

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Béjaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de des Sciences Alimentaires
Spécialité Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire QPSA



Réf :.....

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

MASTER

Thème

**Incorporation de *Moringa Oleifera* dans un
produit alimentaire local "aghroum"**

Présenté par :

GHOUAR Tinhinane & RILI Lydia

Soutenu le : **29/06/2019**

Devant le jury composé de :

M. ZAIDI Farid

Mme. MEZIANI Saida

Mme. HAMRI Sabrina

Professeur

MCB

MCA

Président

Encadreur

Examinatrice

Année universitaire : 2018 / 2019



Remerciements

Tout d'abord, nous dédions tous nos remerciements au bon Dieu le tout Puissant de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail,

Nous tenons à adresser nos vifs remerciements et à exprimer nos profonde gratitude à M^{me}: MEZIANI Saida, qui a humblement acceptée de nous diriger tous le long de ce travail, notamment grâce à : sa disponibilité, son ouverture d'esprit, sa patience, sa franchise, ses critiques et ses conseils d'ordre pédagogique qui nous ont été d'une grande utilité.

nous remercions s'adressent aussi M^r: ZAIDI Farid de nous avoir ouvert les portes de son laboratoire et pour son aides ainsi qui a accepté de lire et évaluer ce travail en nous faisant l'honneur de présider le jury de notre soutenance.

J'exprime ma reconnaissance à M^{me}: HAMRI Sabrina d'avoir accepté de participer à ce jury. Qu'elle trouve ici l'expression de notre respectueuse gratitude.

Nos reconnaissance s'adresse à nos famille qui a su nous apporter, sans relâche leur soutien durant toutes ces longues années d'études.

Nous sommes également reconnaissant à nos nombreux amis et collègues pour l'aide morale qu'ils nous ont accordé, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce modeste travail.

Merci

Dédicaces

Je dédie cet événement marquant de ma vie à :

La mémoire de ma grand-mère. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, elle apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de ma part qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde.

Mes chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.

Mon grand-père

Pour son encouragement Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie

Mes frères

Bilal, Badis, Hamza pour leur appui et leur encouragement, Puisse Dieu vous garder, éclairer votre route et vous aider à réaliser à votre tour vos vœux les plus chers les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.

Mes chers oncles, tantes, leurs époux et épouses

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

Mes cousines

Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des amies.

Toute ma famille ; Vous mes amis

Tous ceux qui me sont chère, qu'ils trouvent à travers ces lignes l'expression de ma parfaite gratitude.

A ma très chère amie Tinhinane avec laquelle j'ai partagé ce travail.

Une spéciale dédicace à cette personne qui compte énormément pour moi, et pour qui je porte beaucoup de tendresse et de respect. Ton encouragement et ton soutien étaient la bouffée d'oxygène qui me ressourçait dans les moments pénibles, de solitude et de souffrance. Merci d'être toujours à mes côtés, par ta présence. En témoignage, de mon admiration et de ma grande affection, je te prie de trouver dans ce travail l'expression de mon estime et mon sincère attachement. Je prie Dieu le tout puissant pour qu'il te donne bonheur et prospérité.

Lydia



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A MA TRÈS CHÈRE MÈRE : Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes côtés pour me consoler quand il fallait.

A MON TRÈS CHER PÈRE : Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir.

A MES TRES CHERS GRAND MERES Que ce modeste travail soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières. Que Dieu vous préserve santé et longue vie.

A la mémoire de mes GRAND PERES et de Sonia Qui ont été toujours dans mon esprit et dans mon cœur, je vous dédie aujourd'hui ma réussite. Que Dieu, le miséricordieux, vous accueille dans son éternel paradis.

A MA TRES CHERE SOEUR Lydia: Pour toute la complicité et l'entente qui nous unissent, ce travail est un témoignage de mon attachement et de mon amour.

A mes TRES CHERS FRERES AMAR Et NASSIM pour toute l'ambiance dont vous m'avez entouré, pour toute la spontanéité et vos élans chaleureux.

A ma meilleure amie Katia et tous mes amis sans exception leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.

A mon très cher binôme Lydia avec qui j'ai partagé ce travail et à ses parents.

A ma GRANDE FAMILLE, mes tantes, mes oncles ainsi que mes cousins et cousines Je ne pourrais jamais exprimer le respect que j'ai pour vous. Votre soutien m'ont toujours été d'un grand secours. Puisse Dieu, le tout puissant vous préserver du mal, vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie

Tinhinane

Liste des abréviations

AA : Acide ascorbique

Abs : Absorbance

ACP : Analyse en composantes principales

ADF : Acid detergent fiber.

ADL : Acid detergent Lignin.

AG : Acide gallique

AT : Acide Tannique

BSA : Solution albumine bovine

C : Catéchine

CAH : Classification ascendante hiérarchique

CTAB : Bromure de cetyl triméthylammonium.

DMSO : Diméthylsulfoxyde

DNS : acide 3,5-dinitrosalicylique

DPPH : 1,1 diphenyle-2-picryl hydrazyle

EDTA : Éthylènediaminetétraacétique

MO : Matière organique.

MO : *Moringa oleifera*.

MS : Teneur en matière sèche

PREFMAP : Courbes de niveau et carte des préférences

Q : Quercitine

Syn. : Synonyme.

TCT : Taux des cendres totales.

TH : Taux d'humidité.

Listes des figures

Fig. 1 : La répartition du <i>Moringa oleifera</i> dans le monde	3
Fig. 2 : Arbre de <i>Moringa oleifera</i>	5
Fig. 3 : Différents parties de <i>Moringa oleifera</i> : (a) Tronc, (b) Ecorce, (c) Racine, (d) Feuilles, (e) Grains, (f) Fruits, (g) Fleurs.....	6
Fig. 4 : Application multifonctionnelle de la plante <i>Moringa oleifera</i> dans les systèmes alimentaires et agroindustriels.....	8
Fig. 5 : Plat à gousse de <i>Moringa</i>	9
Fig. 6 : Photographie des feuilles sèches et de la poudre obtenue après broyage et tamisage.....	17
Fig. 7 : Diagramme de préparation des galettes avec ou sans incorporation de la poudre des feuilles de <i>M. oleifera</i> à différentes concentrations.....	18
Fig. 8 : Photographie des galettes obtenues après broyage et tamisage.....	19
Fig. 9 : Mécanisme de piégeage du DPPH.....	25
Fig. 10 : Photographie des échantillons préparés et présentés pour l'analyse sensorielle	28
Fig. 11: Teneur en matière sèche, humidité, matière minérale et matière organique des galettes préparées.....	29
Fig. 12: Teneur en protéines des galettes préparées.....	30
Fig. 13: Teneur en ADF, ADL, cellulose et cendres insolubles des galettes préparées....	31
Fig. 14: Teneur en polyphénols totaux des galettes préparées.....	31
Fig. 15 : Teneur en flavonoïdes des galettes préparées.....	32
Fig. 16: Teneur en tanins hydrolysables et tanins condensés des galettes préparées.....	33
Fig. 17 : Mise en évidence Terpénoïdes des galettes préparée.....	34
Fig. 18 : Mise en évidence Alcaloïdes des galettes préparées.....	34
Fig. 19: Mise en évidence Alcaloïdes des galettes préparées.....	35
Fig. 20 : Activité anti-radicalaire du DPPH des galettes préparées.....	35
Fig. 21: Pouvoir réducteurs des galettes préparées.....	36
Fig. 22: Pouvoir chélateur du fer des galettes préparées.....	37
Fig. 23 : Effet des extraits de galette enrichie sur l'activité d l' α -amylase.....	38
Fig. 24: Pouvoir discriminant par descripteur.....	39
Fig. 25: Corrélations entre les variables et les facteurs par ACP.....	41
Fig. 26: Graphe de Profil des classes créées.....	42
Fig. 27: Courbes de niveau et carte des préférences PREFMAP.....	44

Liste des figures insérés en annexe

Annexe 2 : Courbes d'étalonnages

Fig. 1 : Courbe d'étalonnage des phénol totaux.

Fig. 2 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes .

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

Fig. 4 : Courbe étalonnage de dosage des tanins condensé.

Fig. 4 : Courbe étalonnage du pouvoir réducteur

Fig. 5 : Courbe d'étalonnage des protéines

Fig. 6 : Courbe d'étalonnage de maltose

Liste des tableaux

Tableau I : Taxonomie du genre Moringa.....	4
Tableau II : Composition nutritionnelle des feuilles, graines et gousses de M. oleifera.....	7
Tableau III : Moyennes ajustées par produit.....	40
Tableau IV : Objets classés par ordre croissant de préférence.....	42
Tableau V : Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet.....	43

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction général 1

Moringa oleifera et pains plats traditionnels algériens

I. Généralité sur *Moringa oleifera*

1. Origine et Historique de Moringa	3
2. Distribution de Moringa	3
3. Culture de Moringa	4
4. Systématique et Nomenclature	4
5. Description botanique de M. oleifera	4
6. Composition et valeur nutritionnelle de Moringa	6
7. Domaines d'utilisations de Moringa	7
7.1. Utilisation alimentaire	8
7.2. Utilisation Médicinal	9
7.3. Utilisation Animale	10
7.4. Purification d'eau	10
7.5. Industrie alimentaires	10
7.6. Cosmétique	10
7.7. Autre utilisation	11
7.8. Future prospects d'utilisation de Moringa	11

II. Galette ou pain plat traditionnel algérien

1. Pain	12
1.1. Histoire du pain	12
1.2. Définition du pain	12
1.3. Préparation basique du pain	12
1.4. Types de pain	12
2. Pains plats	13
2.1. Définitions des pains plats	13
2.2. Matières premiers des pains plats	13
2.3. Avantage des pains plats	14
3. Pains plats traditionnels en Algérie	14
3.1. Galettes ou Kesra	14
3.2. Khobzeddar	15
4. Qualités nutritionnelles des pains	15
5. Pains ou galettes enrichies	15

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Matériel Végétal	17
1.1. Origine des feuilles de <i>M. oleifera</i>	17
1.2. Préparation des feuilles.	17
2. Matières premières utilisées pour la préparation des galettes	17
3. Préparation des galettes	18
4. caractérisation des galettes obtenues	19
5. Analyse de la composition chimique des galettes	19

5.1. Teneur en matière sèche et taux d'humidité	20
5.2. Teneur en matière minérale ou cendres total	20
5.3. Teneur en ADF et ADL	21
6. Extraction et dosages	21
6.1. Extraction	21
6.2. Dosage des phénols totaux	21
6.3. Dosage des flavonoïdes	22
6.4. Dosage des tanins	23
6.5. Dosage des protéines	23
7. Mise en évidence de quelques métabolites	24
7.1. Les saponines	24
7.2. Les alcaloïdes	24
7.3. Les terpénoïdes	24
8. Evaluation de l'activité antioxydante	24
8.1. Activité anti-radicalaire DPPH	24
8.2. Chélation du fer ferreux	25
8.3. Pouvoir réducteur	26
9. Effet des extraits de galettes sur l'activité de α -amylase	26
10. Analyse sensorielle	27
11. Analyses statistiques	28

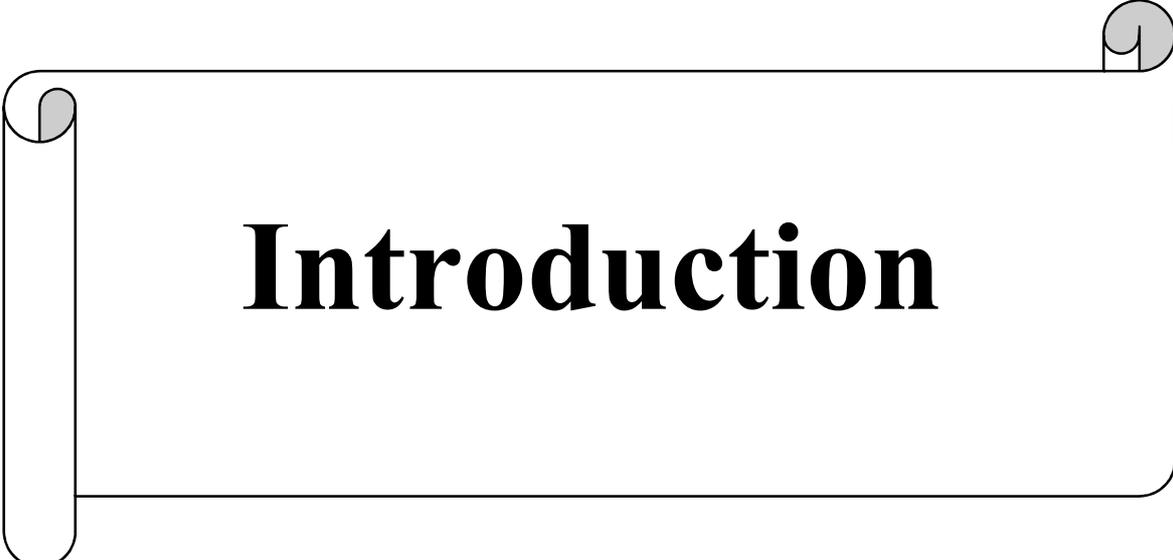
Chapitre III : Résultats et discussions

1. Composition chimique des galettes préparées	29
2. Teneur en protéines des galettes préparées	30
3. Teneur en fibres des galettes préparées	30
4. Composés phénoliques	31

