle » ou « arbre de vie » (Rakotosamimanana, 2014). «shagarat elrowaq » sur la vallée du Nil (Von Maydell, 1986) ; « Sohanjna au Pakistan » (Anwar et al., 2007).et dans certains pays elle est connue sous le nom de « drumstick tree », « the horse rudish tree » ou « benzoil tree » (Anwar et al., 2007) et dans d'autre Marango, Mlonge, Moonga, Mulangay, Nébédaj (Fahey,2005).

Moringa oleifera Lam Que l'on trouve également sous le nom de Moringa pterygosperma (Roy, 2013) est l'espèce la plus largement cultivée et connue du genre Moringa appartenant à la famille mono- générique des moringacées. (Nadkarni, 1976 ; Ramachandran et al., 1980 ; Olson, 2001 ; Fahey, 2005, Sain et al., 2013 et Hédji et al., 2014).

## II.2. Systématique et nomenclature :

Tableau II : la systématique de Moringa oleifera (Laleye et al., 2015).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Capparales
Famille	Moringaceae
Division	Magnoliopyte
Genre	Moringa
Espèce	Oleifera

### II.3. Description botanique :

*Moringa* est un arbre pérenne, à croissance rapide, qui peut atteindre 7 à 12 mètres de hauteur et dont le tronc est généralement droit (20 à 40 cm de diamètre) ; et peut atteindre 1,5 à 2 mètres de haut avant de se ramifier (**Laleye et al., 2015**). Ses feuilles sont caduques imparipennées et composées de folioles ovales, vert clair d'environ 1 cm de long (**Saint Sauveur , 1991**), alternes et bi ou tripennées, se développent principalement dans la partie terminale des branches (**Laleye et al., 2015**). Les inflorescences en panicules axillaires ou en thyrses (comme l'inflorescence de la vigne), portent de nombreuses fleurs odorantes généralement actinomorphes mais parfois zygomorphes, bisexuées, blanches à jaune ou rouge, en forme de coupe ou tubulaires. Les fleurs sont composées de 5 sépales, 5 pétales, 5 étamines alternant avec 3-5 staminodes et 1 pistil à 2-4 styles sans stigmates (**Adanson, 2011**). Son fruit est une capsule déhiscente, pendante, en forme de baguette de tambour et mesure de 30 à 50 cm de long, il contient des graines sphériques, noires, entourées d'un péricarpe qui forme trois ails (**Delpha, 2011**).



a

b

c

d

**figure 1** : Feuilles (a) (**Source** : Price 2007), Fleurs (b) (**Source**: BELLO ), Grain (c) (**Photos S. Tostain**) et Gousses de *Moringa oleifera* (Photos : Tim Motis).

### II.4. Origine et répartition géographique :

*Moringa oleifera* est originaire du nord-ouest de l'Inde (les montagnes subhimalayennes) est maintenant cultivé dans la grande partie des régions tropicales et subtropicales (**Morton, 1991**; **Fahey, 2005**; **Leone et al., 2016**). A nos jours *Moringa oleifera* est principalement rencontré dans le

moyen orient et dans les pays africains et asiatiques, mais grâce à son adaptabilité le Moringa est diffusé dans de nombreux régions à travers le monde surtout les régions tropicales et subtropicales (Leone et al., 2016).



**Figure 2 :** Répartition de *Moringa Oleifera*.

## II.5. Culture :

C'est un arbre à croissance rapide doté d'une capacité efficiente de régénération après élagage et une capacité de produire des feuilles de bonne qualité en quantité importante en une unité de surface (Foidl et al., 2001; Nouman et al., 2014) .

L'arbre de Moringa croit mieux dans des intervalles de température allant de 25 à 35°C, dans des sols légèrement acides ou alcalins (pH 5.0 -9.0) à une altitude de 500m ; bien qu'elle peut tolérer : Des températures élevées, jusqu'à 48°C, gelé en hiver, altitude et des conditions très variés des sols. Les graines de *Moringa* peuvent être cultivées directement après maturité. A un âge de six à huit mois l'arbre commence à donner des fruits avec des quantités faibles au stade initial (une à deux années) ; Or que la récolte augmente dans les années suivantes (Saini et al., 2013).

## II.6. Composition :

Toutes les parties de *M. Oleifera* sont une réserve importante de nutriments. Les feuilles sont très riches en protéines d'une qualité supérieure que celles du lait et des œufs (Abdulkadir et al., 2016) et une considérable teneur en minéraux comme : Le calcium (4 fois plus riche que le lait), Le potassium (3 fois plus riche que la banane), Le fer (3 fois plus riche que les amandes), Le zinc, et en magnésium. Elles sont aussi riches en vitamines : vitamine A (4 fois plus que les carottes), vitamine C (7 fois plus que les oranges), vitamine B comme l'acide folique, pyridoxine et acide nicotinique, les vitamines D et E sont aussi présents (Fahey 2005; Dachana et al., 2010; Kasolo et al., 2010; Abdulkadir et al.,

2016) .Les feuilles de *Moringa oleifera* ont aussi un bon profil en acides aminés. Un phénomène plutôt rare pour une plante, elles possèdent les 08 acides aminés essentiels à l'humain. Tous les acides aminés essentiels sont présents à une concentration supérieure par rapport à celle préconisée par la FAO, l'OMS et l'ONU pour les enfants de 2 à 5 ans (Bau et al., 1994; Makkar et Becker 1996).( tableau III).

Les graines de *Moringa* ont attirés l'attention de plusieurs scientifiques car elles contiennent des quantités importantes d'huile (plus de 40%). Cette huile également nommée « huile de Ben » ou « huile de Behen » (Aly et al., 2016) est caractérisée par sa richesse en acides gras de haute qualité de 70 à 73% d'acide oléique (Leone et al., 2016),1.4% d'acide palmitoléique,7.7% d'acide béhénique,6.2% , d'acide palmitique et 5.7% d'acide stéarique ( Roy,2013) , et par une remarquable résistance à la dégradation oxydative (Anwar et al., 2007; Leone et al., 2016).

**Tableau III** : la composition de feuilles sèches de *Moringa Oleifera* par 100g de portion comestible (Fuglie ,2002)

Composition	Poudre des feuilles sèches
Teneur en eau %	7.5
Protéine(g)	27.1
Lipide(g)	2.3
Carbohydrate(g)	38.2
Fibre(g)	19.2
calorie	205.0
Minéraux(g)	
Ca (mg)	2003.0
Mg (mg)	368.0
P (mg)	204.0
K (mg)	1324.0
Cu (mg)	0.6
Fe (mg)	28.2
S (mg)	870
Vitamines(mg)	
β-Carotène(mg)	16.3
Choline (mg)	-
Thiamine (mg)	2.6
Riboflavine (mg)	20.5
Acide Nicotinique(mg)	8.2
Acide Ascorbique(mg)	17.3
Acétate de tocophérols (mg)	113.0

<b>Acides Aminés Essentiels</b>	
<b>Histidine (mg)</b>	<b>613</b>
<b>Isoleucine(mg)</b>	<b>825</b>
<b>Leucine (mg)</b>	<b>1950</b>
<b>Méthionine(mg)</b>	<b>350</b>
<b>Phénylalanine(mg)</b>	<b>1388</b>
<b>Thréonine(mg)</b>	<b>1188</b>
<b>Tryptophane (mg)</b>	<b>425</b>
<b>Valine (mg)</b>	<b>1063</b>

## II.7. Domaines d'utilisation de *Moringa* :

### II.7.1. Alimentation humaine et animale :

*Moringa Oleifera* est considéré comme une plante puissante capable de lutter contre la malnutrition, surtout chez les femmes enceintes, allaitantes et chez les enfants (**Abdulkadir et al., 2016**). Toutes les parties de *Moringa* (feuilles, graines, racines, tige et fleurs) sont convenables à la consommation humaine et animale (**Tété-Bénissan et al., 2012; Leone et al., 2016**). Les feuilles de *Moringa* peuvent être consommées fraîches, cuites, sautées, comme salade ou conservée sous forme d'une poudre durant plusieurs mois et peut s'ajouter à toutes sortes de plats en tant que complément nutritionnel (**Fahey, 2005; Andriambelo et al., 2015**). Les jeunes fruits se mangent comme légume. La gousse entière peut être préparée cuite et mangée en tant qu'haricots verts. Les graines doivent d'abord être bouillies avant consommation et elles ont le goût des cacahuètes. Les fleurs qui doivent être cuites sont consommées mélangées avec d'autres aliments. Les racines sont utilisées comme condiment avec un goût piquant (**Louni, 2009**).

Plusieurs auteurs ont rapportés l'efficacité de l'incorporation de *Moringa* dans la ration alimentaire des animaux (**Pamo et al., 2005; Yang et al., 2006; Kakengi et al., 2007; Hédji et al., 2014**). Son effet positif sur la croissance des moutons (**Salem et Makkar, 2009**); sur le doublement du rendement en lait de vache (**Reyes, 2006**), sur l'amélioration de la couleur jaune des jaunes d'œufs et sur la productivité chez les poules pondeuses (Annexe II) (**Missohou 1980; Tendonkeng et al., 2008; Bello, 2010**). Les aliments à base de folioles de *Moringa* ont permis d'obtenir de bonnes performances pondérales chez les lapins (**Dahouda et al., 2013**).



**Figure 3 :** Poudre de feuilles de Moringa ajoutée à un plat. **Photo :** Doris Strong.

### II.7.2. Phytothérapie :

De nombreuses vertus thérapeutiques sont attribuées à *M. oleifera* qui est utilisé en médecine traditionnelle (Tété-Bénissan et al., 2012) et plusieurs recherches ont venues décrire les différents potentiels de *Moringa Oleifera* :

- un potentiel anti-inflammatoire (Ezeamuzie et al., 1996; Chuang et al., 2007; Arulselvan et al., 2016) ; hépatoprotectif (Pari et Kumar, 2002) ; Antituméral et anticancéreux (Anwar et al., 2007) ; Anti-hypercholestérolémiant (Ghasi et al., 2000) ; Antifongique (Chuang et al., 2007) ; Antioxydant et anti-hypertensive (Vongsak et al., 2013) ; Antimicrobien (Arora et al., 2013; Arora et Onsare, 2014).
- Un potentiel sur le traitement des maladies cardiovasculaires, gastro-intestinales, hématologique, et sur les désordres hépatorénales (Morimitsu et al., 2000; Anwar et al., 2007; Singh et al., 2013).
- Le Moringa est aussi utilisé pour le traitement de tumeurs abdominales, désordres psychologiques (hystérie), scorbut et problème de prostate (Farooq et al., 2012; Mbikay, 2012) .

### II.7.3. Industrie :

Elle est utilisée comme lubrifiant dans la machinerie fine, comme l'horlogerie, pour sa faible tendance à se détériorer et devenir rance et collante (Ferrao et Ferrao, 1970; Ramachandran et al., 1980).

### II.7.4. Utilisation cosmétique :

Les qualités cosmétiques de *Moringa Oleifera* sont connues depuis longtemps. L'huile extraite à partir des graines était déjà utilisée dans l'Egypte ancienne dans des formules antirides (Roy, 2013). L'huile de Moringa est convenable pour le cosmétique grâce à sa grande stabilité (De

**Saint Sauveur, 2002**) et à sa capacité à absorber et à retenir les substances volatiles. Elle est également intéressante dans l'industrie des parfums pour stabiliser les senteurs (**Foidl et al., 2001**).

#### **II.7.5. Biodiésel :**

Récemment, des études portées sur la perspective de l'utilisation de l'huile des graines de *Moringa Oleifera* comme énergie durable sous forme de biodiésel ont conclu que *Moringa Oleifera* est l'une d'éventuel récolte industrielle pour le biodiesel (**Azad et al., 2015; Saini et al., 2016**).

#### **II.7.6. Purification d'eau :**

Les graines de *Moringa Oleifera* sont utilisées pour traiter l'eau; (**Kwaambwa et al., 2015; Saini et al., 2013; Saini et al., 2016**) grâce à sa richesse en polyélectrolytes cationiques actifs utilisés comme polypeptide naturels non toxique qui neutralisent les matières colloïdales et provoquent la sédimentation des particules minérales et organique (**Foidl et al., 2001**).

#### **II.7.7. Autres utilisations :**

*Moringa Oleifera* possède d'autres pouvoirs ; ses graines sont utilisées pour purifier le lait et le miel. *Moringa oleifera* est aussi employé comme une barrière de phase et coupe-vent et peut être utilisé comme un engrais pour activer la croissance des arbres et les rendements des plantes. (**Pamo, 2005**).

Selon **Foidl et al., 2001**. un extrait de feuilles de *Moringa oleifera* préparé avec de l'éthanol à 80% contient des facteurs de croissance comme les hormones du type cytokinine Ces hormones de croissance augmentent la robustesse des plantes et leur résistance aux maladies.

*Partie*  
*Pratique*



# *Matériel et méthodes*

### III.1.Préparation de l'échantillon

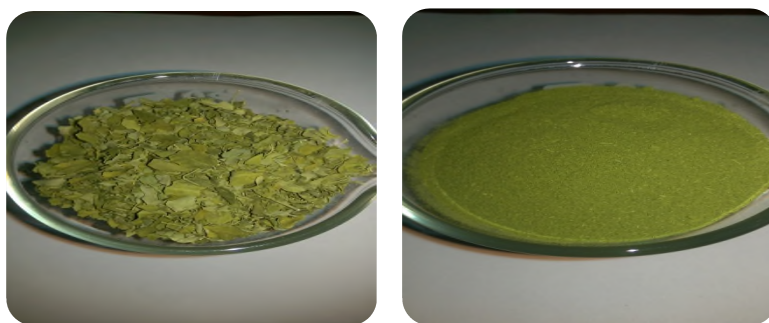
#### III.1.1. Matières premières :

##### III.1.1.1. La poudre de feuilles de *Moringa Oleifera* :

**Récolte :** L'échantillon utilisé dans cette étude (feuilles de *Moringa Oleifera*) est récolté dans la wilaya d'OUED-SOUF en JUIN 2016. L'échantillon est nettoyé à l'eau pour enlever la poussière, puis étalé sur un filet pour séchage.

**Séchage :** Le séchage est effectué à l'air libre et à température ambiante (à l'abri du soleil) dans un endroit sec et ventilé.

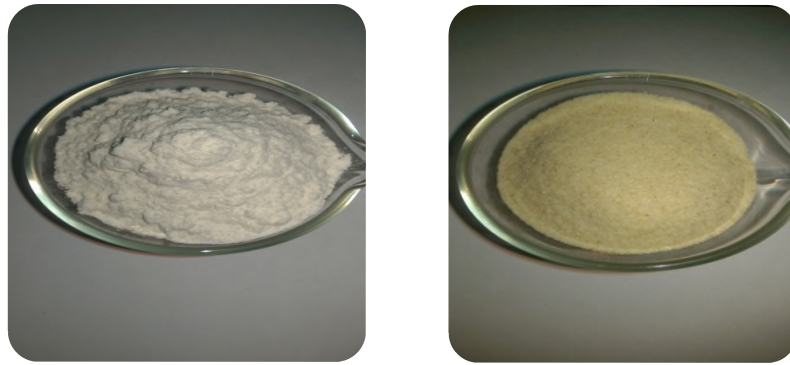
**Broyage :** les feuilles de *Moringa Oleifera* ont été broyées jusqu'à l'obtention d'une poudre dont la taille des particules est inférieure à 0,5 mm ; cette poudre est conservée dans des bocaux à l'abri de la lumière jusqu'à utilisation.