4.1. Teneur en phénols solubles totaux	31
4.2. Teneur en flavonoïdes	32
4.3. Teneur en tanins	33
4.4. Mise en évidence de quelques métabolites secondaires	34
a. Terpénoïdes	34
b. Alcaloïdes	34
c. Saponines	35
5. Activité antioxydant	35
5.1 Activité anti-radicalaire DPPH des galettes	35
5.2. Pouvoir réducteur	36
5.3. Effet chélateurs de Fer ferreux	37
6. Effets des extraits de galettes sur l'activité de l' α -amylase	38
7. Analyse sensorielle	39
7.1 Caractérisation produit.	39
6.3. Moyennes ajustées par produit	40
6.4. Cartographie des préférences (Préférence MAPING PREFMAP)	41
6.5. Classification ascendante hiérarchique (CAH)	41
6.6. Courbes de niveau et carte des préférences PREFMAP	43
7. Discussion générale	45
Conclusion et Perspectives	48

Références bibliographiques

Annexe



Introduction

Introduction

Introduction générale

L'alimentation est un déterminant majeur du maintien de l'organisme dans un état de santé satisfaisant et des recommandations nutritionnelles ont été formulées pour encourager une alimentation saine (Tossou et al., 2012). L'enrichissement des aliments de base est une stratégie prometteuse et moins coûteuse pour les pays en développement. L'effet bénéfique au niveau nutritionnel de l'association céréale légumineuse a été prouvé par de nombreux travaux. Les céréales locales ont de faibles teneurs en protéines et sont riches en facteurs chélateurs de micronutriments réduisant la biodisponibilité des minéraux essentiels (Hama-Ba et al., 2016).

Pour lutter contre les carences en nutriments individuels, la solution à court terme est la supplémentation en micronutriments, mais dans le cas d'une sous-nutrition chronique, c'est probablement insuffisant. Une meilleure solution destinée à améliorer l'alimentation dans les pays en développement serait de combiner des types spécifiques d'aliments avec des plantes locales abordables avec l'avantage d'augmenter l'apport équilibré en macro- et micronutriments, nécessaires à la croissance et à la santé (Barichella et al., 2019).

M. oleifera Lam (syn. *M. pterygosperma* Gaertn.), la plus répandue espèce cultivées des *Moringaceae* (Anwar et al., 2007 ; Farooq et al., 2012). Un arbre potager aux multiples possibilités d'utilisation, Moringa est un aliment de base populaire dans différentes parties du monde, consommée non seulement pour ses valeurs nutritives mais aussi pour ses bienfaits médicaux (kou et al., 2018). Les légumes feuilles ont des propriétés curatives, régulatrices et/ou certains sont considérés comme de véritables plantes médicinales. Ainsi, beaucoup sont utilisés dans le traitement de nombreuses infections. *M. oleifera* dont les extraits foliaires présentant une activité antimicrobienne importante et permettraient d'améliorer la réponse immunitaire de l'organisme. Au Bénin et plus particulièrement dans la partie Sud du pays, elle est consommée par les femmes enceintes pour prévenir l'anémie (Houndji et al., 2013).

Les feuilles de *M. oleifera* sont un légume de bonne qualité nutritionnelle. Elles sont riches en protéines, vitamines et certains minéraux. Elles contiennent en quantité les acides aminés et les acides gras essentiels. Cependant, elles ne constituent en aucun cas qu'un aliment miracle. Si l'on compare les feuilles de Moringa avec d'autres légumes, elles sont beaucoup plus nutritives que les légumes et les fruits (concombre, tomates...) (broin, 2005).

Introduction

Le pain et les biscuits commerciaux contiennent environ 7-8% de protéines, ce qui est faible. La plupart des produits de boulangerie peuvent facilement être enrichie à faible coût en protéines, vitamines et minéraux afin de répondre aux besoins spécifiques des groupes cibles et vulnérables de la population, qui sont sous-alimentés et mal nourris. Comme l'enrichissement peut être facilement réalisée, il est très important que des produits nutritifs soient produits **(Indrani et al., 2007)**.

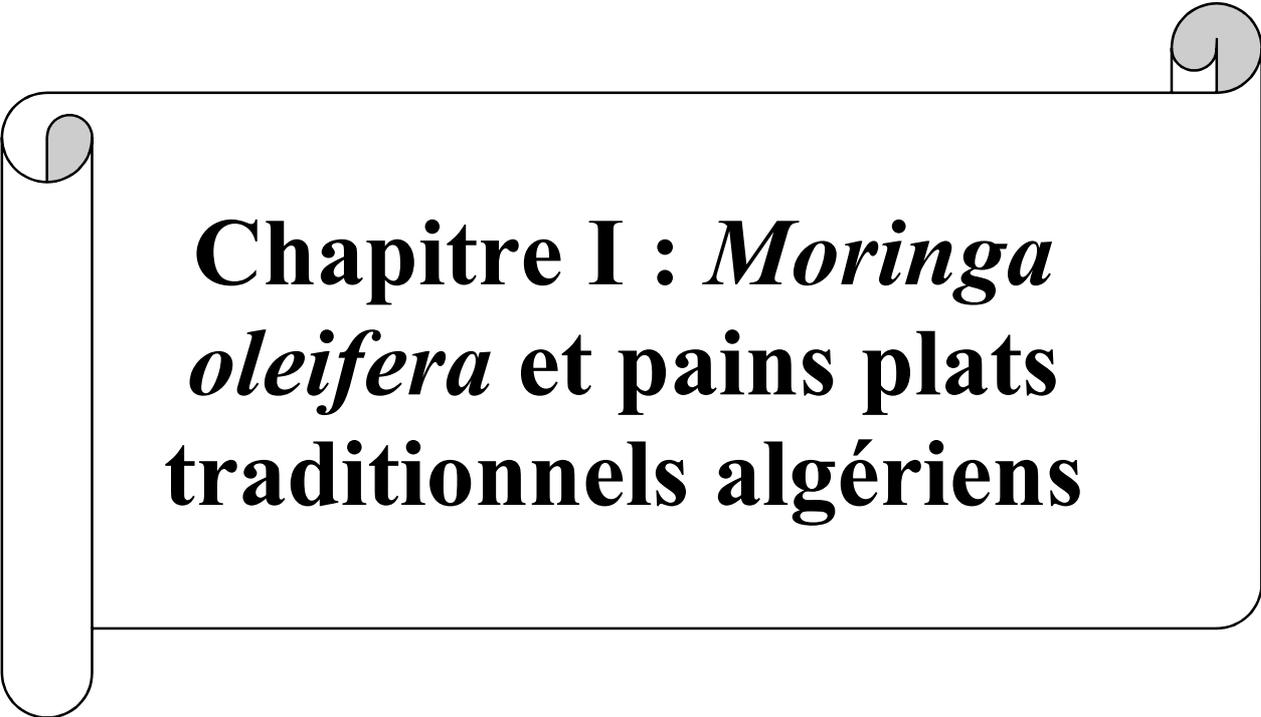
Les pains plats comprennent un grand groupe de types de pains différents les uns des autres, mais toujours de manière relativement mince, de quelques millimètres à quelques centimètres. L'origine de ces pains est très ancienne, car illustrés par les découvertes de la Mésopotamie, de l'Égypte ancienne et de la civilisation de l'Indus, sont les suivants probablement les premiers aliments transformés. Les pains plats sont le résultat de solutions efficaces au problème sur la façon de transformer les céréales et les produits non céréaliers en aliments digestibles et savoureux, et ont survécu jusqu'à ce que aujourd'hui en raison de leur polyvalence **(Vasafi et al., 2019)**. Kesra est un pain algérien originaire de l'Est à base de semoule, ayant la forme d'une galette, appelée khobz el ftir à Alger, aghroum n'tajin ou Thametount si on utilise de la levure boulangère en Kabylie et arekhsas ou arekhsis dans les Aurès **(Anonyme 2)**.

Face à cette synthèse, notre étude se suggère de réaliser un enrichissement de la galette traditionnelle algérienne ou plutôt kabyle "Aghroum" par incorporation de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera*. L'objectif principal de cette présente étude est de déterminer l'effet de l'enrichissement de la galette algérienne traditionnelle en poudre de feuilles de *M. oleifera* sur : la compositions chimique, l'activité antioxydante, le pourcentage d'inhibitions de l' α -amylase et également sur l'étude de leurs qualités sensorielles et organoleptiques.

Ce travail comporte, après une introduction générale, deux parties :

- Une partie bibliographique qui présente les généralités sur *M. oleifera* et les galettes ou pains plats traditionnels algériens
- La seconde partie quant à elle, a été consacrée à l'étude expérimentale. Elle décrit le matériel et les méthodes utilisées ainsi que les résultats et les discussions.

On termine enfin par une conclusion générale et quelques perspectives d'amélioration.



**Chapitre I : *Moringa
oleifera* et pains plats
traditionnels algériens**

I. Généralité sur *Moringa oleifera*

1. Origine et Historique de *Moringa*

L'histoire du *Moringa* remonte à 150 avant J-C. Des preuves historiques révèlent que les anciens rois et reines utilisaient les feuilles et les fruits du *Moringa* dans leur alimentation pour maintenir la vivacité d'esprit et une peau saine. *M. oleifera* a été utilisée par les anciens Romains, Grecs et Egyptiens (Fahey, 2005). Les anciens guerriers mauritaniens de l'Inde ont été nourris avec de l'extrait de feuille de *Moringa* sur le front de guerre (Mahmood et al., 2010). Elle a été utilisée depuis des siècles comme aliment et comme médicament traditionnel (Jaja-Chimedza et al., 2017).

M. oleifera est mentionné dans le « Shushruta Sanhita », écrit au début du premier siècle avant J-C, sous le nom de « Shigon ». Mais il semble que la culture de cet arbre en Inde ait en fait été établie il y a plusieurs milliers d'années. Les Indiens savaient que les graines, qu'ils utilisaient en médecine, contenaient de l'huile comestible. Elle semble être originaire des régions d'Agra et de Oudh, au nord-est de l'Inde, au sud de la chaîne de montagne de l'Himalaya (Foidl et al., 2001), des régions occidentales et subhimalayennes, Inde, Pakistan, Asie Mineure, Afrique et l'Arabie (Anwar et al., 2007).

2. Distribution de *Moringa*

M. oleifera est cultivée aujourd'hui à travers le Moyen-Orient, ainsi que tout le long de la ceinture tropicale. Il a été introduit en Afrique de l'Est au début du 20^{ème} siècle (Foidl et al., 2001), elle est également distribuée aux Philippines, au Cambodge, en Amérique centrale, en Amérique du Nord et du Sud et dans les Caraïbes (Anwar et Bhangres, 2003). La répartition de *M. oleifera* dans le monde est représenté sur la figure suivante (Saini et al., 2016).



Fig. 1 : La répartition du *Moringa oleifera* dans le monde (Saini et al., 2016).

3. Culture de *Moringa*

Elle est largement cultivée, en particulier dans les zones tropicales sèches du Moyen-Orient et de l'Afrique (Fahey, 2005 ; Palada et al., 2007 ; Nouman et al., 2013). On le rencontre fréquemment dans les jardins en Afrique subsaharienne. C'est un arbre à croissance rapide, dont les feuilles peuvent être récoltées dès les premiers mois de culture (Bidima, 2016).

4. Systématique et Nomenclature

La Moringaceae est une famille mono-génique avec 14 espèces connues. Parmi ceux-ci *Moringa oleifera* Lam. (Syn. *Moringa pterygosperma* Gaertn.) est l'espèce la plus connue et la plus utilisée (Anwar et al., 2005). Selon Falowo et al. (2018), la taxonomie du genre *Moringa* est donnée dans le tableau suivant.

Tableau I : Taxonomie du genre *Moringa* (Falowo et al., 2018).

Règne	Plantae
Embranchement	Angiosperme
Classe	Magnoliphyte
Ordre	Brassicales
Famille	<i>Moringaceae</i>
Genre	<i>Moringa</i>
Espèces	<i>M. oleifera</i> , <i>M. arborea</i> , <i>M. borziana</i> , <i>M. Concanensis</i> , <i>M. drouhardii</i> , <i>M. hildebrandtii</i> , <i>M. Longituba</i> , <i>M. ovalifolia</i> , <i>M. peregrine</i> , <i>M. rivaie</i> , <i>M. Ruspoliana</i>

5. Description botanique de *M. oleifera*

M. oleifera est un arbre pérenne (Singh et Prasad, 2013). Elle peut bien pousser sous les tropiques humides ou sur des terres chaudes et sèches avec une hauteur moyenne de 5 à 10 m (Farooq et al., 2012). L'arbre a une couronne ouverte de branches fragiles et tombantes et les feuilles forment un feuillage plumeux (Fig. 2) de feuilles tripinnées (Bhaumik et al., 2016).

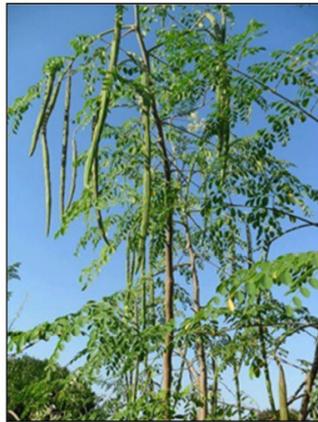


Fig. 2 : Arbre de *Moringa oleifera* (Chukwuebuka, 2015).

1. **Tronc :** atteint 1,5 à 3 mètres de haut avant de se ramifier (Foidl *et al.*, 2001). Il mesure entre 10 à 60 cm de large et recouvert d'une écorce (Fig. 3a) (Csurhes et Navie, 2016).
2. **Ecorce :** de couleur gris-blanchâtre, entouré de liège dense (Fig. 3b). Les jeunes pousses ont une écorce poilue, violacée ou blanc verdâtre (Bhaumik *et al.*, 2016).
3. **Racines :** enflées, blanches, tubéreuses (Fig. 3c) qui ont une odeur piquante caractéristique, et des racines latérales très rares qui se sont développées à partir des plantules (Omotesho *et al.*, 2013).
4. **Tige :** possède de nombreuses branches capables de repousser rapidement après avoir été coupée, endommagée. Elle exsude une gomme de couleur blanche et qui devient brun rougeâtre ou noir brunâtre à l'exposition au soleil (Omotesho *et al.*, 2013).
5. **Feuille :** *M. oleifera* se distingue par ses feuilles habituellement tripinnate (Fig. 3d), folioles de 12 à 18 mm de long, pétioles jaunes ou blancs sans stries rouges (Ramachandran *et al.*, 1980).
6. **Fruit :** brun avec 10 à 50 graines à l'intérieur (Chuang *et al.*, 2007). Les fruits curieux (Fig. 3f), portés individuellement ou par deux, sont vert clair, très minces, tendres et pendants au début, épaississent progressivement jusqu'à 2 cm de large, deviennent vert foncé et fermes (25 à 45 cm de long) (Morton, 1991).
7. **Graine :** de forme ronde ou triangulaire avec une enveloppe semi-perméable brunâtre, mesurent environ 1 cm de diamètre avec trois ailes blanchâtres sur les angles (Omotesho *et al.*, 2013 ; Zhao et Zhang, 2013) (Fig. 3c).

8. **Fleur** : de couleur blanc-jaunâtre (Fig. 3g), mince, de 10 à 25 cm de long, parfumée, bisexuelle avec des tiges poilues en grappes auxiliaires étalées ou tombantes (**Omotosho et al., 2013**) et entourée de cinq pétales à veines fines et inégales (**Bhaumik et al., 2016**).

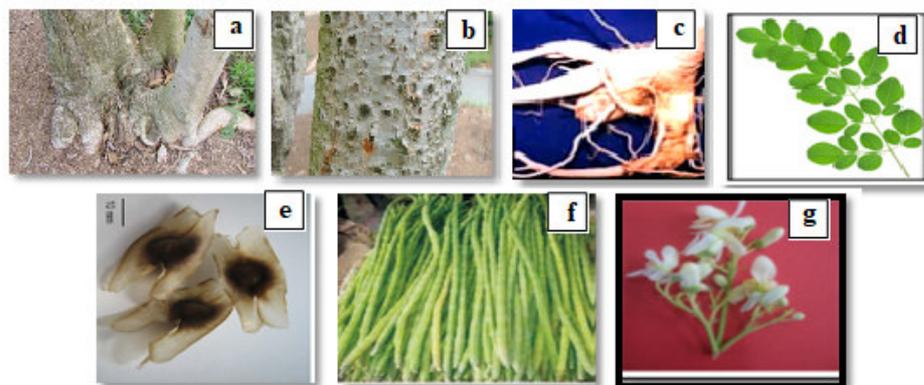


Fig. 3 : Différentes parties de *Moringa oleifera* : (a) Tronc, (b) Ecorce, (c) Racine, (d) Feuilles, (e) Grains, (f) Fruits, (g) Fleurs (**Muhl, 2009** ; **Paliwal et al., 2011**; **Amjad et al., 2015** ; **Chukwuebuka, 2015** ; **Csurhes et Navie, 2016** ; **Saini et al., 2016**).

6. Composition et valeur nutritionnelle de *Moringa*

Les feuilles de *M. oleifera* sont une riche source de β -carotène, de protéines, de vitamine C, de calcium et de potassium. du phosphore, du cuivre, les vitamines A, B et C, de riboflavine, l'acide nicotinique, des acides aminés comme la méthionine, la cystéine, la lysine (**Anwar et al., 2005**) (Tableau II), y compris les acides aminés soufrés, à des niveaux plus élevés que ceux recommandés par l'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), avec des caractéristiques similaires à celles des graines de soja (**Ferreira et al., 2008**).

Les substances phytochimiques présentes dans les feuilles de *M. oleifera* comprennent les tanins, les stéroïdes, les tri-terpénoïdes, les flavonoïdes, les saponines, les anthraquinones, les alcaloïdes, la niazimycine, la moringine et les glucose-ars réducteurs (**Omotoso et al., 2017** ; **Wanget et al., 2017**). Elles agissent comme une bonne source d'antioxydants naturels; elles augmentent ainsi la durée de conservation des aliments contenant des graisses (**Dubey et al., 2013**).

Chapitre I : *Moringa oleifera* et pains plats traditionnels algériens

Tableau III: Composition nutritionnelle des feuilles, graines et gousses de *M. oleifera* (Domenico et al., 2018).

	Feuilles (séches)	Feuilles (fraîches)	Graines	Fruits (fraîches)
Humidité (%)	3.06–9.533	71.6–74.5	5.70–8.90	-
Proteine (%)	25–30.998	9.1–13.6	29.36–33.25	2.5–16.6
Lipide (%)	6.50–16.9	1.0–1.7	35.3–41.20	0.1–4.68
Carbohydate (%)	35.7–57.61	7.3–11.3	18.4–21.12	3.7–17.6
cendre (%)	7.64–11.18	1.8–3.0	4.43–6.2	9.8
fibre (%)	7.29–22.3	3.3–4.5	7.2–7.54	4.8–36.2

M. oleifera est riche en composés contenant un sucre simple: le rhamnose et un groupe particulier de composés appelés glucosinolates et les isothiocyanates L'écorce de la tige contient deux alcaloïdes, à savoir la moringine et la moringinine. Des composés comme la Vanilline, β -sitosterol, le β -sitostenone, l'acide octacosanoïque, 4-hydroxymellin ont été isolés de la tige de *M. oleifera*. Les fleurs contiennent neuf acides aminés, le saccharose, le D-glucose, des traces d'alcaloïdes, de cire, de quercétine, la cendre est riche en potassium et en calcium (Laley et al., 2015).

7. Domaines d'utilisations de Moringa

M. Oleifera est d'usage courant en médecine populaire et en alimentation dans les sociétés africaines et asiatiques (Fig. 4) (Fahey, 2005). Ses graines ont fait l'objet d'études dans différents domaines tels que l'environnement (en tant que coagulant naturel efficace dans le traitement de l'eau), la cosmétique, la pharmacie et, de plus en plus, dans le domaine alimentaire (Cardines et al., 2018), le fourrage pour le bétail, la médecine (Newton, 2006).

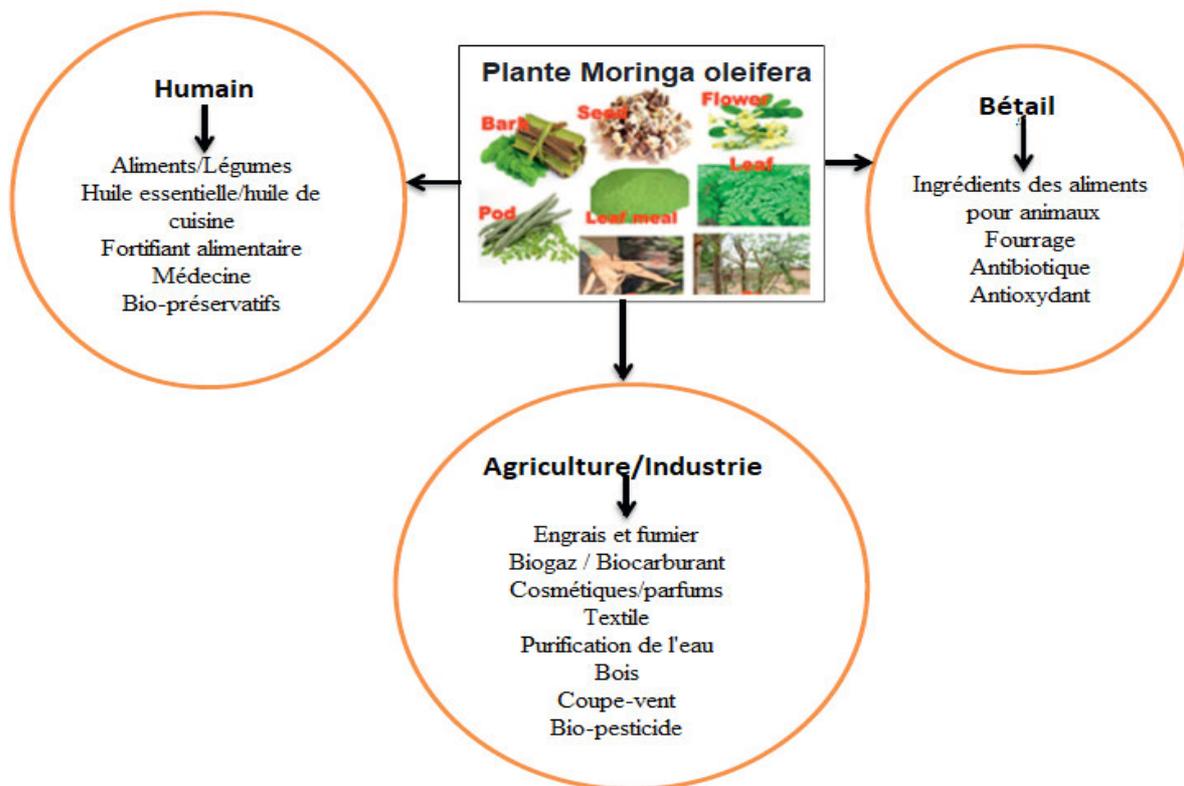


Fig. 4 : Application multifonctionnelle de la plante *M. oleifera* dans les systèmes alimentaires et agro-industriels (Falowo et al., 2018).

7.1. Utilisation alimentaire

En tant que denrée alimentaire traditionnellement importante *M. oleifera* a reçu l'attention en tant que "nutrition naturelle des tropiques" (Zhonga et al., 2018). De nombreuses études ont montré l'utilisation potentielle de différentes parties de *M. Oleifera* dans des applications alimentaires (Fig. 5) telles que la préparation de soupes, des biscuits aux herbes, des pains, des cakes et les yaourts et aussi la préparations d'aliments de sevrage.(Oyeyinka et Oyeyinka, 2016).



Fig. 5 : Plat à gousse de Moringa (Ruchita et Sharda, 2017).