**Figure 4 :** Photographie des feuilles sèches et la poudre des feuilles des *Moringa oleifera*

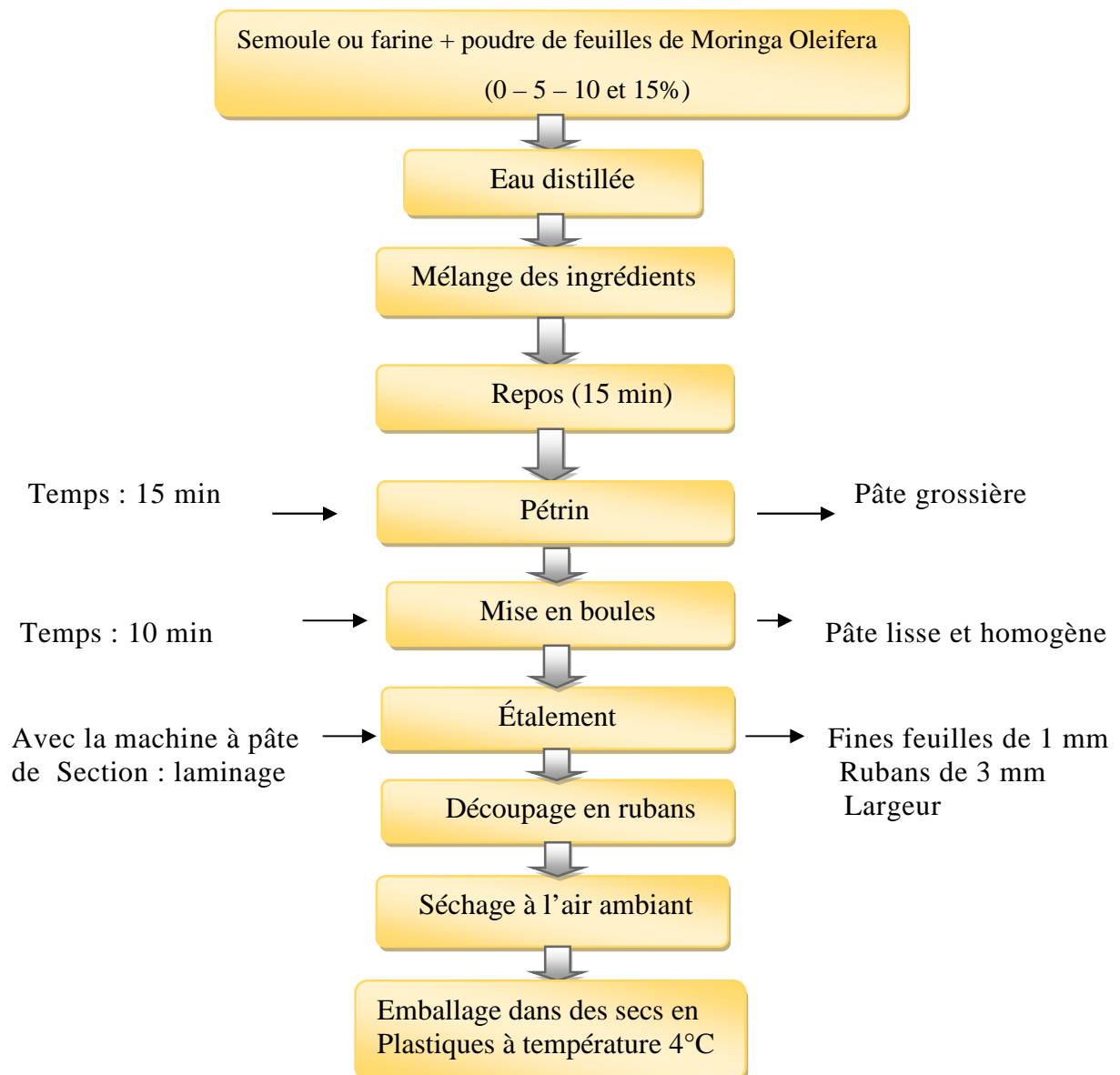
**III.1.1.2. La semoule/farine :** nous avons utilisé dans notre étude la semoule et la farine du commerce emballée(Safinna) dans des sacs de 10Kg et 05Kg respectivement, conservée à température ambiante dans un endroit sec. L'ensemble des essais relatifs aux pâtes ont été réalisés avec le même lot de semoule et farine.

**III.1.1.3. L'eau :** L'eau utilisée pour la fabrication des pâtes alimentaires est une eau distillée.



**Figure 5 :** Photographie des matières première (semoule et farine)

Pour la fabrication des pâtes alimentaires, nous avons adopté le diagramme illustré par (**figure 08**).

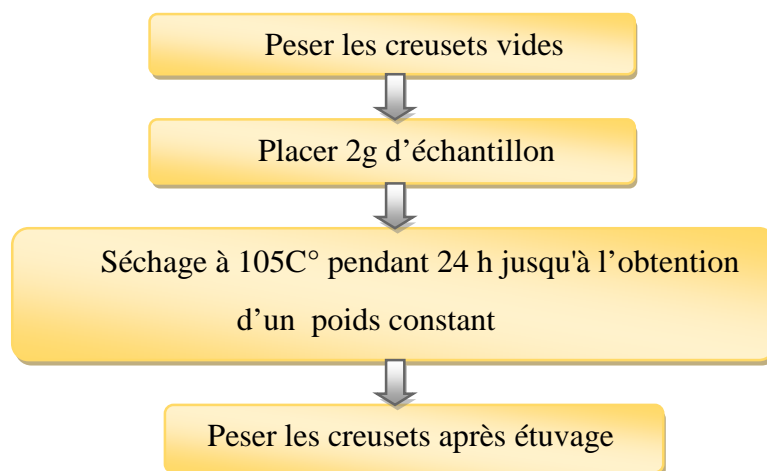


**Figure 6 :** Diagramme de fabrication des pâtes alimentaires

### III.2. Caractérisation chimique des pâtes alimentaires enrichies :

#### III.2.1. Détermination de la teneur en matière sèche et humidité : (AOAC, 1998)

La teneur en matière sèche a été déterminée par évaporation de l'eau contenue dans l'échantillon en utilisant une étuve réglée à 105°C pendant 24h. La masse résiduelle (P2) a été mesurée à des intervalles de temps réguliers jusqu'à ce que la masse obtenue reste constante Après dessiccation ;



**Figure 7** : Protocole de détermination de la en matière sèche et humidité (AOAC, 1998)

La teneur en matière sèche et le taux d'humidité ont été exprimés par les formules suivantes

$$MS \% = ((P2-P1)/P0) * 100$$

$$TH \% = 100 - MS$$

Ou:

**P0**: représente la prise d'essai,

**P1**: représente le poids du creuset,

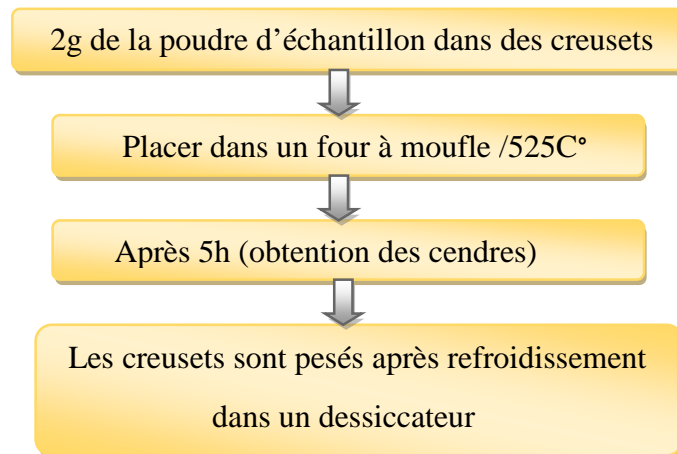
**P2** : représente le poids du creuset avec l'échantillon,

**MS (%)** : représente la teneur en matière sèche,

**TH (%)**: représente le taux d'humidité.

**III.2.2. Détermination de la matière minérale (MM%) ou cendres bruts : (AOAC 1995)**

Les cendres totales représentent la partie minérale d'un produit qui permet d'avoir une idée sur son apport en sel minéraux ; Les cendres totales ont été obtenues par incinération dans un four à moufle à 525°C pendant 5h.



**Figure 8 :** Protocole de détermination de la matière minérale (MM%) (AOAC 1995)

Le taux des cendres totales est exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche, est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Cendres \%} = \frac{P_2 - P_1}{P_0} \times 100$$

$P_0$  : poids de l'échantillon (g)

$P_1$  : poids du creuset vide (g)

$P_2$  : Poids de creusets + échantillon après incinération (g).

**III.2.3. Dosage des protéines :**

La teneur en protéines totaux a été déterminée par la méthode de **Kjeldahl, 1995**. Le taux en protéines a été calculé en utilisant un facteur de conversion de l'azote de 6.25. Les données ont été exprimées en pourcentage du poids sec. Cette technique se résume en trois étapes, la minéralisation, la distillation et le titrage (**AACC, 1995**).

0.5g de poudre de la poudre des échantillons a été additionné a 20ml d'acide sulfurique (98%) et 2g de catalyseur de sélénium, le mélange a été ensuite chauffé progressivement jusqu'à ce que la solution soit limpide (couleur vert pâle) sur une rampe chauffante. Après refroidissement, le volume a été complété à 100ml avec de l'eau distillée. Ensuite, 15ml de soude (40%) ont été ajoutés à 20ml de l'échantillon minéralisé. Il se forme de l'ammoniac volatil qui a été entraîné par la vapeur de distillation, condensé par le réfrigérant et recueilli dans l'acide borique (4%, pH 5.5) La distillation est terminée lorsque le volume recueilli est de 100 ml. L'ammoniac distillé a été ensuite titre par l'acide sulfurique (0.02N).

La teneur en azote total a été calculée selon la formule suivante :

$$N (\%) = \frac{(V_1 - V_0) \times 2.8}{20 \times p}$$

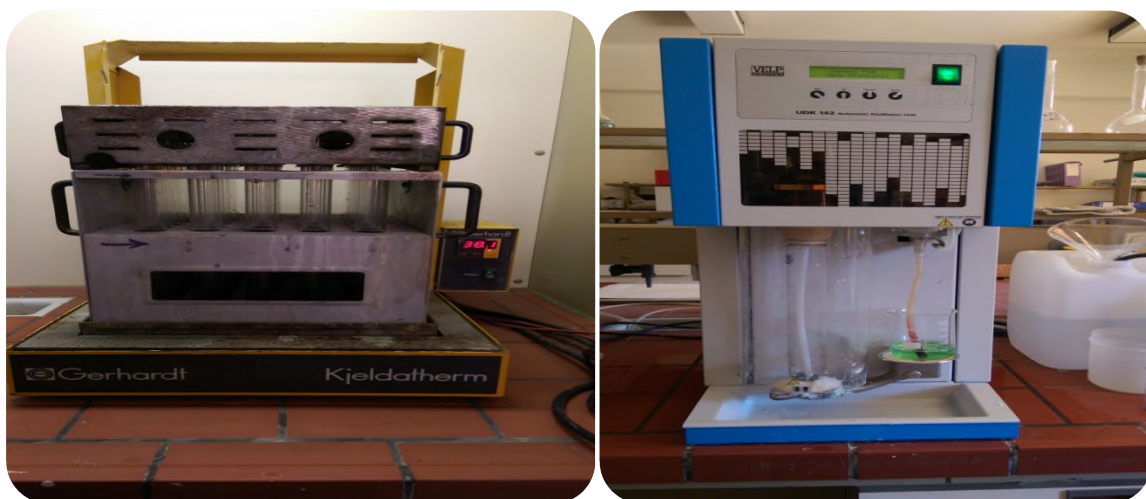
**V<sub>1</sub>**: volume en millilitre de l'acide sulfurique titré.

**V<sub>0</sub>**: volume en millilitre de l'acide sulfurique utilise lors de l'essai à blanc.

**P** : la masse en gramme de la prise d'essai.

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

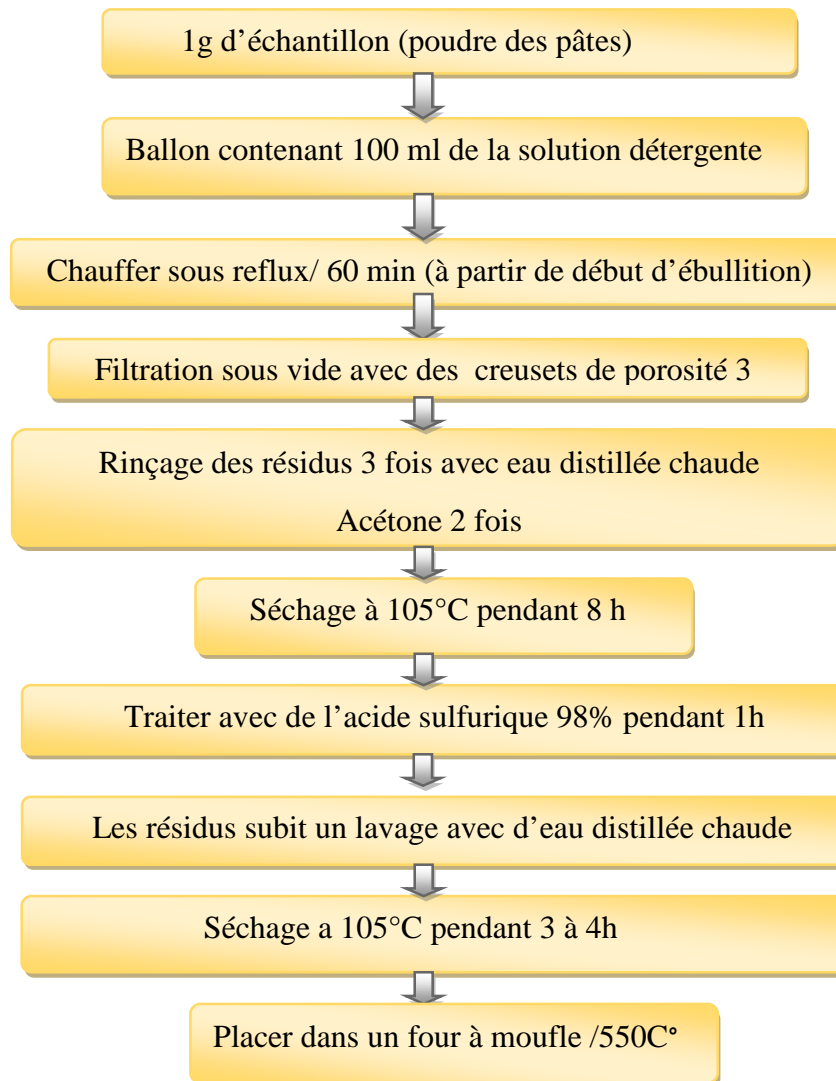
$$P (\%) = N (\%) \times 6.25$$



**Figure 9** : Photographie d'Appareil de Kjeldahl

**III.2.4. Teneur en ADF :**

La teneur en ADF brute est déterminée par la méthode de **Van Soest 1967**



**Figure 10** : Protocole Détermination de la teneur en ADF (Van Soest 1967).

Les résidus secs sont pesés ( $P_1$ ), puis incinérés à 550/ 5h et repesés ( $P_2$ ) après refroidissement dans un dessiccateur.



**Figure 11** : Photographie d'Appareil de fibrotèque

### III.3. La qualité culinaire des pâtes :

#### III.3.1. Le temps optimal de cuisson : Petitot et al., (2010)

La cuisson des pâtes est déterminée selon le protocole suivant :

Un échantillon de 100 g de pâtes (pâte témoin et pâte aux *Moringa oleifera*) est plongé dans 2 litres d'eau distillée bouillante contenant 7 g/ litre de sel.

À des intervalles de temps réguliers ( soit toute 1 minute), un brin de pâte est prélevé entre deux lamelles en verre pour évaluer la cuisson des pâtes (disparition de cœur blanc).

#### III.3.2. Indice gonflement (Poids à la cuisson) :

Le gonflement renseigne sur la capacité d'absorption d'eau des pâtes cuites. La procédure de préparation des échantillons pour la détermination de l'indice de gonflement est la même que celle décrite dans la section de détermination du temps optimum de cuisson.

Selon **Mestres et al., 1988** cité par **Gopalakrishnan et al., 2011**, Le poids à la cuisson ou l'indice de gonflement (IG) est déterminé par la pesée des pâtes égouttées et calculé selon l'équation suivant :

$$\text{IG (\%)} = \frac{\text{poids des pâtes cuites (TOC+ 1min)} - \text{Poidsdes pâtes sèches}}{\text{Masse pâtes sèches}}$$



### III.3.3. Pertes à la cuisson :

Selon **Edwards et al., (1993)**; **Brennan et al., (2004)** et **Bui et Small, (2007)** cité par **fradique et al., 2010** les pertes dans les eaux de cuisson collectées à partir de chaque échantillon sont déterminées par évaporation jusqu'à poids constant dans une étuve ventilée à 103°C selon l'expression suivant :

$$\text{Pertes à la cuisson} = \frac{\text{poids des résidus des eau de cuisson séchés}}{\text{poids des pâtes cru}} \times 100$$

### III.3.4. La capacité d'absorption d'eau :

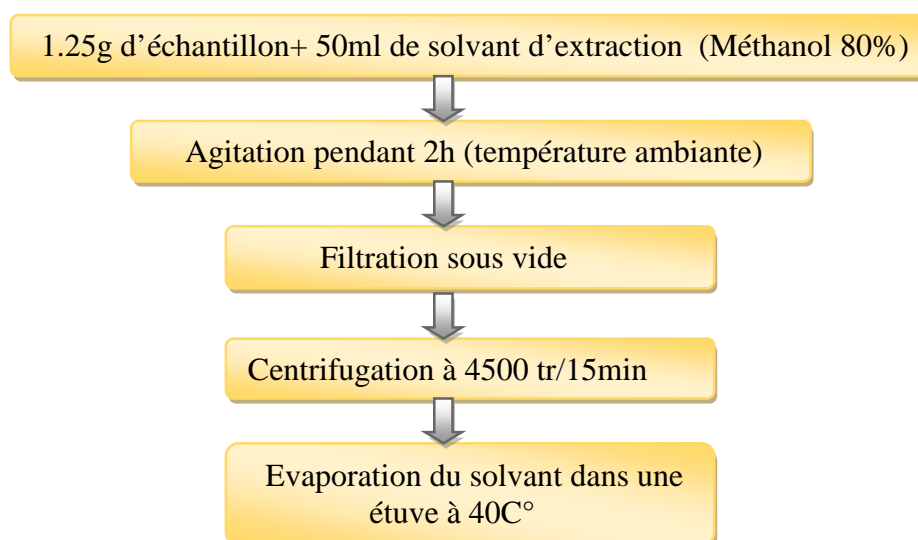
Selon **Petitot et al., (2010)** l'eau absorbée est évaluée sur un échantillon de pâte sèche et calculé comme suit :

$$\text{Eau absorbée (\% ms)} = \frac{\text{poids des pâtes cuites (TOC+ 1min)} - \text{Poids des pâtes sèches}}{\text{Masse pâtes sèches}} \times 100$$

## III.4. Evaluation de la teneur en composés phénoliques des pâtes alimentaires :

### III.4.1. Extraction des composés phénoliques :

L'extraction des composés phénoliques des pâtes alimentaires est menée selon **Oomah et al., (2010)** avec du méthanol 80% comme solvant.

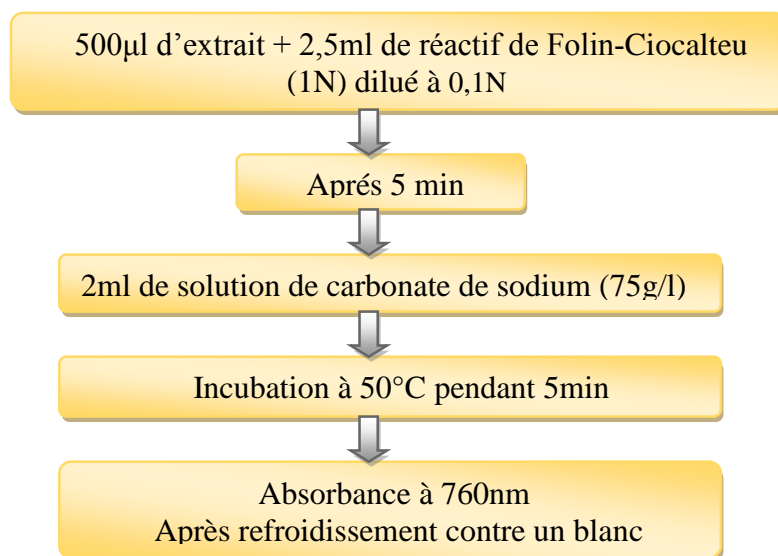


**Figure 12** : Protocole d'extraction des composés phénoliques (**Oomah et al., 2010**)

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

**III.4.2. Dosage des phénols totaux solubles par la méthode au Folin Ciocalteu :**

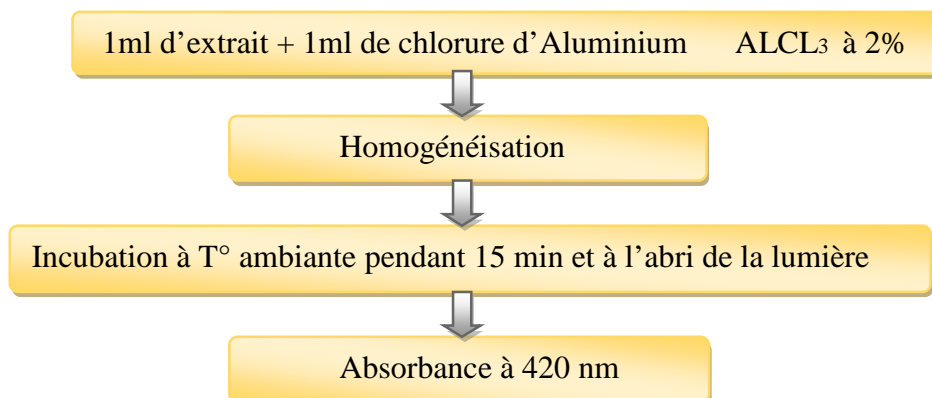
Le dosage des phénols totaux solubles est effectué par la méthode au Folin-Ciocalteu décrite par **Skerget et al., (2005)**.



**Figure 13 :** Protocole de dosage des phénols totaux solubles (**Skerget et al., 2005**).

**III.4.3. Dosage des flavonoïdes :**

Le contenu en flavonoïdes des différents extraits (**Figure 14**) est estimé par la méthode de **Lamaison et Carnet, (1990)**.



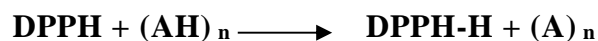
**Figure 14:** Protocole de dosage des flavonoïdes (**Lamaison et Carnet, 1990**).

**III.5. Potentiel antioxydant des pâtes enrichies :**

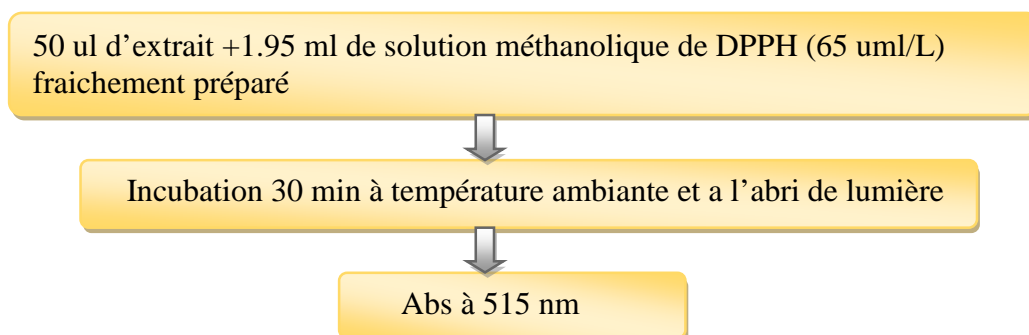
Nous avons utilisé 03 tests : Test DPPH, pouvoir chélateur du fer et le pouvoir réducteur.

**III.5.1. Activité antiradicalaire :**

Le DPPH est un radical stable et il présente en solution une absorption caractéristique à 517 nm qui lui confère une coloration violette. Cette couleur disparaît rapidement lorsque le DPPH est réduit par un capteur de radicaux libres. (Annexe III)



Où  $(\text{AH})_n$  représente un composé capable de céder un hydrogène au radical DPPH pour le transformer en molécule DPPH-H (**Brand-Williams et al., 1995**).



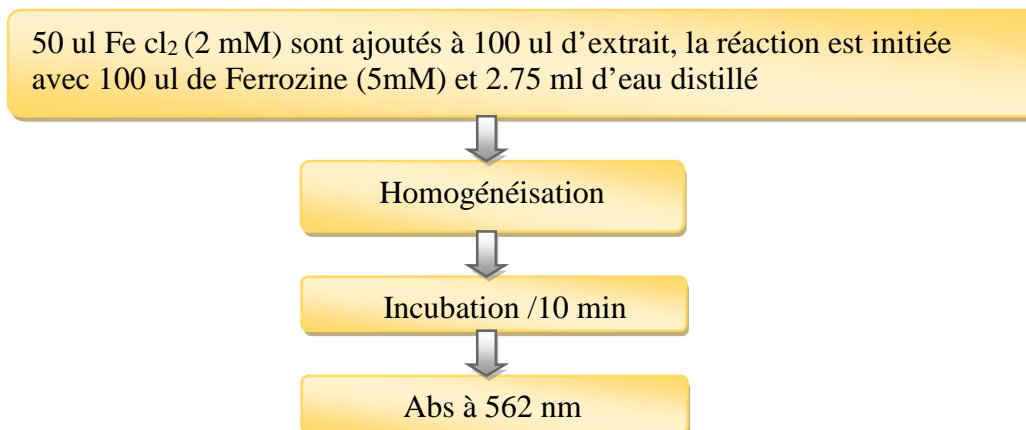
**Figure 15:** Protocole d'évaluation activité antiradicalaire **Brand-william. (1995)**.

La capacité antioxydante de l'échantillon a été exprimée en pourcentage (%) d'inhibition du DPPH.

$$\% \text{ d'inhibition} = \frac{\text{Abs control} - \text{Abs échantillon}}{\text{Abs control}} \times 100$$

**III.5.2. Chélation du fer ferreux : méthode de Zhao *et al.* (2006) :**

Selon **Le *et al.* (2007)** la capacité chélatrice des extraits est mesurée en suivant l'inhibition de la formation du complexe  $\text{Fe}^{2+}$ -Ferrozine après incubation des échantillons avec le fer divalent, permettant ainsi la complexation du fer résiduelle et la formation d'un chromophore rouge ( $\text{Fe}^{2+}$ -Ferrozine) ayant un maximum d'absorption à 562 nm.



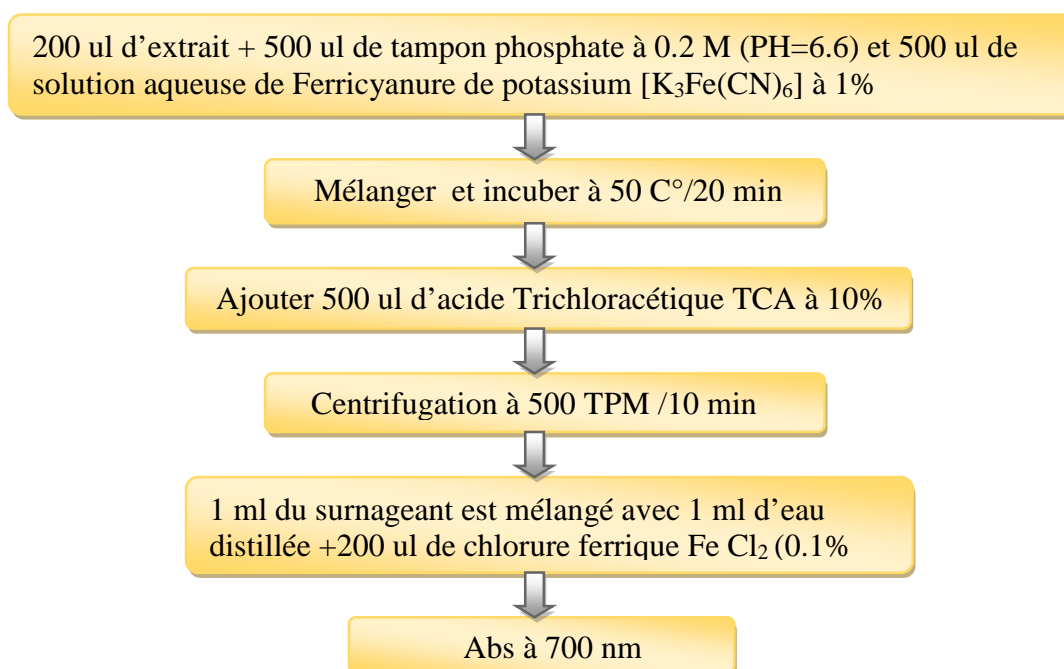
**Figure 16:** Protocole d'évaluation activité antioxydant par la Chélation du fer ferreux *Zhao et al.*

$$\% \text{d'inhibition} = \frac{\text{Abs control} - \text{Abs échantillon}}{\text{Abs control}} \times 100$$

### III.5.3. Pouvoir réducteur : méthode d'Oyazu *et al.* (1986)

La présence d'un composé réducteur de Fer dans l'échantillon entraîne la réduction du Fer ferrique (Fe<sup>3+</sup>) du complexe ferricyanure en Fer Ferreux (Fe<sup>2+</sup>).

Cette réduction se traduit par un virage de couleur jaune de Ferricyanure de potassium vers la couleur bleu vert dont l'intensité dépend du pouvoir réducteur (*Li et al., 2009*).