7.2. Utilisation Medicinal

La valeur médicinale des différentes parties de la plante est reconnue depuis longtemps dans la médecine populaire. *M. oleifera* est largement utilisée dans le traitement de l'ascite, des rhumatismes, des morsures venimeuses et comme stimulant cardiaque et circulatoire. *M. oleifera* est utilisée dans certains programmes de lutte contre la malnutrition (**De Saint sauveur et Broin, 2006**), en particulier, chez les enfants et les nourrissons, au Sénégal, en Inde, au Bénin et au Zimbabwe (**Oyeyinka et Oyeyinka, 2016**). La présence de divers types de composés antioxydants fait de cette plante une source précieuse d'antioxydants naturels (**Singh et Prasad, 2013**), une puissante antiprolifération des cellules cancéreuses (**Charoensin, 2014**).

Presque toutes les parties (fleurs, graines, feuilles et fruits) de cette plante sont traditionnellement utilisées à des fins diététiques ou thérapeutiques (**Zhonga et al., 2018**).

Les feuilles sont utilisées comme purgatif, appliquées comme cataplasme sur les plaies, frottées sur les tempes pour les maux de tête, utilisé pour la fièvre, les maux de gorge, les bronchites, les infections des yeux et des oreilles, le scorbut et la cataracte, le jus de feuilles est également censé contrôler la glycémie et appliqué pour réduire la tuméfaction glandulaire (**Zade et al., 2013**). L'extrait brut de feuille de *M. oleifera* possède une activité hypocholestérolémique (**Ghasi et al., 2000**).

Les fleurs de *Moringa* agissent comme antiarthritiques, les agents hypocholestérolémiques peuvent guérir les problèmes urinaires et le rhume, les gousses (fruits) traitent les problèmes de foie, de diarrhée et de rate, ainsi que les douleurs articulaires, les graines peuvent agir comme agents antimicrobiens et anti-inflammatoires, L'huile de graines est un puissant agent anti-inflammatoire et utilisé pour les maladies de la peau (**Bharali et al., 2003**). Elle a de nombreuses utilisations potentielles dans la gestion de la santé, en particulier chez les patients diabétiques. (**Ples et Ho, 2009**). L'écorce des racines agit comme agent anti-ulcéreux, anti-inflammatoire et stimulant cardiaque (**Daba, 2016**). *Moringa* possède des constituants phytoactifs puissants qui peuvent supprimer les changements morphologiques de la toxicité cérébelleuse induite par la nicotine (**Omotoso et al., 2017**).

7.3. Utilisation Animale

Utilisations des feuilles de *Moringa* en complément de l'alimentation animale peuvent augmenter jusqu'à 32% du gain de poids quotidien. La supplémentation en feuilles fraîches de *Moringa* avec 15 à 17 kg d'aliments du bétail par jour peut augmenter la production laitière de 43%. La production laitière peut être augmentée de 58% avec la supplémentation de 2 kg de matière sèche et la production laitière a augmenté de 65% avec la supplémentation de 3 kg de matière sèche Généralement, la production laitière a augmenté avec la supplémentation en *Moringa* (Daba, 2016).

7.4. Purification d'eau

Les graines de *M. oleifera* agissent comme coagulant naturel, floculant, absorbant pour le traitement des eaux souterraines, réduisent la totale dureté, turbidité, acidité, alcalinité et chlorure. Elles agissent également en tant qu'agents antimicrobiens actifs naturels contre les microorganismes présents dans l'eau potable (Mangale et al., 2012) car elles contiennent des protéines solubles dans l'eau qui peuvent être utilisées pour la clarification de l'eau potable ou le traitement des eaux usées (Camacho et al., 2016).

7.5. Industrie alimentaires

Les additifs *Moringa* obtenus par ultrafiltration ont montré des performances satisfaisantes en tant qu'agents épaississants, améliorant également les caractéristiques technologiques des systèmes alimentaires, les extraits de graines de *Moringa* pourraient potentiellement agir comme agents épaississants, en particulier dans des produits comme le yaourt. (Cardines et al., 2018).

7.6. Cosmétique

Diverses parties de *M. oleifera* ont une valeur cosmétique, deux ingrédients actifs à base de peptides botaniques issus des graines purifient les cheveux et la peau et offrent une protection contre les effets de la pollution. L'huile de graines de *Moringa*, connue sous le nom d'huile de Behen, est largement utilisée comme huile végétale dans les préparations cosmétiques. Dans les soins du corps et des cheveux comme hydratant et revitalisant pour la peau. D'autres utilisations incluent la fabrication de savon et l'utilisation dans des

préparations cosmétiques telles que le baume à lèvres et les crèmes pour les lèvres (**Dubey et al., 2013**).

7.7. Autre utilisation

. La gomme mucilagineuse issue de la coupe de l'arbre est utilisée dans le tannage du cuir et l'impression en calicot (**Omotesho et al., 2013**).

L'huile Ben a été utilisée pour l'éclairage et il est considéré comme un lubrifiant particulièrement approprié pour les machines fines (**Özcan, 2018**). Le biodiésel dérivé de l'huile de *M. oleifera* est un substitut acceptable du pétrodiesel. Comparativement aux carburants biodiésel dérivés d'autres huiles de légumes. (**Rashid et al., 2008**).

7.8. Future prospects d'utilisation de *Moringa*

Les multiples bienfaits de *M. oleifera* ont fait un véritable miracle de la nature. La plante est l'alternative la moins chère et la plus crédible non seulement pour une bonne nutrition, mais aussi pour la guérison et la prévention de nombreuses maladies. Compte tenu de la nature comestible de la plante, d'autres travaux de recherche peuvent être réalisés sur l'homme afin qu'un médicament aux effets multiples soit disponible sur le marché futur. *Moringa* pourrait facilement être cultivé et développé et à peu de frais en Asie.

Les pays pauvres devraient favoriser la plantation et l'utilisation du *Moringa* au lieu d'attendre que les secours alimentaires des pays riches de l'ouest soient abondants (**Paliwal et al., 2011**).

II. Galettes ou pain plat traditionnel algérien

1. Pain

1.1. Histoire du pain

Connu comme "l'essence de la vie", le pain est déjà fabriqué à partir de 10.000 av. J.-C. à l'aube du Néolithique et de la diffusion de l'agriculture, où les graines étaient le principal ingrédient du pain. Le premier pain sous une forme similaire à celle que l'on trouve actuellement en Egypte se trouve dans certains des papyrus les plus anciens, avec des instructions pour le processus de fabrication du pain. Il y était également écrit que le retard de la construction des pyramides était dû à l'insuffisance de l'approvisionnement en pain des ouvriers (**Kourkouta et al., 2017**).

1.2. Définition du pain

Le pain est un aliment de base pour l'humanité. Il peut être fait à la maison, ou dans une boulangerie entièrement automatisée. Le pain cuit à de différentes formes mince ou épais, molle ou dure, sucré ou nature, et frais ou conservé_ pendant plusieurs jours. Dans certaines langues, le mot pain est le même que le mot pour la nourriture. Le pain est pratiquement le seul aliment connu universellement (**Bock et al., 2016**).

1.3. Préparation basique du pain

La recette de base du pain est le plus petit dénominateur commun des recettes de pain, le plus simple possible. Il donne aux nouveaux fabricants de pain une recette simple à utiliser et montre que toutes les recettes sont dérivées du même endroit. Il n'y a pas de secret pour eux. Ils ont tous essentiellement les mêmes pourcentages d'eau, de levure et de sel. (**Buehler, 2006**).

1.4. Types de pain

Selon **Khatkar (2009)**, de nombreux types différents de formulations de pain ont été mis au point jusqu'à présent. Ces formulations sont développées dans différentes régions sur la base des habitudes alimentaires traditionnelles de la population. Les principales sortes de pain sont : pain à sandwich, pain de sole ou pain aigre, pain plat ou roti/chappati et les petits pains et autres petits pains fermentés.

2. Pains plats

2.1. Définitions des pains aplatie

Les pains "plats" comprennent une multitude de types de pains différents les uns des autres mais toujours relativement fins, allant de quelques millimètres à quelques centimètres d'épaisseur. Ces pains, dont l'origine est très ancienne, comme le démontrent les découvertes d'Irak, de l'Égypte ancienne et de la civilisation de l'Indus, étaient probablement les premiers aliments transformés (**Qarooni, 1996**). Les pains plats sont le résultat de solutions efficaces au problème sur la façon de transformer les céréales et les produits non céréaliers en aliments digestibles et savoureux, et ont survécu jusqu'à aujourd'hui en raison de leur polyvalence (**Pasqualone, 2018**).

Les Pains plats sont probablement les produits les plus anciens, les plus diversifiées et les plus populaires dans le monde. Le nombre de personnes qui consomment différents types de pain plat traditionnel atteint plus 1,8 billion. La popularité de ces pains traditionnels est en croissance en raison à la population ethnique, une demande plus élevée pour les pains exotiques, sains et naturels (**Qarooni, 1996**).

2.2. Matières premiers des pains plats

Les quatre ingrédients de base du pain plat sont la farine et/ou la semoule, l'eau, le sel et la levure. La farine et la semoule proviennent de différents types de céréales en particulier le blé (**Al-Dmoor, 2012**).

Ces composés peuvent être ajoutés au cours de la production de pâte à pain pour altérer l'aspect de la pâte à pain, les propriétés de cuisson et/ou de panification. Composés du lait, composés d'œuf, gluten, farine de soja provenant d'autres légumineuses, malt ou extrait de malt, sucres et/ou miel, sont utilisées pour améliorer les propriétés boulangères. L'apparence, la structure et la qualité de conservation du pain peuvent être influencées par les facteurs suivants adjonction d'émulsifiants, d'huiles et de graisses comestibles, d'acide alimentaire et acétique (**Catsberg & Kempen-Van Dommelen, 1990**).

2.2. Avantage des pains plats

Les pains plats présentent de nombreux avantages par rapport aux pains "hauts" et "massif" et aux pains de mie dans le cadre d'une économie de subsistance, où chaque ressource doit être rationalisée. Par exemple, ils peuvent être obtenus aussi à partir de céréales autres que le blé, les pseudo-céréales ou les légumineuses, ce qui permet l'utilisation de productions locales durables provenant de terres marginales.

Ils ne nécessitent pas la cuisson au four car ils peuvent être cuits simplement en les recouvrant de sable et de braises ou en les déposant sur une plaque de métal ou de terre cuite posée sur le feu. De plus, les pains plats peuvent servir de plat, contenant de la nourriture à l'intérieur, et de cuillère/fourchette car avec un morceau de pain plat, il est possible de retirer des portions de nourriture d'un contenant. (Pasqualone, 2017).

3. Pains plats traditionnels en Algérie

Le pain, pour les Algériens, signifie plus que de la nourriture pour nourrir le corps. Il a une variété de valeurs spirituelles et sociales que l'on retrouve dans les nombreux proverbes et expressions idiomatiques. Le mot pain possède beaucoup de synonymes : khobz, kesra et aghroum. On dit khobz quand on parle de pain en général, et kesra quand on fait référence au pain plat. Les régions comme la Kabylie et Aurès utilisent le mot Aghroum pour désigner le pain (Anonyme 1).

Les femmes au foyer produisent deux types de pains plats: galettes ou Kesra et khobz dar (Kezih et al., 2014). La farine ou la semoule utilisée pour la préparation des pains plats est à base de blé tendre seul ou mélangé au blé dur (Ladraa, 2012).

3.1. Galettes ou Kesra

" Kesra " signifie un morceau de quelque chose en arabe ancien, La *kesra* est un pain consommé plutôt dans les régions de l'est de l'Algérie. Cette galette est préparée à base de semoule, de l'huile ou de beurre fondu, de sel et de l'eau tiède avec ou sans levure. La pâte est pétrie puis travaillée pour obtenir ensuite une forme de galette. Elle se cuit généralement sur un tadjine à feu vif. Elle est appelée khobz el ftir à Alger ou aghroum n'tajin en Kabylie (Abbas, 2016).

Elle comprend quatre sortes de pain plat cuit à la maison : Mathlouaaa, maadjouna, rakhsis et harcha. Ces appellations varient sur tout le territoire algérien mais les recettes et les diagrammes de préparations restent semblables (**Kezih et al., 2011**).

3.2. Khobz eddar

Khobz eddar ou «Pain de maison» (par opposition au pain cuit chez le boulanger) est bien différent de la Kesra par sa recette, sa cuisson et les circonstances de sa consommation. Le pain est cuit dans un four de la boulangerie ou four ménager. Le produit fini a une croûte croustillante et une mie tendre et délicieuse (**Kezih et Marzaka, 2014**).