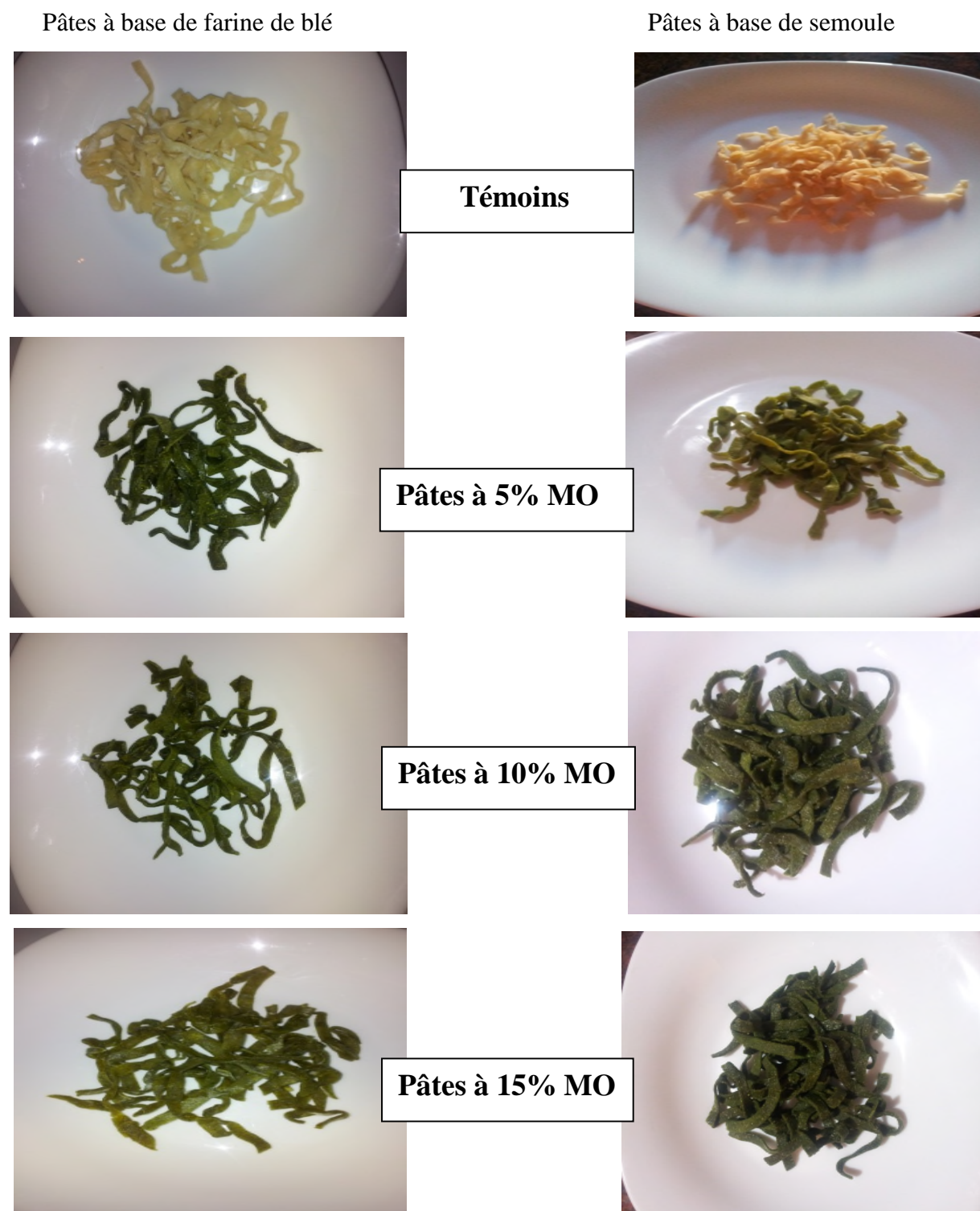


**Figure 17 :** Protocole d'évaluation d'activité antioxydante par le Pouvoir réducteur *Oyazu et al., (1986)*

# *Résultats et discussion*

**IV. Résultats et discussion :**

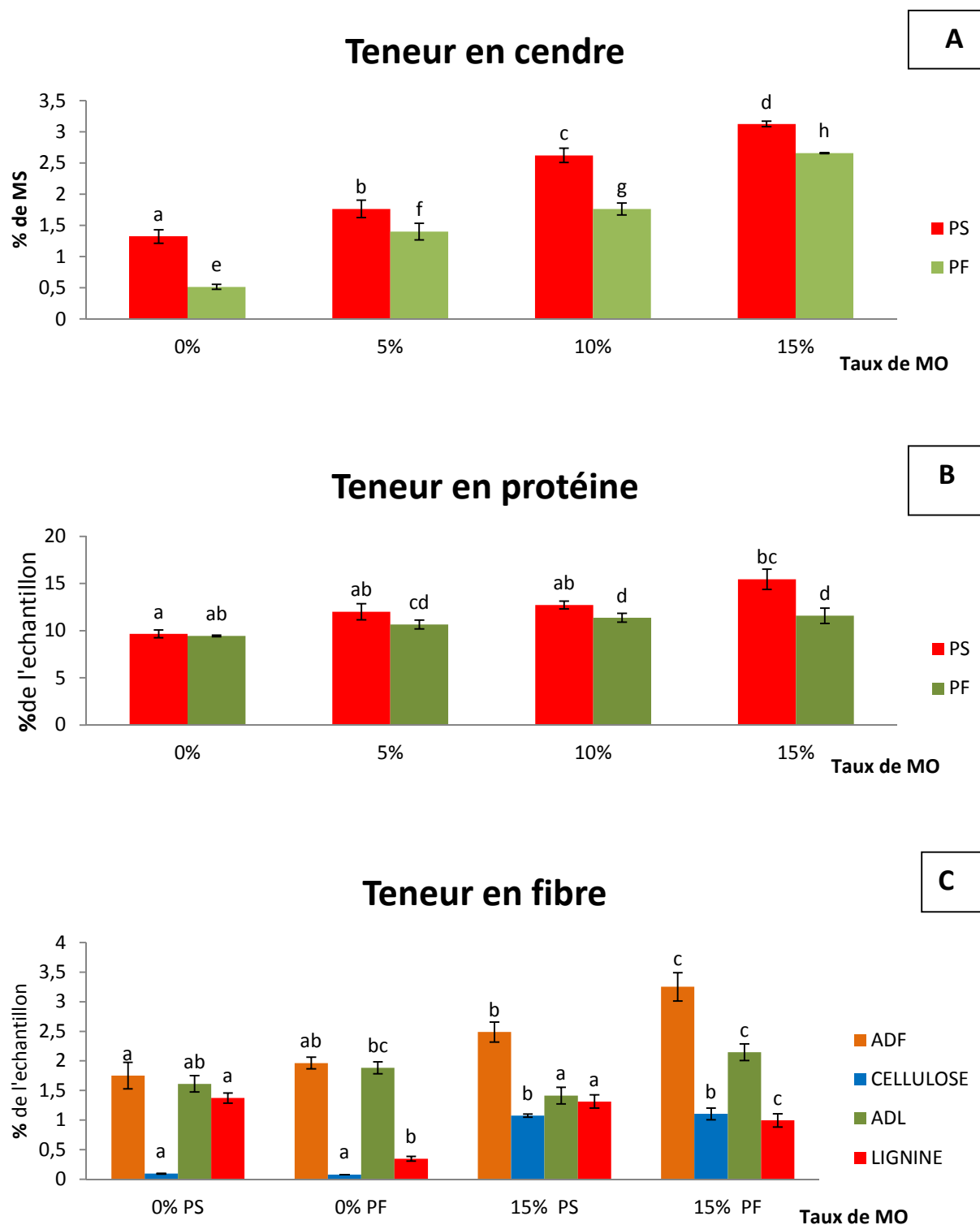
La figure 18 illustre les différentes pâtes à base de poudre de feuille de MO associée à de la semoule ou de la farine de blé



**Figure 18:** Pâtes alimentaires enrichies par la poudre des feuilles de *Moringa Oleifera*

#### IV.1. La composition chimique des pâtes alimentaires enrichies :

Les résultats d'analyse chimique de nos pâtes sont illustrés par la figure 19



**Figure 19** : composition chimique globale des pâtes alimentaires enrichies.

Les pâtes alimentaire à base de semoule contiennent plus de matière minérale ( $p < 0.05$ ) que leur homologue à base de farine (figure A). une augmentation progressive de la teneur en cendre est notée avec l'augmentation du taux d'incorporation. L'amplitude des augmentations notées pour le taux de 15% de MO s'élève à 3.12% (semoule) et 2.65% (farine).

La teneur en protéine augmente avec l'augmentation du taux d'incorporation de la poudre de feuilles *Moringa Oleifera*. Elle varie de 9.66 à 15.45% pour les pâtes semoule et de 9.44 à 11.59% pour les pâtes à base de farine.

Les pâtes alimentaires fabriquées à base de semoule contiennent des teneurs élevées ( $p < 0.05$ ) que leur équivalent à base de farine. Le taux de protéine le plus élevé (15.45% de l'échantillon est en faveur des pâtes de semoule à 15% de MO (figure B)

La teneur en fibre alimentaires augmente avec l'élévation du taux d'incorporation de la poudre des feuilles de MO (figure C).

Les pâtes à base de farine contiennent une teneur supérieur ( $p < 0.05$ ) à celle des pâtes fabriquée avec la semoule. La teneur optimale de ( $3.25 \pm 0.23$ ) est en faveur des pâtes 15% MO PF à la valeur minimale de (1.75) enregistrée pour les pâtes témoins (0% MO PS).

## **IV.2. Les qualités culinaires des pates enrichies :**

Notre expérimentation a mis en jeu deux facteurs : Echantillon (semoule ou farine du blé) et taux d'incorporation de poudre de feuille de MO. Nous avons évalué les paramètres suivants : la capacité d'absorption d'eau, l'indice de gonflement, les pertes à la cuisson et le temps optimal de cuisson.

L'analyse statistique de nos résultats montre que chacun des deux facteurs mis en jeu affecte significativement ( $P < 0.05$ ) chacun des paramètres mesurés. Le facteur échantillon est en faveur de la semoule et le facteur taux est en faveur du taux 15%.

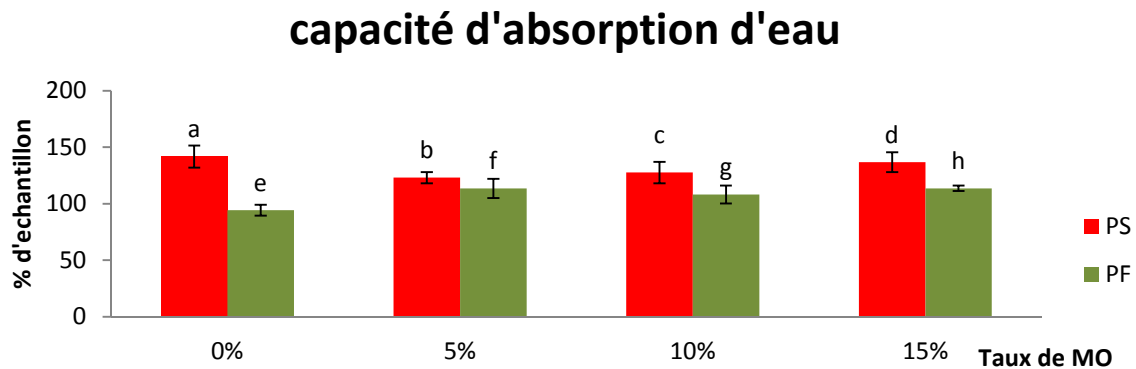
La seule interaction entre ces deux facteurs est notée pour le paramètre temps de cuisson.

### **IV.2.1. La capacité d'absorption d'eau :**

Les pâtes alimentaires à base de semoule ont une capacité d'absorption d'eau (123.03 à 136.76g) plus élevée ( $P < 0.05$ ) que celle observée pour les pâtes à base de farine (94.20 à 113.65g)



L'élévation du taux d'incorporation au MO, démine la capacité d'absorption des pâtes à base de semoule. Pour les pâtes à base de farine nous remarquons au contraire une augmentation de 9.49 à 47.51% Par rapport au témoin (figure 20).



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p < 0.05$ )

**Figure 20** : la capacité d'absorption d'eau des pâtes alimentaires enrichies

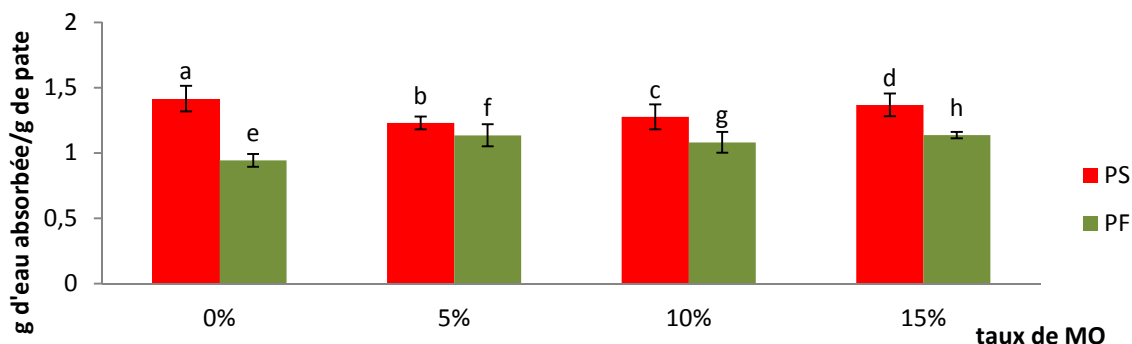
#### IV.2.2. Indice de gonflement :

L'indice de gonflement pour les pâtes à base de semoule (1.23 à 1.36 g d'eau absorbé/100g de pâte) est relativement supérieur ( $P < 0.05$ ) à celui observé pour les pâtes à base de farine (0.94 à 1.13 g d'eau absorbé/100g de pâte).

L'incorporation de MO dans les pâtes à base de semoule augmente de 0.09 à 0.47 g l'indice de gonflement des pâtes à base de farine. Ce dernier évolue faiblement avec l'augmentation du taux de MO (figure 21)

Pour les pâtes à base de semoule, Nous notons au contraire une baisse de l'indice de gonflement (1.41 à 1.36) en présence de MO.

### indice de gonflement



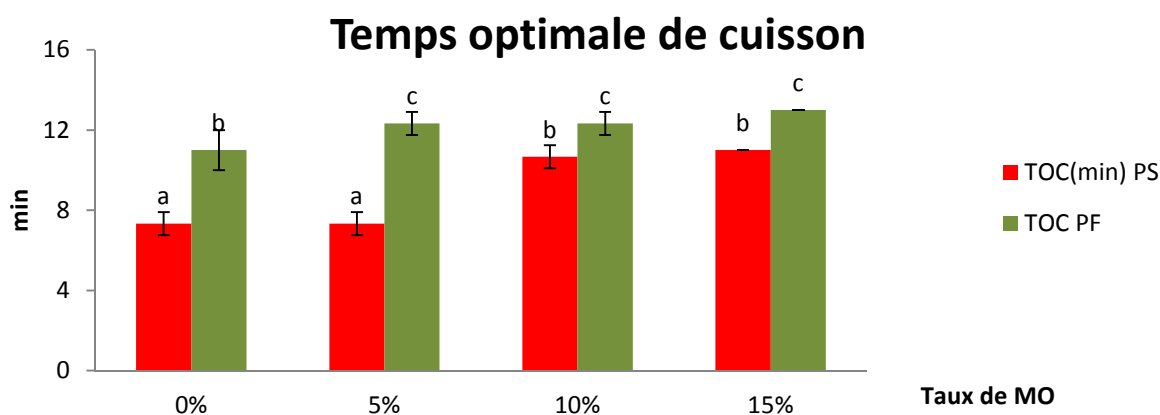
Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p < 0.05$ )

**Figure 21** : l'indice de gonflement des pâtes alimentaires enrichies

#### IV.2.3. Le temps optimal de cuisson (TOC) :

Les pâtes à base de farine présentent (figure 22) des temps de cuisson plus élevés que ceux observés chez les pâtes à base de semoule : avec un temps optimal 13 min enregistré pour les pâtes à base de farine à 15% MO contre 11min pour les pâtes à base de semoule à 15% MO (figure 22).

En présence de semoule ou farine, l'élévation du taux de MO allonge significativement ( $P < 0.05$ ) le temps de cuisson des pâtes.



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p < 0.05$ )

**Figure 22** : le temps optimal de cuisson des pâtes alimentaires enrichies

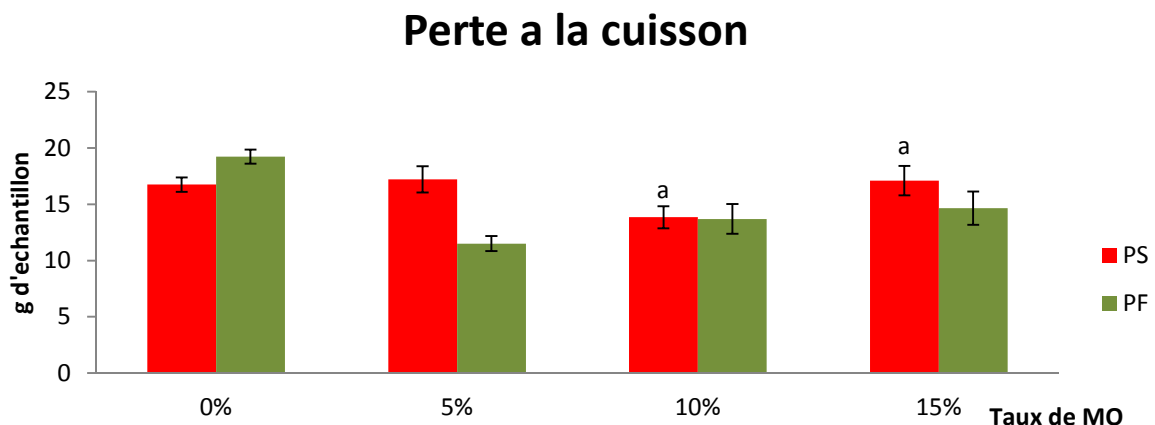
#### IV.2.4. Les pertes à la cuisson :

Les données de la figure 23 illustre la variabilité des pertes à la cuisson.

Les pertes les plus élevées sont observées chez les pâtes témoins 16.7 et 19.2% respectivement pour les pâtes à base de semoule et farine (figure 23).

Globalement, l'incorporation de la poudre de feuille de MO réduit ( $p < 0.05$ ) les pertes à la cuisson des pâtes à base de farine de 19.22 à 11.51 g.

Pour la semoule, le comportement des pâtes est variable ; nous enregistrons des pertes similaires ( $p < 0.05$ ) pour les taux de 10 et 15% de MO.



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p < 0.05$ )

**Figure 23** : les pertes à la cuisson des pâtes alimentaires enrichies

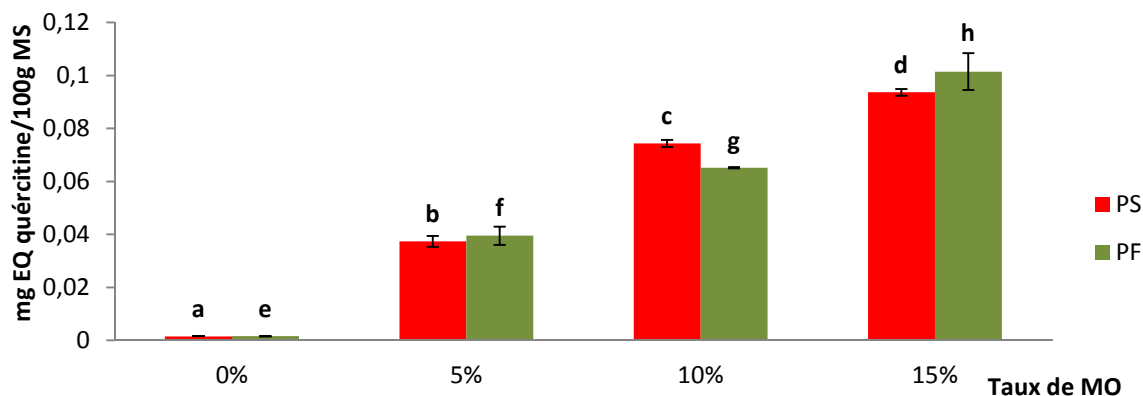
#### IV.3. Les composés phénoliques :

La soumission des résultats à l'analyse de la variance révèle un effet significatif ( $p < 0.05$ ) de chaque des deux facteurs : échantillon et taux. La seule interaction entre deux facteurs est notée pour les flavonoïdes particulièrement pour les pâtes à base de farine.

##### IV.3.1. Teneur en flavonoïdes :

Les teneurs enregistrées sont faibles 0.001 à 0.10 mg eq quercétine/100 g de MS (Figure 24).

## Teneur en flavonoïdes



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p < 0.05$ )

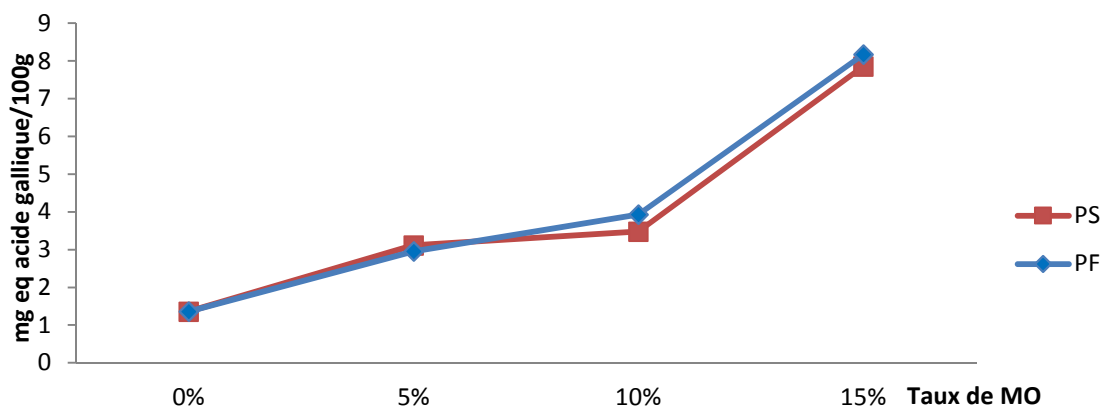
**Figure 24 :** la teneur en flavonoïdes des pâtes alimentaires enrichies

## IV.3.2. Teneur en Polyphénol totaux soluble :

L'évolution de la teneur en PTS en facteur du taux de MO ne révèle pas de grande différence entre farine et semoule (figure 25)

Toute fois nous notées de amplitude d'augmentation de la teneur en PTS qui passe de 1.35 à 7.85 (semoule) et 8.17 (farine).

## Teneur en composé phénolique



**Figure 25 :** histogramme représente la teneur en Polyphénol totaux soluble des pâtes enrichies

## IV.4. Evaluation de l'activité antioxydante des pâtes enrichies :

## chelation du fer ferreux

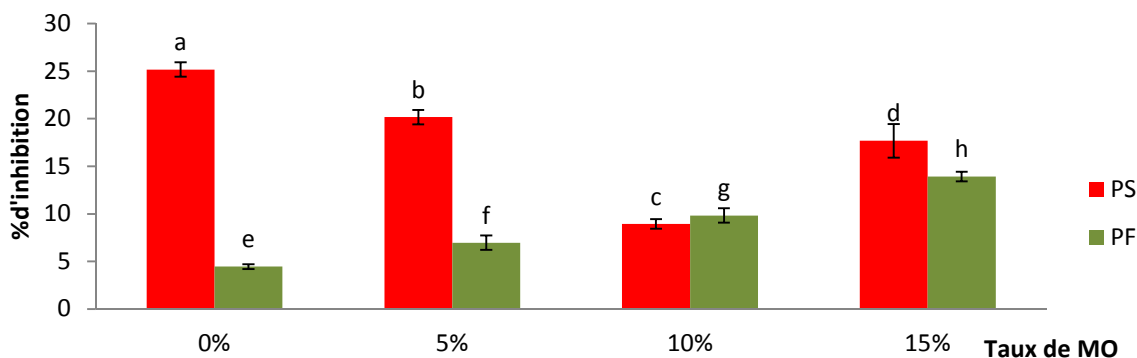


Figure 26 : le pouvoir chélateur du fer des pâtes alimentaires enrichies

## Pouvoir réducteur

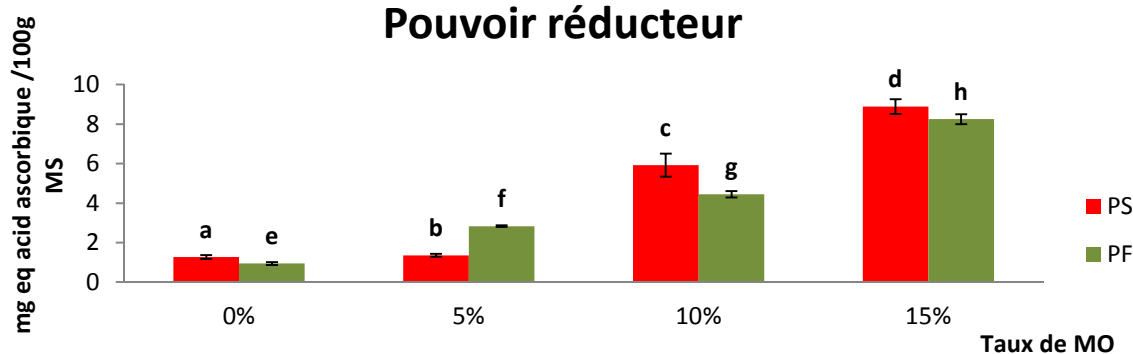
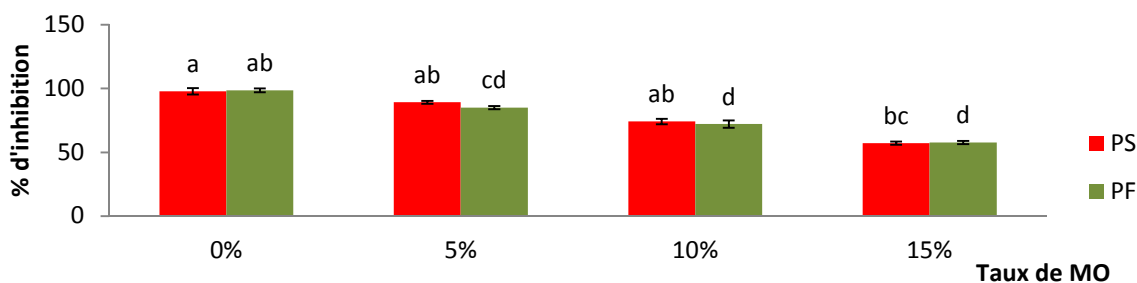


Figure 27 : le pouvoir réducteur des pâtes alimentaires enrichies.

## DPPH



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p < 0.05$ )

Figure 28 : l'activité antiradicalaire du DPPH des pâtes alimentaires enrichies

Les données expérimentales montrent que l'activité antioxydante des pâtes enrichies avec la poudre des feuilles de MO manifestent un pouvoir antiradicalaire variable, l'analyse statistique des résultats montre des différences significative ( $p < 0.05$ ) entre les pâtes utilisées.

Le pourcentage d'inhibition de DPPH est supérieur dans les pâtes témoins par rapport aux pâtes enrichies, l'inhibition maximale du DPPH (98.52) est notée pour les pâtes témoin (figure 28). l'aptitude des statistique de pâtes enrichie. Le DPPH diminue significativement ( $p < 0.05$ ) avec l'augmentation de MO dans les pâtes alimentaires

Le pourcentage d'inhibition de pouvoir réducteur augmente avec l'augmentation de taux d'incorporation de la poudre des feuilles de MO pour les 2 types des pâtes. la valeur maximale est enregistré pour les pâtes 15% MO PS ( $8.88 \pm 0.09$  mg eq acide ascorbique/100g de MS) et la valeur minimale enregistré pour les 0% MO PF ( $0.93 \pm 0.07$  mg eq acide ascorbique/100g de MS) (figure 27).

Le pourcentage d'inhibition de l'EDTA (99.46) est supérieur à celui des pâtes, le pouvoir chélateur chez les pâtes à base de farine augmente avec l'augmentation de taux d'incorporation (figure 26)

### Discussion générale :

L'incorporation de la poudre des feuilles de MO dans la préparation des pâtes alimentaires s'est accompagnée d'une variation de la qualité de ces dernières sur trois plans : composition chimique, qualité culinaire et propriétés anti- oxydants.

Les pâtes alimentaires avec MO affichent une augmentation de leur teneur en matière minérale (0.51% à 3.12%), protéines (22.71 à 59.84%) et fibres (0.07 à 1.17%).

Les enrichissements relève dans le présent travail s'accordent avec les données de **Chillo et al.,(2008)** pour les cendres bruts , **Giminez et al.,(2012)** et **Murali et al.,(2010)** pour les protéines brutes. Nos données suggèrent une plus grande richesse de la poudre de feuilles de MO comparativement à la semoule ou farine de blé (matières premières essentielles dans la fabrication des pâtes).

La qualité culinaire des pâtes enrichies se distingue par une augmentation du temps optimum de cuisson et des pertes à la cuisson et un facteur de la capacité d'absorption d'eau et l'indice de gonflement.

En effet, il est rapporté (**Bau et al., 1994; Makkar et Becker, 1996**) que les feuilles de *Moringa oleifera* sont riches en protéines avec un bon profil en acides aminés présents à une concentration supérieure par rapport à celle préconisée par la FAO, l’OMS et l’ONU pour les enfants de 2 à 5 ans.

Les grains de céréales ont également montrés une amélioration de la teneur en protéines et en énergie suite à une fortification avec la poudre de feuilles de Moringa (**Gopalakrishnan et al., 2016**). La littérature rapporte également que l’incorporation de la poudre de feuilles de Moringa a amélioré le profil des macro et des micronutriments du pain (**Adewumi et al., 2016**).

L’intérêt pour les propriétés fonctionnelles de matrices alimentaires est récent. Les données bibliographiques sur la qualité culinaire de matrices enrichies avec *Moringa Oleifera* sont rares. La qualité culinaire des pâtes enrichies se distingue par une augmentation du temps optimum de cuisson (7.33 à 13 min), des pertes à la cuisson (11.51 à 17.20 g d’échantillon), de la capacité d’absorption d’eau (108.10 à 136.76 % d’échantillon) et d’indice de gonflement (1.08 à 1.36 g d’échantillon). Diverses observations sont rapportées par la littérature. Ces variations peuvent résulter de l’action de nombreux facteurs propres à l’ensemble des substrats utilisés dans la fabrication des pâtes tout en agissant seuls ou combinés (que la composition des acides aminés, l’hydrophobie / polarité de surface et la teneur en glucides. Interaction lipides – protéines et rôle des fibres).

L’incorporation de poudre de feuilles de MO à conféré aux pâtes une plus forte teneur en composés phénolique (les phénols totaux soluble de 2.95 à 8.17 mg acide gallique/100g MS et les flavonoïdes de 0.037 à 0.10 mg eq quercitine/100g MS) que les pâtes témoins (respectivement 1.35 et 0.001). Les feuilles de MO sont connues pour être riches en ces composés comme le montrent les différents dosages réalisés au laboratoire (**Allag ,2016**).

Les pâtes enrichies se caractérisant par une plus forte activité du pouvoir réducteur et chélation du fer; ces résultats s’accordent avec les travaux de différents auteur (**chumark et al., 2008**). travaillant sur diverses matrices alimentaires et qui l’attribuent aux composés phénoliques.

# *Conclusion et perspectives*



### Conclusion et perspectives

L'objectif de ce travail s'articule autour de l'incorporation de la poudre des feuilles de Moringa dans la fabrication des pâtes alimentaires et la détermination de l'impact de cette incorporation sur la qualité nutritionnelle, les propriétés culinaires et l'activité antioxydante du produit fini.

Les pâtes enrichies est réalisable avec des taux d'incorporation allant jusqu'à 15% en poudre des feuilles de Moringa .Nos données analytiques ont montré pour les pâtes enrichies, une amélioration significative ( $p<0,05$ ) des teneurs en protéines (de 59.84% ; 22.71%), et en fibres alimentaires (de 42.07% ; 65.67%) par rapport aux pâtes témoins : semoule et farine respectivement.

La teneur en flavonoïdes, phénols totaux solubles ont progressivement augmentés avec l'augmentation du taux d'incorporation avec la poudre des feuilles de Moringa.

Les pâtes enrichies ont des pertes de matière dans l'eau de cuisson inférieurs à celles témoin non supplémentées de poudre de Moringa, un bon indice de gonflement est aussi enregistré.

Au terme de ce travail, nous estimons que l'incorporation est possible et intéressante à double titre : d'une part la préparation des pâtes enrichies avec la poudre des feuilles de Moringa permet de diversifier le marché local, d'autre part elle permet d'obtenir des pâtes de meilleure qualité qui peut intervenir dans la lutte contre la malnutrition. Aussi, le présent travail de recherche mérite d'être poursuivi et approfondi.

#### **Perspectives :**

- Etude de la digestibilité de l'amidon et des protéines sont élémentaires pour accomplir ce travail ;
- Des essais sur animaux sont nécessaires pour une évaluation in vivo de la qualité nutritionnelle des pâtes enrichies (digestibilité in vivo, bilan azoté, croissance...). De tels essais pourraient être couplés avec l'évaluation de l'index glycémique.
- Une analyse sensorielle est nécessaire pour évaluer l'acceptabilité de nos pâtes par le consommateur.

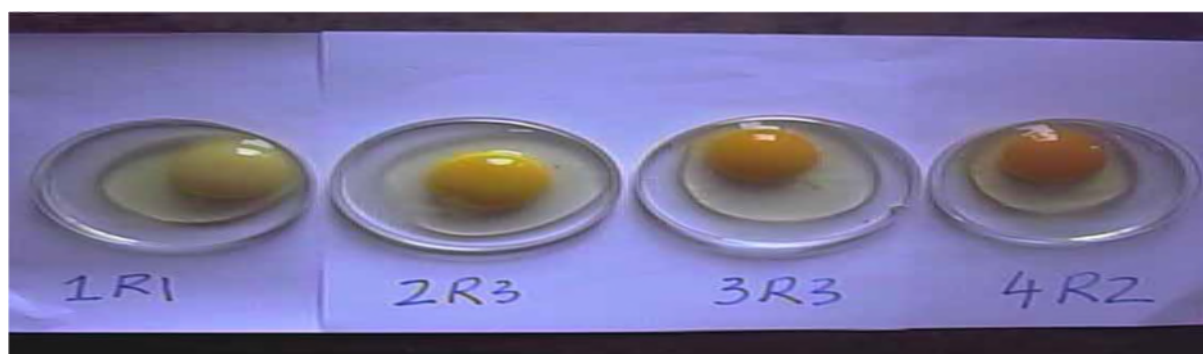
# *Annexes*

## Annexe I

**Tableau I :** Consommation *per capita* de pâtes alimentaires dans les différents pays. Source : UNAFPA (1999)

Pays	kg/année	Pays	kg/année
Italie	28,5	Bolivie	4,8
Venezuela	12,7	Espagne	4,5
Tunisie	11,7	Hollande	4,4
Suisse	9,6	Belgique	4,3
Etats-Unis	9,0	Autriche	4,0
Chili	9,0	Yougoslavie	4,0
Grèce	8,5	Brésil	4,0
Pérou	8,0	Israël	4,0
France	7,3	Finlande	3,2
Russie	7,0	UK.	2,5
Argentine	6,8	Australie	2,5
Portugal	6,5	Mexique	2,3
Canada	6,3	Libye	2,0
Suède	5,5	Danemark	2,0
Allemagne	5,4	Japon	1,7
Turquie	5,2	Egypte	1,2

## Annexe II



**Figure 1 :** Coloration du jaune d'œufs des poules pondeuses nourries aux rations contenant respectivement 0, 5, 10 et 20 % de farine de feuilles de *Moringa oleifera* (Kaijage, 2003).