4. Qualités nutritionnelles des pains

Le pain de blé est source de calories et de glucides complexes. Cependant, ses protéines contiennent de faibles niveaux d'acides aminés essentiels tels que la lysine et la thréonine (**Turfani et al., 2016**). La valeur nutritive du pain plat dépend entièrement de la composition chimique de la farine ou de la semoule et des autres ingrédients utilisés pour sa préparation. Des ingrédients facultatifs peuvent être ajoutés pour améliorer la transformation ou pour produire des pains spéciaux et nouveaux qui ont souvent une valeur nutritive accrue.

La farine de blé, à différents taux d'extraction, est le principal constituant des pains plats, ce qui affecte leur qualité nutritionnelle. La valeur nutritive de la farine est fortement influencée par le taux d'extraction. La teneur en minéraux et d'autres concentrations phytochimiques sont réduites dans les pains plats grâce à l'utilisation de farine de blé à faible taux d'extraction. Avec une augmentation du taux d'exaction, la teneur en protéines, en fibres, en sucre, en lipides et en matières minérales augmente, alors que la teneur en amidon diminue (**Mir et al., 2014**).

5. Pains ou galettes enrichies

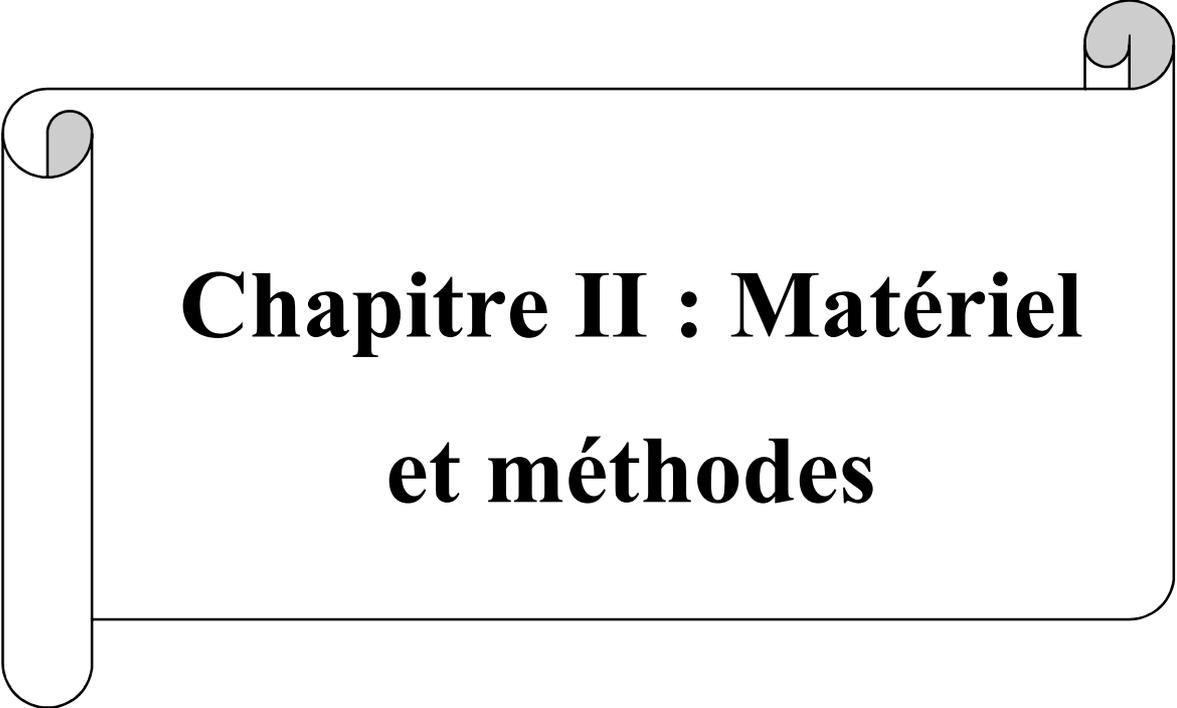
Le pain est un aliment très énergétique, riche en glucides et en matières grasses mais faibles en d'autres nutriments tels que les protéines, les minéraux et la vitamine. La qualité nutritionnelle du pain est faible en raison de l'utilisation de farine de blé raffiné,

La consommation des pains n'est pas seulement dans le but de satisfaire son appétit et pour aider à rester en vie, il doit aussi soutenir sa santé et son bien-être. Dans cette optique et afin d'augmenter l'apport nutritionnel et la composition du pain, des études se sont

Chapitre I : Moringa oleifera et pains plats traditionnels algériens

intéressées à la possibilité de remplacer la farine de blé par d'autres farines. L'enrichissement du pain joue un rôle important, le pain est consommé quotidiennement et la technologie de son enrichissement est relativement simple (**Bojňanská et al., 2012**).

La supplémentation de la farine de blé avec des produits de base peu coûteux tels que les céréales et les légumineuses aide à améliorer les qualités nutritionnelles des produits du blé (**Indrani et al., 2010**). Le pain a été produit à partir de mélanges de blé, de maïs et de patate douce à chair orange, son de blé et son de riz non dégradé, blé et tilapia, le blé, le plantain et la farine de soja (**Catsberg et Kempen-Van Dommelen, 1990**). En particulier, les fibres alimentaires sont utilisées dans la production de pain plat comme additif. Les ingrédients riches en fibres alimentaires sont meilleurs dans les pains plats de poêle ou de sole (**Gocmen et al., 2009**).



Chapitre II : Matériel et méthodes

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Matériel Végétal

1.1. Origine des feuilles de *M. oleifera*

Les feuilles de *M. oleifera* proviennent du sud de l'Algérie (Oued-Souf), récoltées en 2019.

1.2. Préparation des feuilles

Après réception, les feuilles sèches de *M. oleifera* ont été triées. Un broyage des feuilles est pratiqué à l'aide d'un moulin à café jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. La poudre obtenue est tamisée par une tamiseuse électrique (Retsch-AS200) (Fig. 6). Le diamètre de la poudre finale obtenue est inférieure à 250 μm . Enfin la poudre est conservée dans un bocal en verre hermétiquement fermé à l'abri de la lumière jusqu'à son utilisation.



Fig. 6: Photographie des feuilles sèches et de la poudre obtenue après broyage et tamisage.

2. Matières premières utilisées pour la préparation des galettes

- ◇ **La Semoule :** nous avons utilisé dans la présente étude la semoule supérieur produite par le complexe (semoulière SISOU-SISOU) village Amora. CNE Aghebalou wilaya de Bouira emballée dans des sacs de 10 Kg et conservée à température ambiante dans un endroit sec. L'ensemble des essais ont été réalisés avec le même lot de semoule.
- ◇ **L'eau :** l'eau utilisée pour la fabrication des galettes est une eau distillée.
- ◇ **L'huile :** nous avons utilisé de l'huile d'olive de la région d'Akbou récoltée en décembre 2019.
- ◇ **Le sel :** le sel utilisé est le sel de cuisine iodé (sel de table), produit par l'entreprise Algérienne du Sel (Enasel), conditionné en sachet d'un Kg.

Chapitre II : Matériel et méthodes

3. Préparation des galettes

Les principales étapes de fabrication des galettes témoins (sans incorporation de la poudre de feuilles de Moringa) et des galettes enrichies avec la poudre de *M. oleifera* à différentes concentrations (0.125, 0.25 et 0.5 %) sont présentées dans la figure 7 suivante.

Toutes les galettes sont préparées en 4 répétitions.

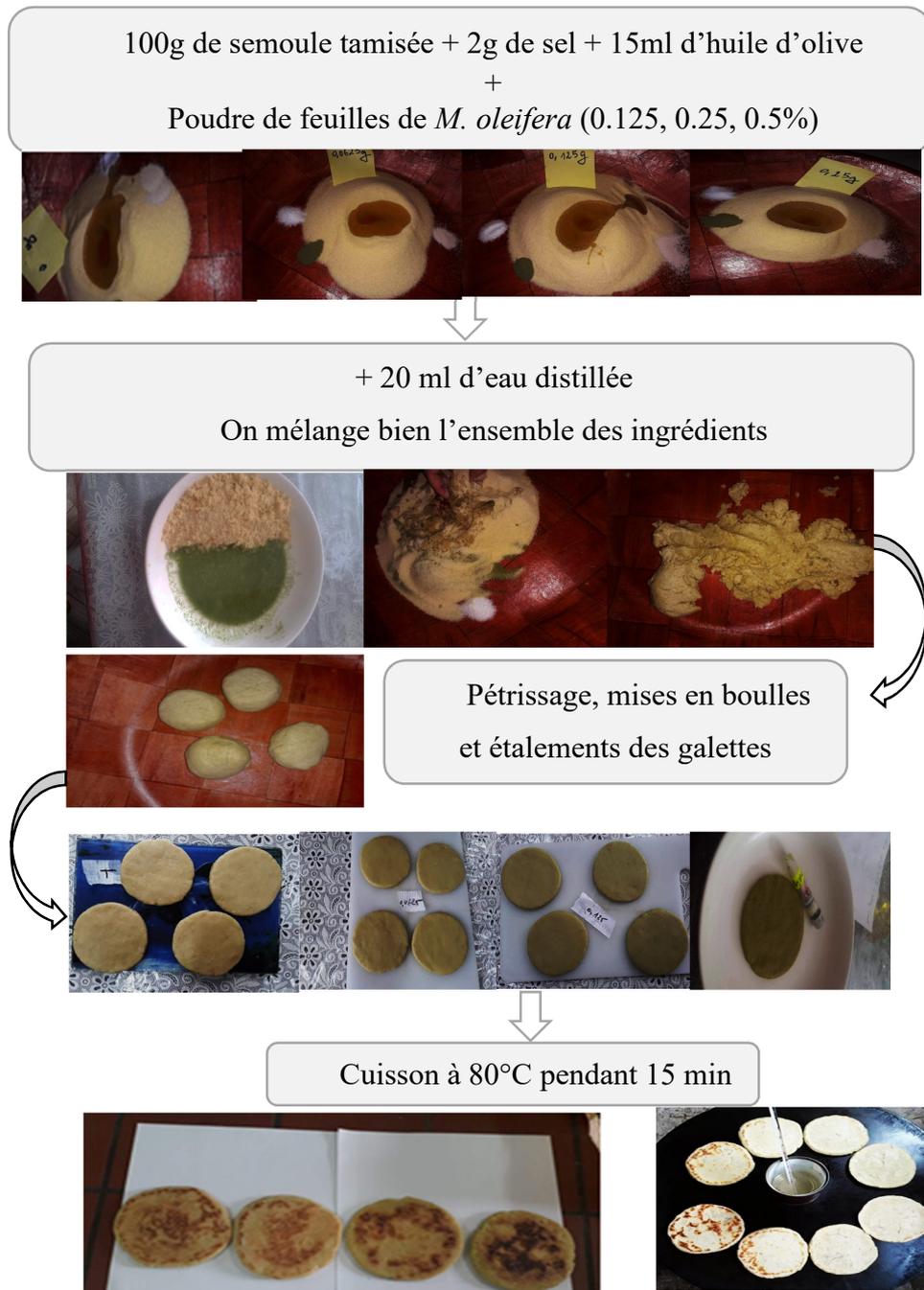


Fig. 7 : Diagramme de préparation des galettes avec ou sans incorporation de la poudre des feuilles de *M. oleifera* a différentes concentrations.

4. Caractérisation des galettes obtenues

Les galettes obtenues sont broyées à l'aide d'un moulin à café jusqu'à l'obtention d'une poudre fine et tamisées (Fig. 8) afin d'homogénéiser les échantillons et faciliter les différentes analyses. Ces analyses concernent les galettes avant et après incorporation de la poudre de feuilles de *M. oleifera*. Pour l'ensemble des analyses, quatre répétitions ont été réalisées.



Fig. 8 : Photographie des galettes obtenues après broyage et tamisage.

5. Analyse de la composition chimique des galettes

5.1. Teneur en matière sèche et taux d'humidité

La matière sèche a été déterminée par évaporation de l'eau contenue dans les échantillons après séchage dans une étuve selon la méthode l'AOAC (1999). 2 g de poudre de galettes sont pesés (P_0) dans des creusets (P_1). Les creusets sont placés dans une étuve réglée à 105°C pendant 24h jusqu'à ce que le poids devienne constant, puis laisser refroidir dans un dessiccateur et repesés (P_2). La différence de poids correspond à la perte d'humidité et le résidu caractérise la teneur en matière sèche de l'échantillon. La teneur en matière sèche (MS) et le taux d'humidité (TH) sont calculés par les formules suivantes :

$$\% \text{ MS} = \frac{P_2 - P_1}{P_0} \times 100 \quad \text{et} \quad \% \text{ TH} = 100 - \% \text{ MS}$$

Où :

P_0 : poids en gramme de la prise d'essai (2g).