## Annexe III

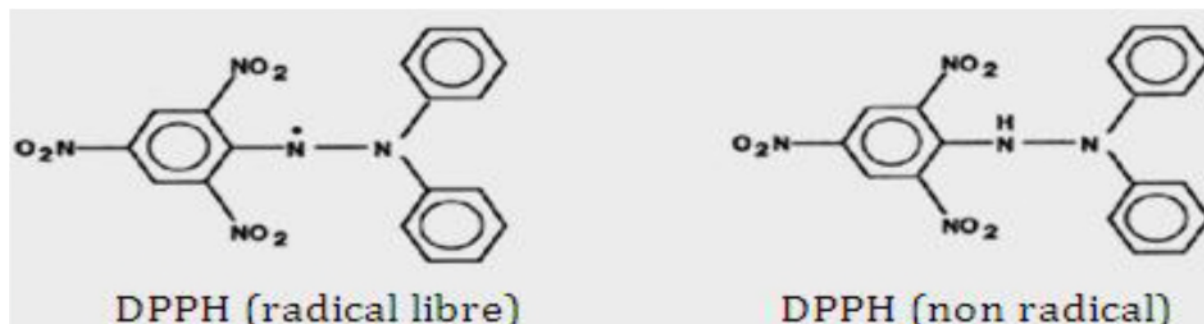


Figure 2: Forme libre et réduite du DPPH (Brand-Williams et al ., 1995).

## Annexe IV

Tableau II : Préparation des solutions

Solutions	Réactifs
Méthanol 80%	
Solution de Folin Ciocalteu (0,1N)	10 ml de Folin Ciocalteu ajuster jusqu'à 100ml avec l'eau distillée (10 ml de Folin Ciocalteu +90ml d'eau distillée)
Solution de carbonate de sodium (7,5%) Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	7,5g de la poudre de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dissout dans 100ml l'eau distillée.
Solution metanolique de DPPH (65µM/l)	0,0024 g DPPH dans 100 ml méthanol pur
FeCl <sub>2</sub> à 2mM	0,025g de FeCl <sub>2</sub> 2H <sub>2</sub> O dans 100ml d'eau distillée.
Ferrozine 5mM	0,123g Ferrozine dans 50 ml d'eau distillé
Tampon phosphate (0,2M, pH 6,6)	0.68 g de KH <sub>2</sub> PO <sub>2</sub> dans 100 ml d'eau distillée. 0.78 g de K <sub>2</sub> HPO <sub>2</sub> dans 100 ml d'eau distillée. La solution acide est ajustée avec la solution basique jusqu'à l'obtention d'un pH 6,6.
Ferricyanure de potassium (K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> )1%	1g de K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> dans 100ml d'eau distillée
Acide trichloracétique(TCA) 10%	10g de TCA dans 100ml d'eau distillée.
Chlorure ferrique (FeCl <sub>3</sub> ) à 0,1 %(p/v)	0,1g de FeCl <sub>3</sub> dans 100ml d'eau distillée.

<b>Catalyseur</b>	80 g de sulfate de potassium 20 g de sulfate de cuivre 3 g de sélénium
<b>Na OH 40 %</b>	40 g de Na OH dissoute dans 100 ml d'eau distillée.
<b>Acide borique</b>	40g d'acide borique ajusté à 1000 ml avec de l'eau distillée.
<b>Acide Sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>2</sub>) 1.25%</b>	12.5g de H <sub>2</sub> SO <sub>2</sub> dans 1000 ml d'eau distillée
<b>Na OH 1.25 %</b>	1.25 g de Na OH dissoute dans 100 ml d'eau distillée.
<b>Chlorure d'Aluminium ALCI<sub>3</sub> à 2%</b>	2g d'ALCI <sub>3</sub> dans 100 ml d'eau distillée.
<b>Solution détergent AD</b>	20g de la poudre CTAB dans 1000 ml + H <sub>2</sub> SO <sub>2</sub>
<b>BHT</b>	25 ug dans 100 ml d'eau distillée
<b>EDTA (33ug/ml)</b>	33 ug dans un 1ml d'eau distillée

## Annexe V

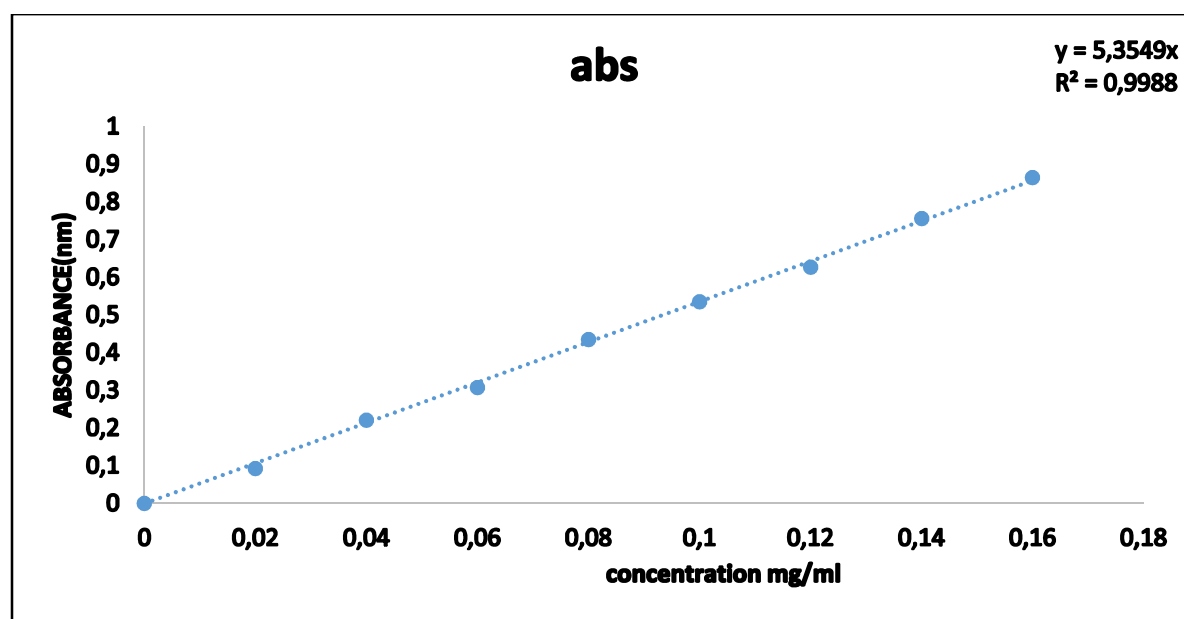


Figure 3 : Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique pour le pouvoir réducteur.

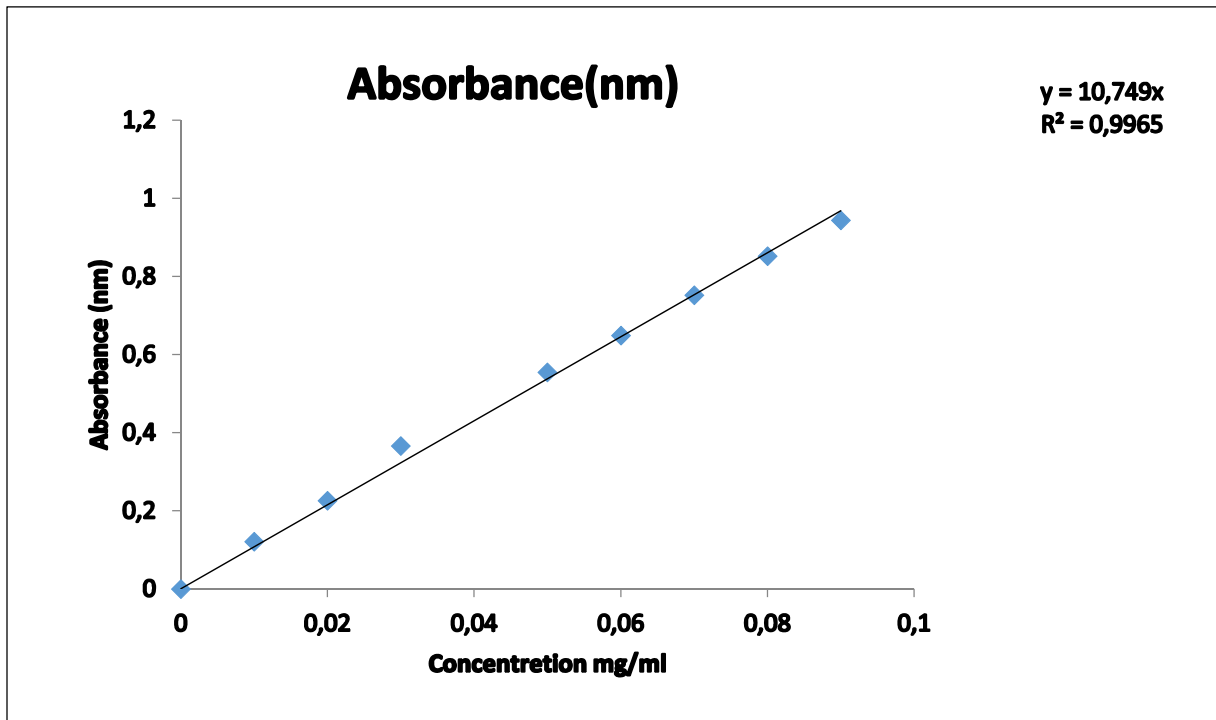


Figure 4 : Courbe d'étalonnage des phénols totaux solubles.

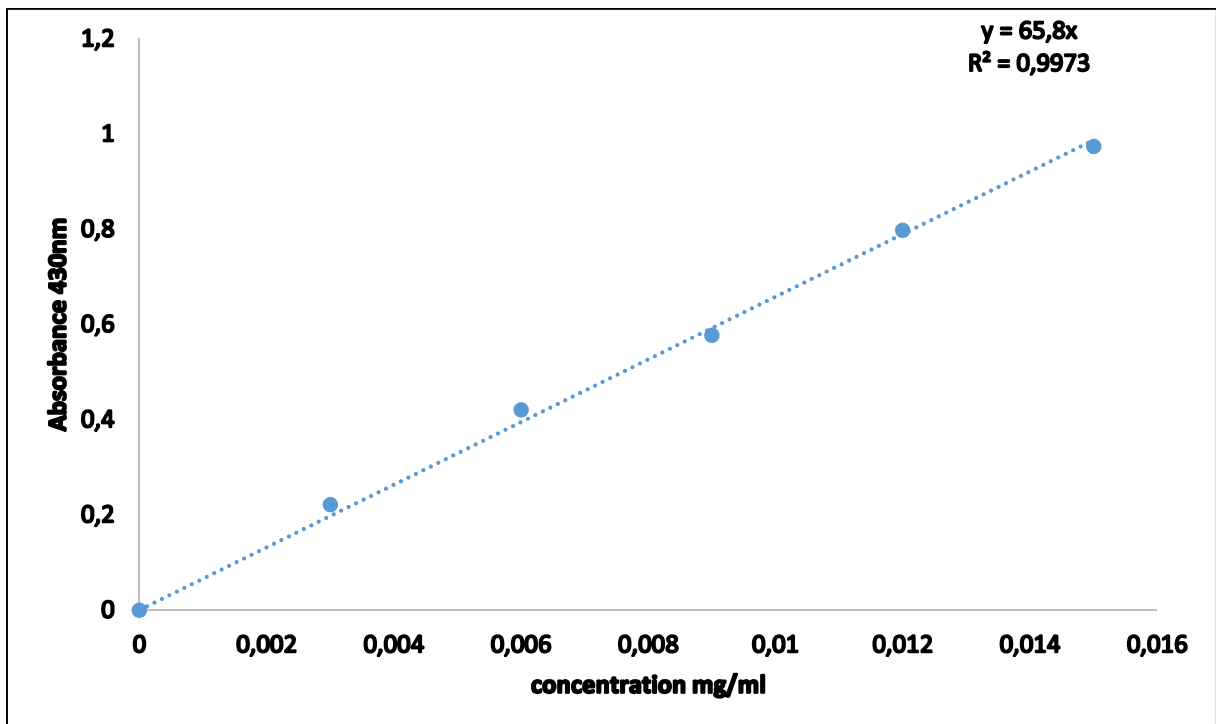
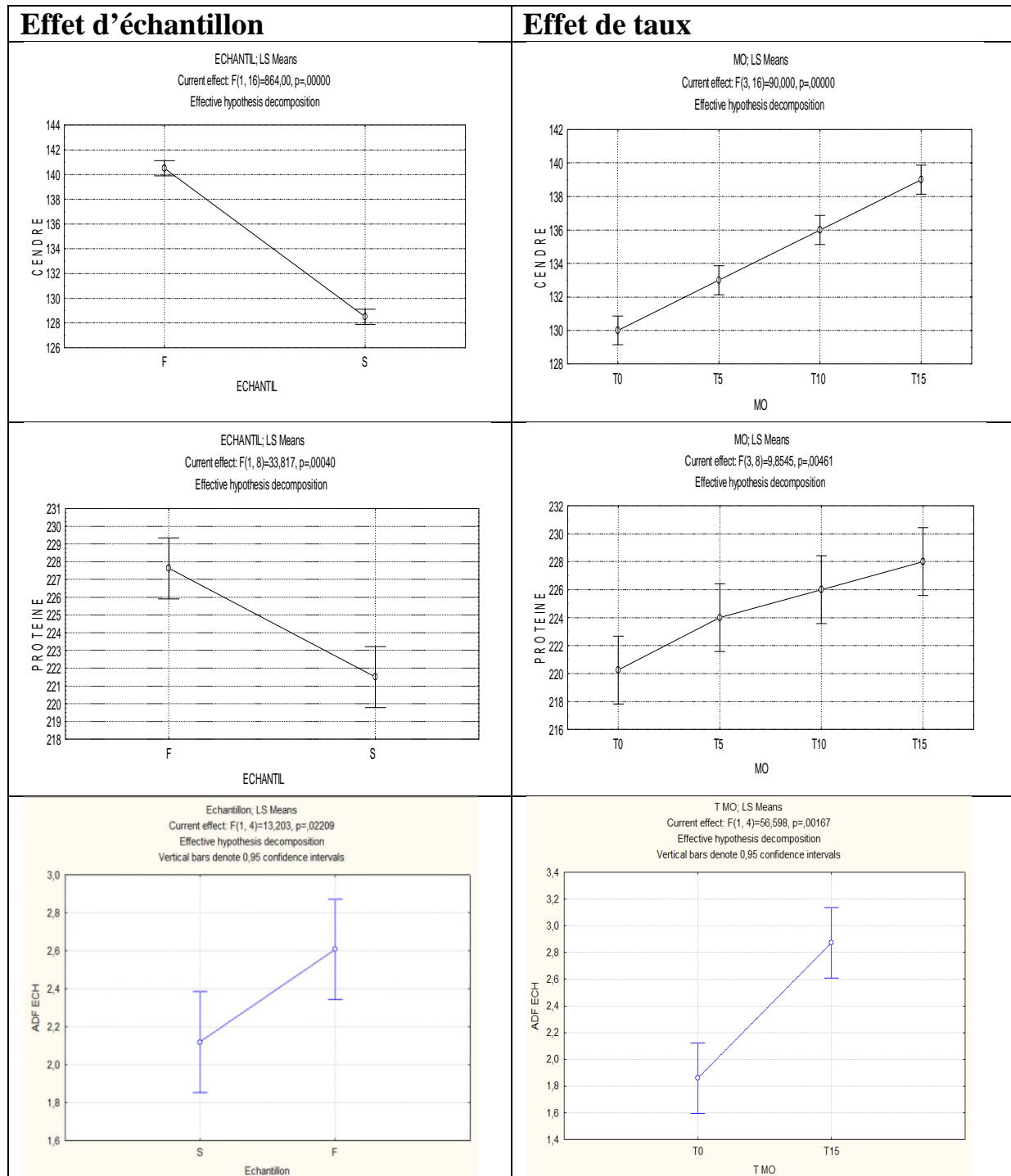
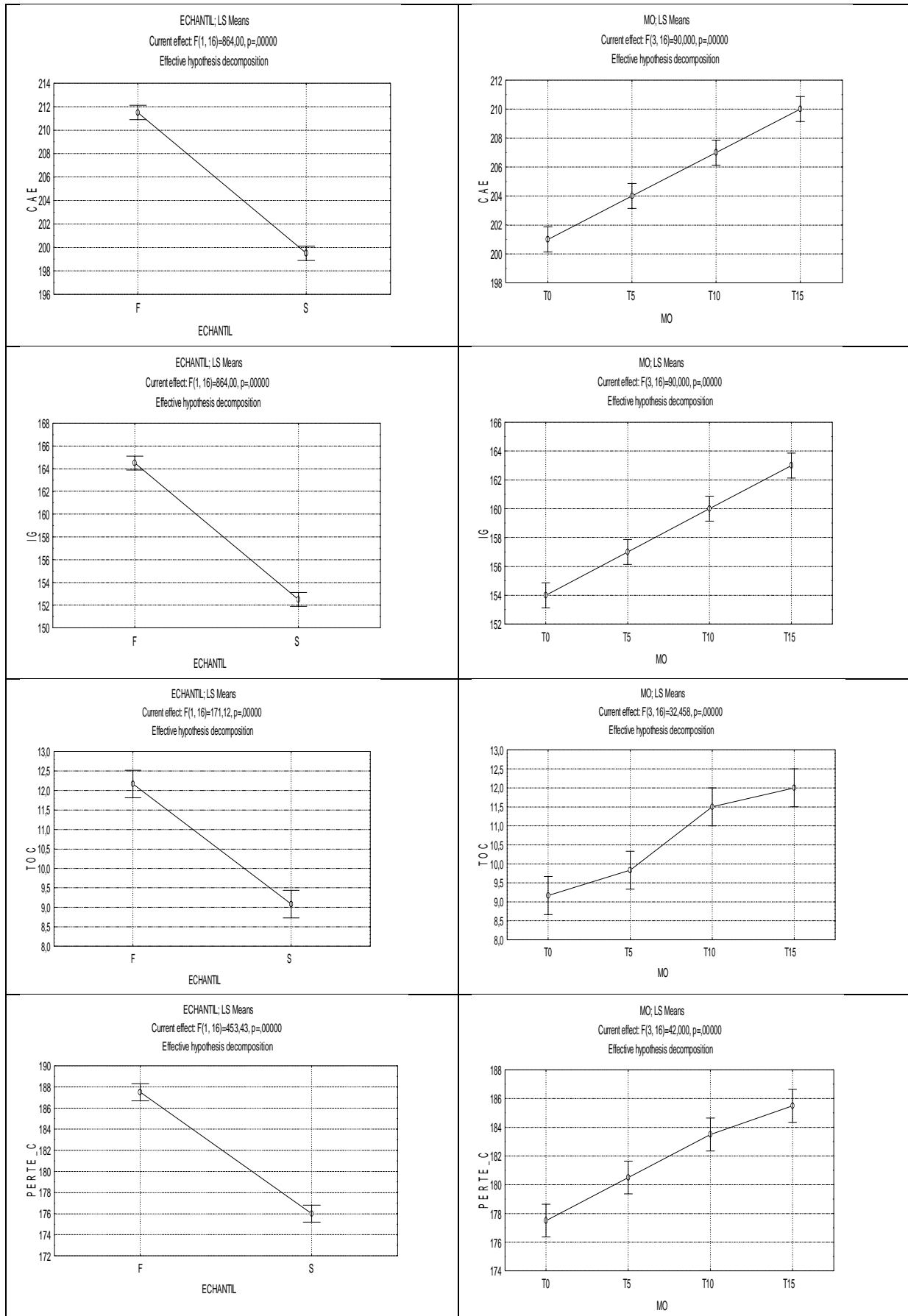


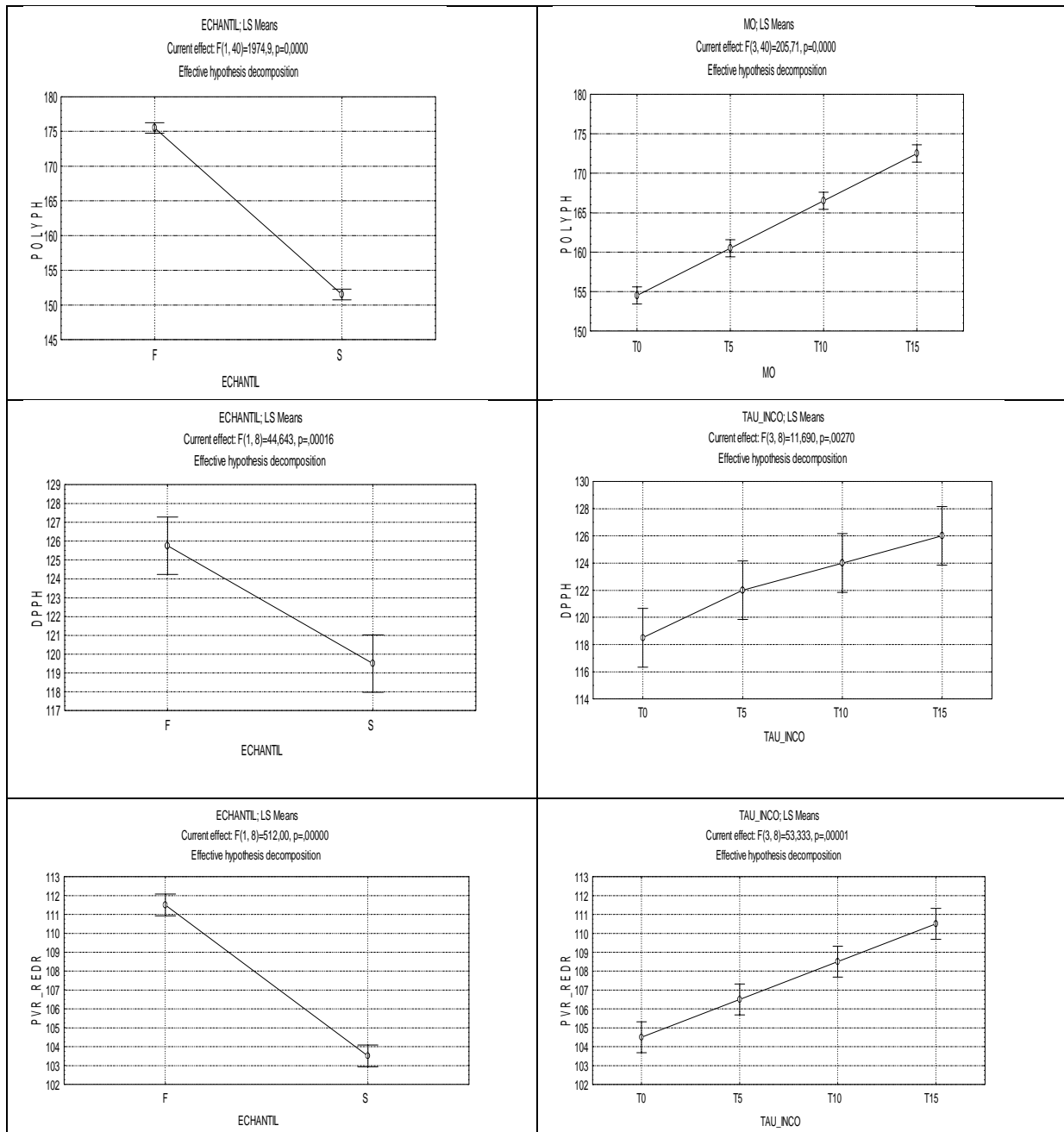
Figure 5: Courbe d'étalonnage de dosage des flavonoïdes.

**Tableau III : Effet des facteurs (échantillon et taux d'incorporation) sur la qualité des pâtes alimentaires enrichies**

















*Références  
Bibliographiques*

Références bibliographiques

A

- Abdulkadir, A. R., Zawawi, D. D., and Jahan, M. S. (2016). "Proximate and phytochemical screening of different parts of *Moringa oleifera*." *Russian agricultural sciences*, 42(1), 34.
- Abecassis, J., Abbou, R., Chaurand, M., Morel, M., and Vernoux, P. (1994). "Influence of extrusion conditions on extrusion speed, temperature, and pressure in the extruder and on pasta quality." *Cereal Chemistry*, 71, 247-253.
- Agama-Acevedo, E., Islas-Hernandez, J. J., Osorio-Díaz, P., Rendón-Villalobos, R., Utrilla-Coello, R. G., Angulo, O., and Bello-Pérez, L. A. (2009). "Pasta with unripe banana flour: Physical, texture, and preference study." *Journal of food science*, 74(6), S263-S267.
- Aktan, B., and Khan, K. (1992). "Effect of high-temperature drying of pasta on quality parameters and on solubility, gel electrophoresis, and reversed-phase high-performance liquid chromatography of protein components." *Cereal chemistry (USA)*.
- Alais, D., and Burr, D. (2003). "The "flash-lag" effect occurs in audition and cross-modally." *Current Biology*, 13(1), 59-63.
- Aly, A. A., Maraie, R. W., and Ali, H. G. (2016). "Fatty Acids Profile and Chemical Composition of Egyptian *Moringa oleifera* Seed Oils." *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93(3), 397-404.
- Anbudhasan, P., Asvini, G., Surendraraj, A., Ramasamy, D., and Sivakumar, T. (2014). "Development of functional pasta enriched with omega-3 fatty acids." *Fish Technol*, 51, 242-246.
- Andriambelo, N. H., Lafarge, C., Saurel, R., and Razanamparany, L. J. (2015). "Analyse du profil de texture (tpa) et caractérisation physicochimiques des pâtes de tamarin

## Références bibliographiques

---

- enrichies en feuilles de moringa oleifera." *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 11(2), 66-75.
- 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.
- AOAC, 1998. Official methods of analysis. Washington, DC. USA: Association of Official Analytical Chemists. 16th Ed, 4th revision.
- AACC. (1995). Method 08-03: Total Ash, Method 46-13: Crude Protein—Micro-Kjeldahl Method. *In Approved Methods of American Association of Cereal Chemistry*, Saint Paul, Minnesota
- Arora, D. S., and Onsare, J. G. (2014). "In vitro antimicrobial evaluation and phytoconstituents of Moringa oleifera pod husks." *Industrial Crops and Products*, 52, 125-135.
- Arora, D. S., Onsare, J. G., and Kaur, H. (2013). "Bioprospecting of Moringa (Moringaceae): microbiological perspective." *Journal of pharmacognosy and phytochemistry*, 1(6).
- Arulselvan, P., Tan, W. S., Gothai, S., Muniandy, K., Fakurazi, S., Esa, N. M., Alarfaj, A. A., and Kumar, S. S. (2016). "Anti-Inflammatory Potential of Ethyl Acetate Fraction of Moringa oleifera in Downregulating the NF- $\kappa$ B Signaling Pathway in Lipopolysaccharide-Stimulated Macrophages." *Molecules*, 21(11), 1452.
- Azad, A. K., Rasul, M., Khan, M. M. K., Sharma, S. C., and Islam, R. (2015). "Prospect of Moringa seed oil as a sustainable biodiesel fuel in Australia: A review." *Procedia Engineering*, 105, 601-606.
- B**
- Bau, H. M., Villaume, C., Lin, C. F., Evrard, J., Quemener, B., Nicolas, J. P., and Mejean, L. (1994). "Effect of a solid-state fermentation using *Rhizopus oligosporus* sp. T-3 on



## Références bibliographiques

---

- elimination of antinutritional substances and modification of biochemical constituents of defatted rapeseed meal." *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 65(3), 315-322.
- Brand-Williams W., Cuvelier M. E., et Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*. 28: 25-30.
- Bello, H. (2010). *Essai d'incorporation de la farine de feuilles de Moringa oleiferadans l'alimentation chez les poulets indigènes du Sénégal: Effets sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et le résultat économique*, Thèse soutenue à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar.
- Bensalem, A., Agli, A.-N., and Oulamara, H. (2014). "P028: Fréquences de consommation alimentaire chez les ménages algériens." *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 28, S82-S83.
- Beth, D. (2005). "Moringa Water Treatment." *An ECHO Technical Note*. Internet: [www.echo.tech.org/mambo/images/DocMan/MorWaterTreat.pdf](http://www.echo.tech.org/mambo/images/DocMan/MorWaterTreat.pdf) (accessed on 1st March 2010).
- Booth, F. E., and Wickens, G. E. (1988). *Non-timber uses of selected arid zone trees and shrubs in Africa*: Food & Agriculture Org.
- Bornet, F., Cloarec, D., Barry, J.-L., Colonna, P., Gouilloud, S., Laval, J. D., and Galmiche, J.-P. (1990). "Pasta cooking time: influence on starch digestion and plasma glucose and insulin responses in healthy subjects." *The American journal of clinical nutrition*, 51(3), 421-427.
- Boudreau, A., and Dubois, L. (1992). "Insécurité linguistique et diglossie: étude comparative de deux régions de l'Acadie du Nouveau-Brunswick." *Revue de l'Université de Moncton*, 25(1-2), 3-22.
- Boudreau, A., and Ménard, G. (1992). *Le blé: éléments fondamentaux et transformation*: Presses Université Laval.

## Références bibliographiques

---

BOUKEZOULA F., 2003. Ckekhchoukha, enquête de consommation dans l'est algérien, fabrication traditionnelle et qualité. Thèse de magister, option : nutrition humaine, Constantine, Algérie. 121 p.

Brennan, C. S., Kuri, V., and Tudorica, C. M. (2004). "Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation." *Food chemistry*, 86(2), 189-193.

Bui, L. T., and Small, D. M. (2007). "The contribution of Asian noodles to dietary thiamine intakes: A study of commercial dried products." *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(7), 575-583.

### C

Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P., Protopapa, A., and Del Nobile, M. (2008). "Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality." *Journal of Cereal Science*, 47(2), 144-152.

Chuang, P.-H., Lee, C.-W., Chou, J.-Y., Murugan, M., Shieh, B.-J., and Chen, H.-M. (2007). "Anti-fungal activity of crude extracts and essential oil of *Moringa oleifera* Lam." *Bioresource technology*, 98(1), 232-236.

Cnangle, P. (2010). "Tests de croissance de jeunes plants de néré (*Parkia biglobosa*, Jack, R. Br.) en pépinière." *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(6).

Cubadda, R. E., Carcea, M., Marconi, E., and Trivisonno, M. C. (2007). "Influence of gluten proteins and drying temperature on the cooking quality of durum wheat pasta." *Cereal Chemistry*, 84(1), 48-55.

### D

Dachana, K., Rajiv, J., Indrani, D., and Prakash, J. (2010). "Effect of dried *Moringa* (*Moringa Oleifera* Lam) leaves on rheological, microstructural, nutritional, textural and organoleptic characteristics of cookies." *Journal of Food Quality*, 33(5), 660-677.

Dahouda, M., Adjolohoun, S., Senou, M., Toleba, S., Abou, M., Vidjannagni, D., Kpodekon, M., and Youssao, A. (2013). "Effets des aliments contenant les folioles de *Moringa*

## Références bibliographiques

---

oleifera Lam et des aliments commerciaux sur les performances de croissance des lapins (*Oryctolagus cuniculus*) et la qualité de la viande." *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(5), 1838-1852.

De Saint Sauveur, A. (2002). "L'exploitation du Moringa dans le monde: état des connaissances et défis à relever."

Delpha, I. (2011). *Le moringa (moringa oleifera lam.): utilisations actuelles et intérêt pharmacologique.*

### E

Edwards, N., Izydorczyk, M., Dexter, J., and Biliaderis, C. (1993). "Cooked pasta texture: comparison of dynamic viscoelastic properties to instrumental assessment of firmness." *Cereal Chemistry*, 70, 122-122.

Ellis, W. O., Oduro, I., and Owusu, D. (2011). "Development of crackers from cassava and sweetpotato flours using Moringa oleifera and Ipomoea batatas leaves as fortificant."

Estelle Roy.2013. Les plantes exotiques dans les cosmétiques : réel intérêt ou effet marketing ?université de Nantes, France

Ezeamuzie, I., Ambakederemo, A., Shode, F., and Ekwebelem, S. (1996). "Antiinflammatory effects of Moringa oleifera root extract." *International Journal of Pharmacognosy*, 34(3), 207-212.

### 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, F., Rai, M., Tiwari, A., Khan, A. A., and Farooq, S. (2012). "Medicinal properties of Moringa oleifera: An overview of promising healer." *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(27), 4368-4374.

## Références bibliographiques

---

Feillet, P. (2000). *Le grain de blé: composition et utilisation*: Editions Quae.

Fellows, P. J. (2009). *Food processing technology: principles and practice*: Elsevier.

Ferrao, A., and Ferrao, J. (1970). "Fatty acids of the oil of Moringueiro (*Moringa oleifera* [M. pterygosperma])." *Agron. Angolana*(30), 3-16.

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*.

Fradique, M., Batista, A. P., Nunes, M. C., Gouveia, L., Bandarra, N. M., and Raymundo, A. (2010). "Incorporation of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass in pasta products. Part 1: Preparation and evaluation." *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(10), 1656-1664.