P_1 : poids en gramme des creusets vide

P_2 : poids en gramme de la prise d'essai après séchage

5.2. Teneur en matière minérale ou cendres total

La détermination de la matière sèche d'une prise d'essais de 2g (P_0) de poudre de galettes, dans des coupelles (P_1), est suivie par une incinération au four à moufle à 525°C pendant 5 h. selon la méthode de l'AOAC (1999). Après refroidissement dans un dessiccateur, les coupelles sont pesées (P_2). Le taux des cendres totales (TCT) est calculé selon la formule suivante. La teneur en matière organique (MO) représente le complément à 100 des cendres :

$$\% \text{ TCT} = \frac{P_1 - P_2}{P_0} \times 100 \quad \text{et} \quad \% \text{ MO} = 100 - \% \text{ TCT}$$

Où :

P_0 : poids de la prise d'essai (g).

P_1 : poids de la coupelle vide (g).

P_2 : Poids de la coupelle et l'échantillon après incinération (g).

5.3. Teneur en ADF et ADL

La détermination de la teneur en ADF et en ADL est réalisée selon la méthode de Van Soest (1963). Un traitement acide est appliqué dans cette méthode pour éviter les pertes de lignine qui est soluble dans les solutions alcalines. Le détergent cationique, bromure de cetyl triméthylammonium (CTAB), permet la séparation des protéines du résidu fibreux (Mertens, 2003).

2 g de poudre (E) des galettes dans un ballon contenant 100 ml de la solution détergente CTAB sont chauffés sous Reflux pendant 60 min, à partir du début de l'ébullition. Après chauffage, le contenu des ballons est filtré sous vide dans des creusets de porosité 3 pesés (P_0). Les résidus sont lavés 3 fois avec l'eau distillée chaude et 2 fois avec l'acétone.

Par la suite, les creusets sont séchés dans une étuve réglée à 105°C pendant 8h. Après refroidissent dans un dessiccateur, les creusets sont pesés (P_1). Le pourcentage ADF est calculé selon la formule suivante :

$$\% \text{ ADF} = \frac{P_1 - P_0}{E} \times 100$$

D'ou :

E : poids de la prise d'essai initial (2g).

P_0 : poids du creuset vide.

P_1 : poids du creuset après étuvage.

Chapitre II : Matériel et méthodes

Après séchage, les résidus sont traités avec l'acide sulfurique (79%) pendant 1h. Après filtration sous vide, les résidus sont encore une fois lavés avec de l'eau distillée chaude jusqu'à ce qu'il soit exempt d'acide. Après séchage dans une étuve réglé à 105°C pendant 3 à 4 h, les creusets sont pesés (P2) avant de les placés dans un four moufle réglé à 550°C pendant 5 h et repesés (P3) après refroidissement dans un dessiccateur. Le pourcentage ADL est calculé selon la formule suivante :

$$\% ADL = \frac{P2 - P3}{E} \times 100$$

Avec : E : La prise d'essai initiale (2g).

P 2 : poids sec du résidu H₂SO₄ (la lignine).

P 3 : poids sec du résidu minéralisé

Calculs du Taux de cellulose et des cendres insolubles

$$\% \text{ cellulose} = \% ADF - \% ADL$$

$$\% \text{ cendre insolube} = \frac{P3 - P0}{E} \times 100$$

6. Extraction et dosages

6.1. Extraction

L'extraction est réalisée selon la méthode rapportée par **Oomah et al. (2011)**. 2.5 g de poudre de galettes sont soumis à une macération avec 50 ml de l'éthanol 80% pendant 2 heures sous agitation magnétique et à température ambiante. Après extraction, le mélange est filtré sous vide et les extraits ont été centrifugés à 4500tr/min pendant 20 min Le surnageant obtenu constitue l'extrait brut. Quatre extractions ont été effectuées pou chaque échantillon.

6.2. Dosage des phénols solubles totaux

Le réactif de Folin- Ciocalteu, mélange d'acides phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et l'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$), est réduit en présence de polyphénols en un mélange bleu d'oxyde de tungstène et de molybdène. La coloration bleue produite est proportionnelle aux taux des composés phénoliques présents dans la solution (**Ribéreau-Gayon et Gautheret, 1968 ; Lamuela-Raventós, 2018**).

La teneur en phénols totaux des extraits a été déterminée par la méthode de Folin–Ciocalteu rapportée par **Skerget et al. (2005)** et **Bougandoura et Bendimerad (2013)**. Un volume de 200 μ l d'extrait est mélangé avec 1ml du réactif de Folin–Ciocalteu (1N dilué à 0.1N) fraîchement préparé. Après 5 mn d'incubation à température ambiante , 0,8 ml de carbonate de sodium Na_2CO_3 (7,5%) sont ajoutés. Après incubation à 50°C pendant 5 mn, l'absorbance est mesurée à 760 nm par rapport à un blanc sans extrait préparé dans les mêmes conditions. Les concentrations en phénols totaux solubles sont déterminées par référence à une courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique (**Annexe II**). Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent d'Acide Gallique (AG) par gramme d'échantillon (mg E AG/g Ech.).

6.3. Dosage des flavonoïdes

La méthode repose sur le principe du dosage direct par le chlorure d'aluminium. En effet, les flavonoïdes possèdent des groupements hydroxyles (OH) libre en position 3 et 5 susceptibles de former un complexe jaunâtre par chélation de l'ion Al^{+3} en présence de chlorure d'aluminium. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présente dans les extraits (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

La teneur en flavonoïdes est déterminée selon la méthode du trichlorure d'aluminium décrite par **Lamaison et Carnat (1990)** citée par **Talbi et al. (2015)**. 1 ml d'extrait est ajouté à 1 ml de la solution d' $AlCl_3$ (2%). Après 10 minutes d'incubation, l'absorbance est lue à 415 nm. La concentration des flavonoïdes est déduite à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec la quercitrine dans les mêmes conditions (**Annexe II**) et exprimée en milligramme équivalent de quercitrine (Q) par gramme d'échantillon (mg E Q/g Ech.).

6.4. Dosage des tanins

a. Dosage des tanins condensés

La méthode à la vanilline décrite par **Deshpande et al. (1986)** est utilisée pour le dosage des tanins condensés. Cette méthode est basée sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités des tanins condensés dans un milieu acide pour produire un complexe rouge mesuré à 500 nm (**Hagerman, 2002**).

1 ml d'extrait est additionné à 5 ml de réactif de vanilline-HCl. Après homogénéisation et incubation à 30°C dans un bain-marie pendant 20 minutes. L'absorbance est mesurée à 500 nm et la teneur en tanins condensés est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue avec la catéchine dans les mêmes conditions (**Annexe II**). Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent de catéchine (C) par gramme d'échantillon (mg E C/g Ech.).

b. Dosage des tanins hydrosolubles

Les tanins hydrolysables réagissent avec le chlorure ferrique et donnent une coloration bleue mesurée par spectrophotométrie (**Mamadou, 2002**). La Méthode **Mole et Waterman, 1987**) est utilisée pour le dosage des tanins hydrosolubles.

500 g d'extrait ont été ajoutés à 3,5 ml de chlorure ferrique. Après homogénéisation, l'absorbance est lue à 660 nm. La teneur en tanins hydrolysables est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnages obtenus avec l'acide tannique dans les mêmes conditions (**Annexe II**). Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent d'acide tannique (AT) par gramme d'échantillon (mg E AT /g Ech.).

6.5. Dosage des protéines

Le principe de la méthode consiste à la formation de complexes entre le bleu de Coomassie et les résidus basiques et aromatiques des protéines (**Bradford, 1976**). La méthode est rapide, peu coûteuse et bien adaptée à la détermination répétitive des concentrations de protéines (**Bonjoch et Tamayo, 2001**).

100 µL de chaque extrait est additionnée à 5ml de la solution de Bradford. Le mélange est homogénéisé, puis mis au repos pendant 5 minutes pour stabiliser le complexe coloré formé.

Chapitre II : Matériel et méthodes

L'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 595 nm après 5 min et avant une heure. Une gamme étalon est réalisée dans les mêmes conditions à partir d'une solution de sérum albumine bovine (BSA) (**Annexe II**). Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalents de BSA par gramme d'échantillon (mg E BSA/g Ech.).

7. Mise en évidence de quelques métabolites secondaires

7.1. Les saponines

La détection des saponines est réalisée selon le test décrit par **Yadav et Agarwala (2011)**. 1 ml d'extrait a été mélangé avec 3ml d'eau distillée. Après agitation pendant 2min la formation d'une mousse persistante indique la présence des saponines.

7.2. Les alcaloïdes

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

7.3. Les terpénoïdes

La mise en évidence de la présence des terpénoïdes est réalisée selon la méthode d'**Aziman et al. (2012)**. A 2,5 ml d'extrait est ajouté à 1 ml de chloroforme. Après homogénéisation 1,5 ml d'acide sulfurique (H₂SO₄) sont ajoutés. La formation d'une couleur brun- rouge à l'interface indique la présence des terpénoïdes.

8. Evaluation de l'activité antioxydante

Dans le but d'évaluer l'activité antioxydante des extraits de galettes préparées, 3 tests ont été réalisés : pouvoir de piégeage du radical DPPH, pouvoir réducteur et chélation du fer.

8.1. Activité anti-radicalaire DPPH

Le 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH) fut l'un des premiers radicaux libres utilisé pour étudier la relation structure-activité antioxydant des composés phénoliques (**Brand-Williams, 1995 ; Kumbhare et al., 2012**).

Chapitre II : Matériel et méthodes

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 passe rapidement au jaune lorsque le DPPH est réduit par un capteur de radicaux libres (Fig. 9) (Popovici *et al.*, 2009 ; Konan *et al.*, 2017).

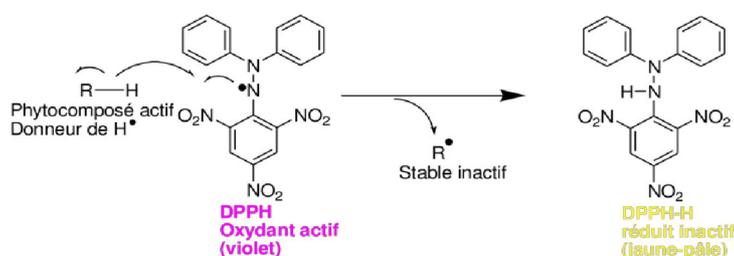


Fig. 9 : Mécanisme de piégeage du DPPH (Konan *et al.*, 2017).

L'activité anti radicalaire a été réalisée selon la méthode décrite par Brand William *et al.* (1995). 195 μ l de DPPH sont ajoutés à 50 μ l d'extrait, le mélange est incubé pendant 30 minutes à l'obscurité ; un contrôle est préparé avec 50 μ l du solvant utilisé et l'ajout de 195 μ l de DPPH, puis incubation pendant 30 minutes à l'obscurité. La lecture se fait au spectrophotomètre à 515 nm contre un blanc préparé dans les mêmes conditions. La capacité antioxydante de nos échantillons est exprimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH• suivant l'équation suivante :

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

8.2. Chélation du fer ferreux

La ferrozine réagit avec les ions divalents pour former un complexe violet ou rouge très soluble dans l'eau. L'absorbance du complexe ferrozine-Fe²⁺ est maximale à 562 nm (Norshazila *et al.* 2010). La chélatante du fer ferreux a été mesurée selon la méthode de Le *et al.* (2007). 100 μ l d'extrait ont été initialement mélangés avec 50 μ l de FeCl₂ à 2mM. Après homogénéisation et incubation à température ambiante pendant 5 minutes, 100 μ l de la Ferrozine 5 mM sont additionnées au milieu réactionnel. Le mélange est de nouveau bien homogénéisé puis laissé pour réagir pendant 10 min à température ambiante et à l'abri de la lumière.