Fuglie, L. J. (2002). Nutrition naturelle sous les tropiques (105-118). *L'arbre de la vie, les multiples usages du Moringa*.-Wageningen: CTA.

### G

Gallagher, E. (2008). "Formulation and nutritional aspects of gluten-free cereal products and infant foods". City: Academic Press, UK, pp. 321-346.

Ghasi, S., Nwobodo, E., and Ofili, J. (2000). "Hypocholesterolemic effects of crude extract of leaf of *Moringa oleifera* Lam in high-fat diet fed Wistar rats." *Journal of ethnopharmacology*, 69(1), 21-25.

Giese, J. (1992). "Pasta: New twists on an old product." *Food technology (USA)*.

Giménez, M., González, R., Wagner, J., Torres, R., Lobo, M., and Samman, N. (2013). "Effect of extrusion conditions on physicochemical and sensorial properties of corn-broad beans (*Vicia faba*) spaghetti type pasta." *Food chemistry*, 136(2), 538-545.

### H

## Références bibliographiques

---

- 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., Ouetchehou, R., Londji, S., Eamouzou, K., Yehouenou, B., and Ahohuendo, C. (2013a). "Caractérisations microbiologiques et physico-chimiques de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* (Lam.), un légume feuille traditionnel au Bénin." *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(1), 75-85.
- Houndji, B. V. S., Bodjrenou, S., Londji, S., Ouetchehou, R., Acakpo, A., and Amouzou, K. (2013b). "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.
- K**
- Kakengi, A., Kaijage, J., Sarwatt, S., Mutayoba, S., Shem, M., and Fujihara, T. (2007). "Effect of *Moringa oleifera* leaf meal as a substitute for sunflower seed meal on performance of laying hens in Tanzania." *Bone*, 1(9.4), 446.
- Kasolo, J. N., Bimenya, G. S., Ojok, L., Ochieng, J., and Ogwal-Okeng, J. W. (2010). "Phytochemicals and uses of *Moringa oleifera* leaves in Ugandan rural communities." *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(9), 753-757.
- Krishnan, M., and Prabhasankar, P. (2010). "Studies on pasting, microstructure, sensory, and nutritional profile of pasta influenced by sprouted finger millet (*Eleucina coracana*) and green banana (*Musa paradisiaca*) flours." *Journal of Texture Studies*, 41(6), 825-841.
- Kruger, J. E., Matsuo, R. B., and Dick, J. W. (1996). *Pasta and noodle technology*: American association of cereal chemists.

## Références bibliographiques

---

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

Kwaambwa, H. M., Maikokera, R., and Nermark, F. M. (2015b). "Surface Activity Interactions in Aqueous Solution of Anionic Surfactants with a Water Treatment Protein from *Moringa oleifera* Seeds." *Green and Sustainable Chemistry*, 5(01), 31.

### L

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

Lamaison, J., and Carnat, A. (1990). "Levels of principal flavonoids in flowers and leaves of *Crataegus-Monogyna* Jacq and *Crataegus-Laevigata* (Poiret) Dc (Rosaceae)." *Pharmaceutica Acta Helveticae*, 65(11), 315-320.

Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., and Bertoli, S. (2016). "*Moringa oleifera* Seeds and Oil: Characteristics and Uses for Human Health." *Int J Mol Sci*, 17(12), 2141.

LOUNI, S. (2009). *Extraction et caractérisation physico-chimique de l'huile de graines de Moringa oleifera.*

### M

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.

Marconi, E., and Carcea, M. (2001). "Pastas from non traditional raw materials." *Cereal Foods World*, 46, 522-530.

## Références bibliographiques

---

- Mariani-Costantini, A. (1988). "Image and nutritional role of pasta in changing food patterns."
- Mbikay, M. (2012). "Therapeutic potential of Moringa oleifera leaves in chronic hyperglycemia and dyslipidemia: a review." *Frontiers in pharmacology*, 3, 24.
- Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., and Des Marchais, L.-P. (2011). "Evolution of porosity, shrinkage and density of pasta fortified with pea protein concentrate during drying." *LWT-Food Science and Technology*, 44(4), 883-890.
- Miceli, A., Francesca, N., Moschetti, G., and Settanni, L. (2015). "The influence of addition of Borago officinalis with antibacterial activity on the sensory quality of fresh pasta." *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2(2), 93-97.
- 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*, UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR.
- Mohtadji-Lamballais, C. (1989). *Les aliments*: Maloine.
- Mondiale, B. (2014). "Population, total." *La Banque Mondiale. Données*. <http://donnees.banquemondiale.org/indicateur/SP.POP.TOTL> (Page consultée le 9 septembre 2014).
- Morancho, J. (2000). "Production et commercialisation du blé dur dans le monde." *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: new challenges*. Zaragoza, 12-14.
- Morimitsu, Y., Hayashi, K., Nakagawa, Y., Fujii, H., Horio, F., Uchida, K., and Osawa, T. (2000). "Antiplatelet and anticancer isothiocyanates in Japanese domestic horseradish, wasabi." *Mechanisms of ageing and development*, 116(2), 125-134.

## Références bibliographiques

---

Morton, J. F. (1991). "The horseradish tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae)—a boon to arid lands?" *Economic botany*, 45(3), 318-333.

Muresan, C., Pop, A., Man, S., Socaci, S., Fărcas, A., Nagy, M., and Rus, B. "The influence of different proportions of *Spirulina* (*Arthrospira plantensis*) on the quality of pasta."

### N

Nadkarni, K. (1976). "Indian Materia Medica. Vol I and II Popular Prakashan." *M/23*.

Nouman, W., Basra, S. M. A., Siddiqui, M. T., Yasmeen, A., Gull, T., and Alcayde, M. A. C. (2014). "Potential of *Moringa oleifera* L. as livestock fodder crop: a review." *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(1), 1-14.

### O

Olson, M. (2003). "Wood and bark anatomy in *Moringa* (Moringaceae)." *Haseltonia*(8), 85-121.

Olson, M. E. (2002). "Intergeneric relationships within the Caricaceae-Moringaceae clade (Brassicales) and potential morphological synapomorphies of the clade and its families." *International Journal of Plant Sciences*, 163(1), 51-65.

Oomah, B. D., Caspar, F., Malcolmson, L. J., and Bellido, A.-S. (2011). "Phenolics and antioxidant activity of lentil and pea hulls." *Food Research International*, 44(1), 436-441.

Özyurt, G., Uslu, L., Yuvka, I., Gökdoğan, S., Atci, G., Ak, B., and Işık, O. (2015). "Evaluation of the cooking quality characteristics of pasta enriched with *Spirulina Platensis*." *Journal of Food Quality*, 38(4), 268-272.

Oyaizu, M (1986). Studies on products of browning reactions-antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese Journal of Nutrition*, 44, 307-315.

Oyeyinka, A. T., & Oyeyinka, S. A. (2016). *Moringa oleifera* as a food fortificant: recent trends and prospects. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.



## Références bibliographiques

---

### P

- Pamo, E., Boukila, B., Tonfack, L., Momo, M., Kana, J., and Tendonkeng, F. (2005a). "Influence de la fumure organique, du NPK et du mélange des deux fertilisants sur la croissance de *Moringa oleifera* Lam. dans l'Ouest Cameroun." *Livest Res for Rural Dev*, 17.
- Pamo, E. T., Niba, A., Fonteh, F., Tedonkeng, F., Kana, J., Boukila, B., and Tsachoung, J. (2005b). "Effet de la supplémentation au *Moringa oleifera* ou aux blocs multinutritionnels sur l'évolution du poids post partum et la croissance pré-sevrage des cobayes (*Cavia porcellus* L.)." *Livestock Research for Rural Development*, 17(4), 9.
- Pari, L., and Kumar, N. A. (2002). "Hepatoprotective activity of *Moringa oleifera* on antitubercular drug-induced liver damage in rats." *Journal of Medicinal Food*, 5(3), 171-177.
- Petitot, M., Boyer, L., Minier, C., and Micard, V. (2010). "Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation." *Food Research International*, 43(2), 634-641.
- Petitot, M., Brossard, C., Barron, C., Larré, C., Morel, M.-H., and Micard, V. (2009). "Modification of pasta structure induced by high drying temperatures. Effects on the in vitro digestibility of protein and starch fractions and the potential allergenicity of protein hydrolysates." *Food chemistry*, 116(2), 401-412.
- Pınarlı, İ., İbanoğlu, Ş., and Öner, M. D. (2004). "Effect of storage on the selected properties of macaroni enriched with wheat germ." *Journal of food engineering*, 64(2), 249-256.
- 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.

## Références bibliographiques

---

Rakotosamimanana, V. R., Valentin, D., and Arvisenet, G. (2015). "How to use local resources to fight malnutrition in Madagascar? A study combining a survey and a consumer test." *Appetite*, 95, 533-543.

Ramachandran, C., Peter, K., and Gopalakrishnan, P. (1980). "Drumstick (*Moringa oleifera*): a multipurpose Indian vegetable." *Economic botany*, 34(3), 276-283.

### R

Renaudin C. (1951). La fabrication industrielle de pâtes alimentaires. 2<sup>ème</sup> édition, Ed. *DUNOD*, Paris, 406

Reyes Sanchez, N. (2006). *Moringa oleifera and Cratylia argentea: Potencial Fodder Species for ruminants in Nicaragua*: Uppsala.

Rweyemamu, L. M. (2006). "Challenges in the development of micronutrient-rich food ingredients from soya beans and *Moringa oleifera* leaves." *Proceedings on Moringa and Other Highly Nutritious Plant Resources: Strategies, Standards and Markets for a Better Impact on Nutrition in Africa*. Accra, Ghana, 37-40.

### S

Saini, R., Saad, K., Ravishankar, G., Giridhar, P., and Shetty, N. (2013). "Genetic diversity of commercially grown *Moringa oleifera* Lam. cultivars from India by RAPD, ISSR and cytochrome P450-based markers." *Plant systematics and evolution*, 299(7), 1205-1213.

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

Salem, H. B., and Makkar, H. (2009). "Defatted *Moringa oleifera* seed meal as a feed additive for sheep." *Animal feed science and technology*, 150(1), 27-33.

Siddhuraju, P., and Becker, K. (2003). "Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree

## Références bibliographiques

---

(Moringa oleifera Lam.) leaves." *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(8), 2144-2155.

Singh, R. G., Negi, P. S., and Radha, C. (2013). "Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of free and bound phenolic extracts of Moringa oleifera seed flour." *Journal of functional foods*, 5(4), 1883-1891.

Sissons, M. (2004). "Pasta." *Encyclopedia of Grain Science, Three-Volume Set*, 409-418.

Stephenson, C. (1983). "World's best pasta." *Macaroni journal*.

### T

Tazart, K. (2015). *Qualité nutritionnelle des pâtes alimentaires enrichies en légumineuses* (Doctoral dissertation, Université Abderrahmane Mira de Béjaia).

Tazart, K., Lamacchia, C., Zaidi, F., and Haros, M. (2016). "Nutrient composition and in vitro digestibility of fresh pasta enriched with Vicia faba." *Journal of Food Composition and Analysis*, 47, 8-15.

Tendonkeng, F., Boukila, B., Beguidé, A., and Pamo, T. E. "Essai de substitution du tourteau de soja par la farine de feuilles de Moringa oleifera dans la ration finition des poulets de chair." *Presented at Conférence Internationale sur le renforcement de la compétitivité en Aviculture Semi-industrielle en Afrique (CIASA)*.

Tété-Bénissan, A., Lawson-Evi, K., Kokou, K., and Gbéassor, M. (2012a). "Effect of Moringa oleifera Lam. leaves powder on the evolution of hemogram profile in togolese undernourished children: evaluation on HIV-positive patients." *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 12(2), 6007-6026.

Tété-Bénissan, A., Quashie, M., Lawson-Evi, K., Kokou, K., and Gbeassor, M. (2012b). "Récupération nutritionnelle chez les sujets malnutris VIH positifs et VIH négatifs après utilisation de feuilles de Moringa oleifera Lam." *Journal of Animal & Plant Sciences*, 15(2), 2184-2199.

## Références bibliographiques

---

Torres, A., Frias, J., Granito, M., and Vidal-Valverde, C. (2007). "Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation." *Food chemistry*, 101(1), 202-211.

Tremoliere J., Serviles Y. & Jacqot R. (1984). Manuel d'alimentation humaine tome 2, les aliments. 9<sup>ème</sup> édition. E.D.E.S.F. Paris, 540 p.

### V

von Maydell, H.-J. (1986). *Trees and shrubs of the Sahel, their characteristics and uses*.

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

### W

Wagner, M., Della Valle, G., Abecassis, J., Buleon, A., Lourdin, D., Morel, M., and Cuq, B. "Détermination des propriétés rhéologiques de pâtes alimentaires en cours de cuisson." *Presented at Poster. Actes du 44eme colloque du Groupe Français de Rhéologie, Strasbourg*.

### Y

Yang, R.-Y., Lien-Chung, C., Jenn-Chung, H., Weng, B. B., Palada, C. M., Chadha, M., and Levasseur, V. (2006). "Propriétés Nutritionnelles et Fonctionnelles des Feuilles de *Moringa*; Du Germoplasme, à la Plante, à l'aliment et à la santé." *The World Vegetable Center*.

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

### Z

## *Références bibliographiques*

---

Zweifel, C., Handschin, S., Escher, F., and Conde-Petit, B. (2003). "Influence of high-temperature drying on structural and textural properties of durum wheat pasta." *Cereal Chemistry*, 80(2), 159.

Zhao H., Fan W., Dong J., Lu J., Chen J., Shan L., Lin Y., et Kong W. 2008. Evaluation of antioxidant activities and total phenolic contents of typical malting barley varieties. *Food Chemistry*. 107: 296-304.

## Résumé

L'objectif de ce travail s'articule autour de l'incorporation de la poudre des feuilles de *Moringa oleifera* dans la fabrication des pâtes alimentaires. Trois niveaux d'incorporation (5%, 10%, 15%) sont étudiés. La détermination de l'impact de cette incorporation sur la qualité nutritionnelle, qualité culinaire et sur l'activité antioxydante des pâtes enrichies est fait par comparaison aux deux témoins l'un est à base de semoule et l'autre à base de farine.

Pour les pâtes enrichies, Nos données analytiques ont montré une amélioration significative ( $p < 0,05$ ) des teneurs en protéines (de 59.84% ; 22.71%), cendre (de 136.35% ; 415.97%) et en fibres alimentaires (de 42.07% ; 65.67%) par rapport aux pâtes témoins : semoule et farine respectivement.

Une augmentation significative ( $P < 0.05$ ) est aussi enregistrée pour la teneur en phénols totaux solubles de 1.35 à 7.85 mg EQAG/100gMS (semoule) et de 1.35 à 8.17 EQAG/100gMS (farine) ; contrairement aux flavonoïdes qui ont enregistré des faibles améliorations de 0.001 à 0.1mg EQ/100MS.

L'étude de la qualité culinaire des pâtes enrichies a démontrée un bon indice de gonflement ; une capacité d'absorption élevée et des pertes à la cuisson inférieure à celles du témoin.

**Mots clés : pâtes alimentaires, *Moringa oleifera*, protéines, fibres alimentaires, activité antioxydante.**

## Abstract

The aim of this work is around the incorporation of *Moringa oleifera's* powder leaves in pasta manufacturing. Three levels of incorporation (5%, 10%, 15%) are studied. The determination of the impact of this incorporation on the nutritional quality, culinary quality and on the antioxidant activity of enriched pasta is achieved by comparison to two controls: one is based on semolina and the other on flour from wheat.

For the enriched pasta, our analytical data have shown a significant improvement ( $p < 0.05$ ) on protein levels (59.84%; 22.71%), Ash (136.35%; 415.97%) and dietary fiber (of 42.07%; 65.67%) compared to pasta controls: semolina and flour respectively.

A significant increase ( $P < 0.05$ ) is also recorded for the soluble total phenolic content of 1.35 to 7.85 mg EQAG/100GMS (semolina) and 1.35 to 8.17 EQAG/100GMS (flour); unlike the flavonoids which have recorded low improvements of 0.001 to 0.1mg EQ/100MS.

The study of the culinary quality of enriched pasta has removed a good swelling index, a high absorption capacity and cooking loss lower than controls.

**Key words: pasta, *Moringa oleifera*, protein, dietary fiber, antioxidant activity.**