Chapitre II : Matériel et méthodes

L'absorbance a été mesurée à 562 nm contre un blanc réalisé avec l'éthanol dans les mêmes conditions. Un témoin positif avec l'EDTA est réalisé dans les mêmes conditions. Le pourcentage de chélation du fer est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ Chélation} = \frac{\text{Abs control} - \text{Abs échantillon}}{\text{Abs control}} \times 100$$

8.3. Pouvoir réducteur

La présence d'un composé réducteur dans les échantillons entraîne la réduction du fer ferrique (Fe^{3+}) du complexe ferricyanure en fer ferreux (Fe^{2+}), dans un milieu acidifié par l'acide trichloracétique, cette réaction se traduit par le virage de la couleur jaune du ferricyanure de potassium vers la couleur bleu verte, dont l'intensité dépend du pouvoir réducteur (Li et al., 2009).

Le pouvoir réducteur des extraits des galettes a été déterminé selon la méthode d'Oyaizu (1986). 200 μl d'extrait ont été mélangé avec 500 μl de tampon phosphate à 0,2M (pH 6,6) et 500 μl de ferricyanure de potassium à 1%. [$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$]. Le mélange a été incubé à 50°C pendant 20 min, puis on ajoute 500 μl d'acide trichloracétique à 10%. Le mélange réactionnel est par la suite centrifugé à 500 tr/min pendant 10 min. 1 ml du surnageant ont été mélangée avec 1 ml d'eau distillée et 200 μl du FeCl_3 à 0,1%. L'absorbance a été mesurée à 700 nm contre un blanc réalisé dans les mêmes conditions. Une gamme d'étalonnage établie avec l'acide ascorbique dans les mêmes conditions (Annexe II), les résultats sont exprimés en milligramme équivalent acide ascorbique (AA) par g d'échantillon (mg E AA/g Ech.).

9. Effet des extraits de galettes sur l'activité de α -amylase

L'effet de deux doses (D1= 10mg/ml ; D2= 5 mg/ml) d'extraits des galettes témoins et enrichies par la poudre de feuilles de *M. oleifera* a été mesuré sur la production du maltose par action de α -amylase sur l'amidon de pomme de terre (Ali et al., 2006, Loizzu et al., 2007). Les extraits sont reconstitués dans le DMSO. Quatre répétitions ont été réalisées pour chaque échantillon. Le protocole expérimental est le suivant :

Chapitre II : Matériel et méthodes

- ◇ **Tube d'extrait (D1 ou D2) :** 40µl d'extrait (D1 ou D2) + 160µl d'eau distillée et 400 µl d'amidon. La réaction a été déclenchée par l'addition de 200µl de la solution enzymatique α -amylase.
- ◇ **Tube blanc d'extrait (D1 ou D2) :** 40µl d'extrait (D1 ou D2) + 360µl d'eau distillée et 400 µl d'amidon.
- ◇ **Tube contrôle :** 40µl DMSO + 160µl d'eau distillée et 400µl d'amidon. La réaction a été déclenchée par l'addition de 200µl de la solution enzymatique.
- ◇ **Tube blanc contrôle:** 40µl DMSO + 360µl d'eau distillée et 400µl d'amidon.

Après agitation, les tubes sont incubés à 25°C pendant 5min. Après incubation, 200 µl de mélange ont été prélevés de chaque tube et 100 µl de la solution de réactif de DNS ont été ajoutés. Après incubation à 85°C pendant 15min, 900 µl d'eau distillée ont été ajoutés. L'activité de l' α -amylase a été déterminée par la mesure de l'absorbance des mélanges à 540 nm. Une courbe d'étalonnage avec le maltose est réalisée dans les mêmes conditions (**Annexe II**). L'inhibition de l' α -amylase est exprimée en pourcentage d'inhibition et calculée selon la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = 100 - \left[\left(\frac{[\text{maltose échantillon}]}{[\text{maltose témoin}]} \right) \right] \times 100$$

10. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle, réalisée par un panel de 8 dégustateurs, permet une description complète de la qualité gustative des galettes préparés. Les propriétés organoleptiques recherchées sont les suivants :

- ◇ L'apparence (couleur) révélée par la vision ;
- ◇ La flaveur (odeur, arôme, saveur) révélée par l'odorat et le goût ;
- ◇ La texture (dureté) révélée par le toucher.

Nous avons présenté à chaque dégustateur cinq produits représentés dans la figure suivante qui sont : les galettes témoins et des galettes enrichies avec la poudre des feuilles de *M. oleifera* à différentes concentrations (0, 0.125, 0.250, 0.5 et 1%), codés successivement par des chiffres (Ech A, B, C, D, E) (Fig. 10).



Fig. 10 : Photographies des échantillons préparés et présentés pour l'analyse sensorielle.

11. Analyses statistiques

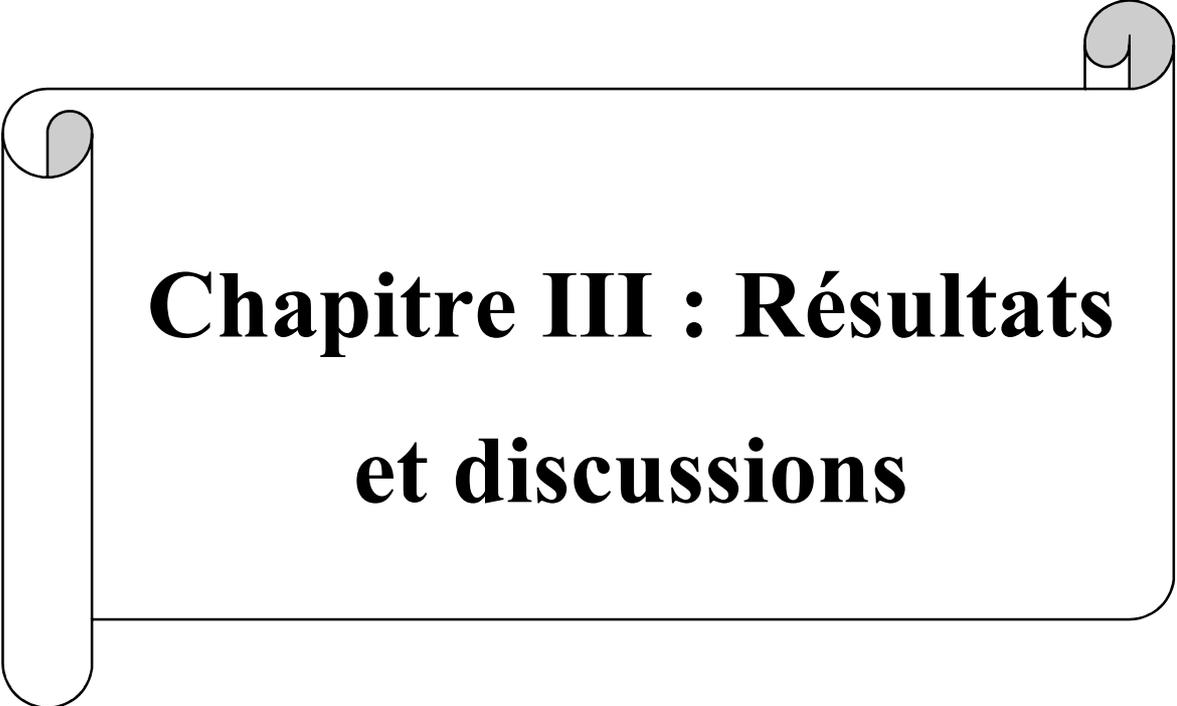
Les analyses ont été effectuées en quatre répétitions. Les résultats sont présentés sous forme de moyennes plus ou moins les écarts types. L'analyse de variance (ANOVA) est utilisée pour comparer les moyennes. Le test de Tukey (HSD) (Higt Significant Différence) est utilisé pour comparer les moyennes à ($p < 0.05$).

Les Analyses statistiques des données de dégustations des jurys expert sont réalisées selon :

- Les données sont rassemblées à partir des questionnaires (**Annexe III**) distribués aux jurys experts et ils sont rapportés sur le logiciel.
- La procédure des générations d'un plan d'expérience est lancée pour chacune des catégories d'expert et un plan d'expérience optimal a été trouvée, ce qui valide les autres tests sur XLSTAT.

Le module complémentaire XL STAT-XM est conçu pour l'analyse sensorielle, et il comprend plusieurs fonctionnalités. Pour la caractérisation des galettes, nous avons utilisé les tests suivants :

- ◇ Caractérisations produits.
- ◇ Analyse en composantes principales (ACP).
- ◇ Classification ascendante hiérarchique (CAH).
- ◇ Cartographie de préférence.



Chapitre III : Résultats et discussions

Chapitre III. Résultats et discussions

1. Composition chimique des galettes préparées

Les résultats de l'analyse de la composition chimique (matière sèche, taux d'humidité, matière minérale et matière organique) des poudre des galettes témoins et des galettes enrichies avec la poudre des feuilles de Moringa sont illustrés dans la figure 11 suivante.

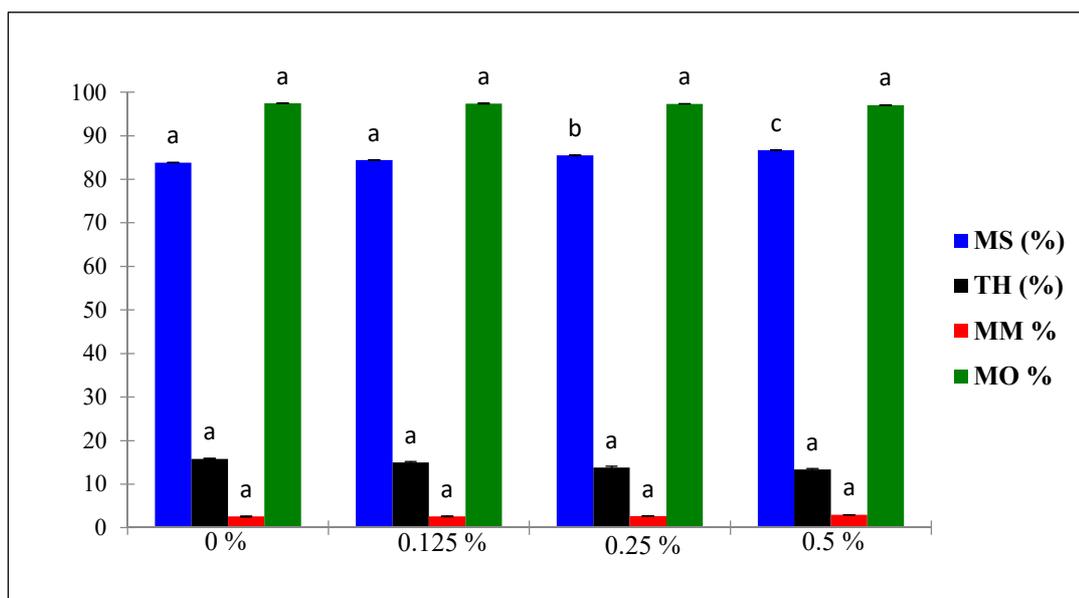


Fig. 11: Teneur en matière sèche, humidité, matière minérale et matière organique des galettes préparées.

D'après les résultats (Fig. 11), l'analyse statistique de la matière organique, la matière minérale et le taux d'humidité ne montre pas de différences significatives ($p < 0.05$) entre les quatre échantillons.

L'analyse statistique de la matière sèche des galettes préparés montre une différence significative ($p < 0.05$) entre le témoin et les extraits enrichis à 0.25 % et 0.5 %. L'extrait de galette enrichie à 0.5 % qui a donné la teneur en matière sèche la plus élevée ($86,66 \pm 0,08$ %) par rapport à l'extrait de galette témoin qui a donné la plus basse teneur ($83,85 \pm 0,05$ %).

2. Teneur en protéines des galettes préparées

La teneur en protéines de chaque extrait (Fig. 12) a été calculée à partir de la courbe d'étalonnage (**Annexe I**) établie à avec la BSA.

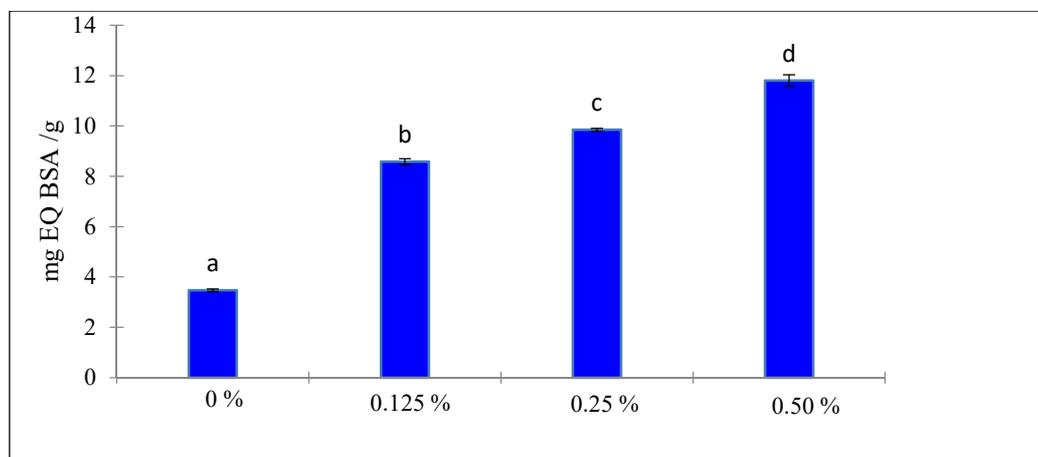


Fig. 12 : Teneur en protéines des galettes préparées.

D'après les résultats obtenus (Fig. 12), nous constatons que les protéines sont présents dans les quatre extraits de galettes avec des teneurs variables d'un extrait à un autre et qu'il paraît clairement que c'est l'extrait de galette enrichie à 0.50 % qui a donné la teneur en protéines la plus élevée (11.80 ± 0.22 mg E BSA/g Ech.). L'extrait de galette témoin a donné la teneur la plus basse (3.47 ± 0.05 mg E BSA/g Ech.). L'analyse statistique montre une différence significative ($P < 0.05$) entre les quatre extraits.

3. Teneur en fibres des galettes préparées

Les résultats de détermination de la teneur en fibre des extraits (Fig. 13) des galettes avant et après incorporation de la poudre de feuilles de *M. oleifera* à différentes concentrations l'extrait de galette témoin renferme des fibres avec des taux de 3.80 ± 0.04 %, 2.51 ± 0.01 %, 1.29 ± 0.05 % et 1.17 ± 0.06 % respectivement pour l'ADF, l'ADL, la cellulose et les cendres insolubles. L'enrichissement avec la poudre de feuilles de Moringa montre une augmentation des taux d'ADF, d'ADL, de cellulose et cendres insolubles. Les teneurs les plus élevés sont obtenus avec l'extrait de galette enrichie à 0.50 % de feuilles de Moringa, les résultats sont de l'ordre de : 6.80 ± 0.01 %, 4.60 ± 0.09 %, 2.47 ± 0.09 % et 2.12 ± 0.10 % pour l'ADF, l'ADL, la cellulose et les cendres insolubles respectivement. La différence est significative ($P < 0.05$) entre les deux extraits

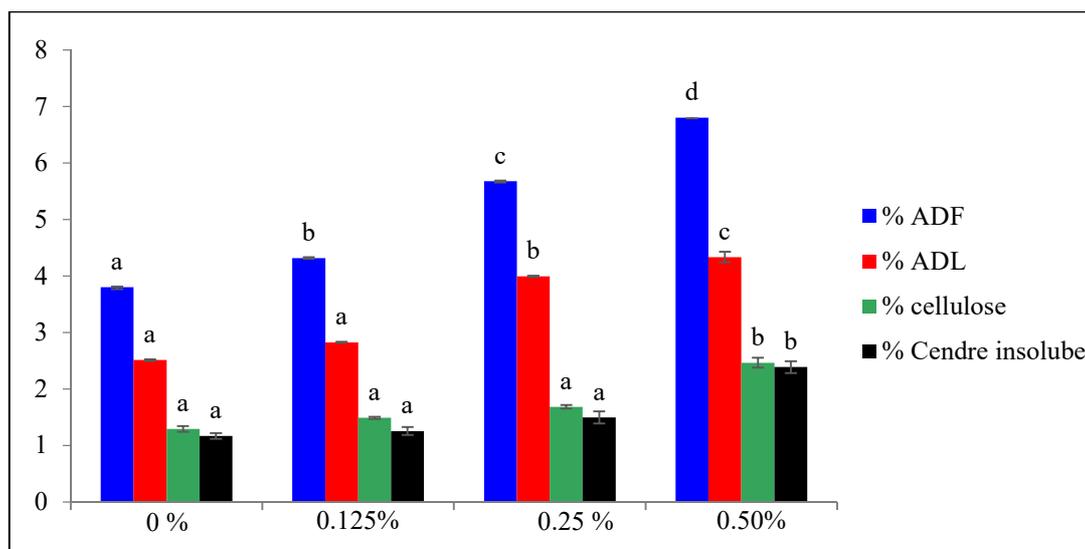


Fig. 13 : Teneur en ADF, ADL, cellulose et cendres insolubles des galettes préparées.

Par contre, pas de différence significative ($P < 0.05$) entre les extraits de galettes enrichies à 0,125 % et 0,25 % pour les teneurs en celluloses et en cendres insolubles.

4. Composés phénoliques

4.1. Teneur en phénols solubles totaux

Les teneurs en phénols solubles totaux de chaque extrait (Fig. 14) varient en fonction de l'enrichissement avec la poudre de feuilles de Moringa.

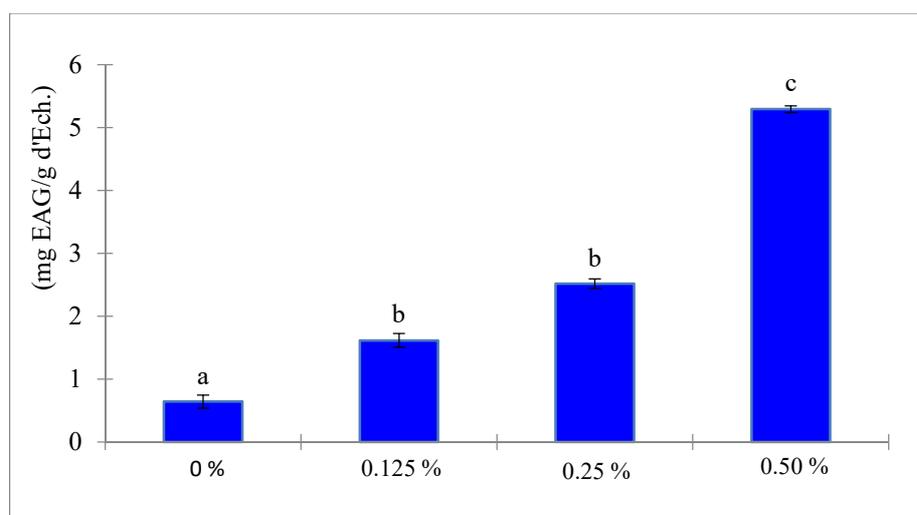


Fig. 14: Teneurs en phénols solubles totaux des extraits de galettes préparées.

Chapitre III : Résultats et discussions

La teneur en phénols solubles totaux dans les extraits bruts des galettes préparées (Fig. 14) varient d'un extrait à un autre et qu'il paraît clairement que c'est l'extrait de galette enrichie à 0.5% qui a donné la teneur en phénols solubles totaux la plus élevée ($5,3\pm 0,05$ mg EAG/g Ech.) par rapport à l'extrait de galette témoin qui a donné la teneur la plus faible ($0,64\pm 0,10$ mg EAG/g Ech.). L'analyse statistique montre une différence significative ($P < 0,05$) entre les deux extraits et une différence non significative entre les deux extraits de galettes enrichies à 0.125 % et 0.250 %.

4.2. Teneur en flavonoïdes

Les teneurs en flavonoïdes de chaque extrait (Fig. 15) varient en fonction de l'enrichissement avec la poudre de feuilles de Moringa.

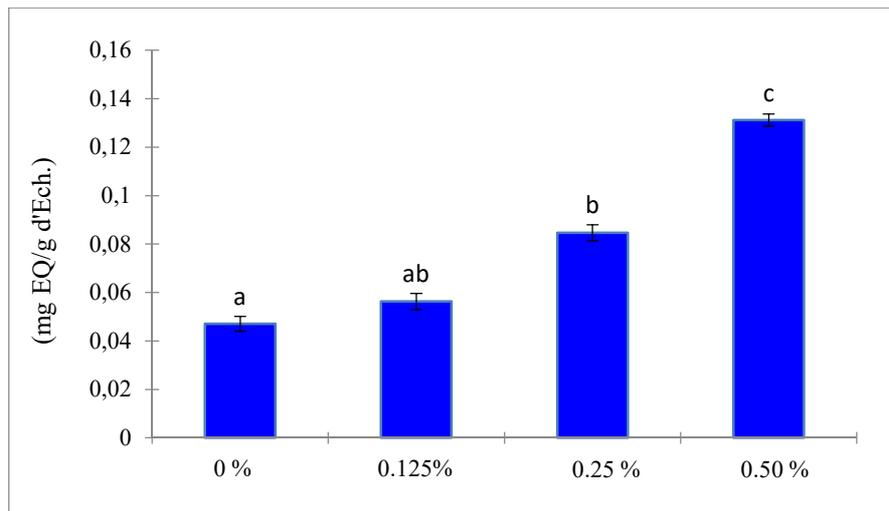


Fig. 15 : Teneur en flavonoïdes des galettes préparées.

La teneur en flavonoïdes dans les extraits bruts des galettes préparées (Fig. 15) varie d'un extrait à un autre. Les résultats montrent que l'extrait de galette enrichie à 0,5 % qui a donné la teneur en flavonoïdes la plus élevée ($0,13\pm 0,003$ mg E Q/g Ech.) par rapport à l'extrait de galette témoin qui a donné la teneur la plus faible ($0,04 \pm 0,01$ mg E Q/g Ech.). L'analyse statistique montre une différence significative ($P < 0,05$) entre ces deux extraits et une différence non significative pour les extraits de galettes enrichies à 0.125 % et 0.250 %.

4.3. Teneur en tanins

Les teneurs en tanins hydrolysables et en tanins condensés de chaque extrait (Fig. 16) varient en fonction de l'enrichissement avec la poudre de feuilles de Moringa.

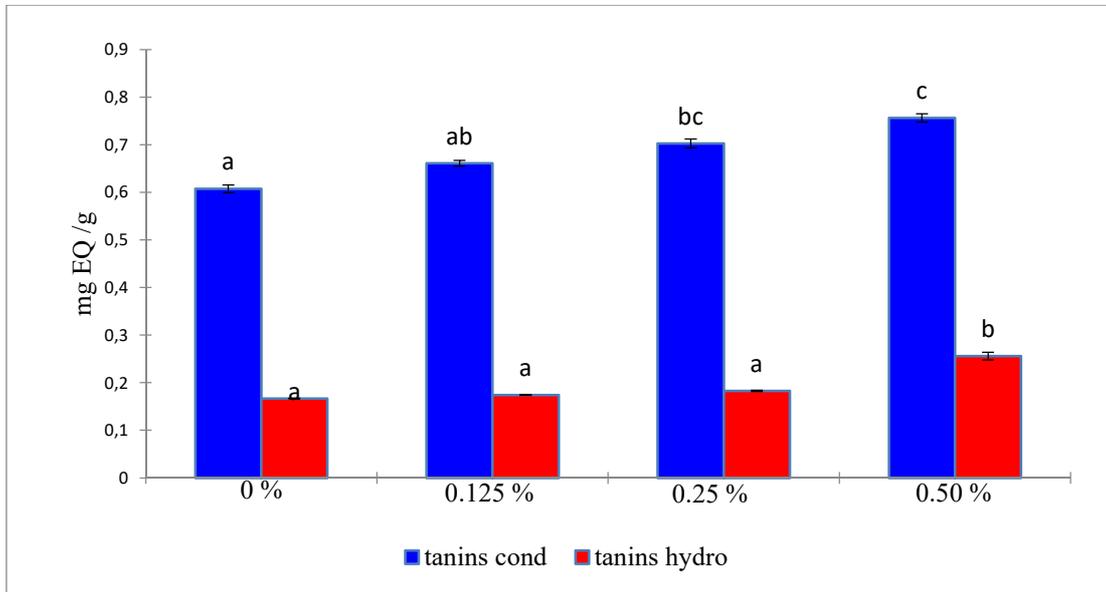


Fig. 16 : Teneur en tanins hydrolysables et tanins condensés des galettes préparées.

D'après les résultats (Fig. 16), la teneur en tanins condensés est variable d'un extrait à un autre. Il paraît que c'est l'extrait de galette enrichie à 0.5 % de feuilles de *M. oleifera* qui a donné la teneur en tanins la plus élevée (0,76±0,01 mg E C/g Ech) et (0,26±0.01 mg E AT/g Ech) respectivement pour les tanins condensés et les tanins hydrosolubles). L'extrait de galette témoin a donné les plus faibles teneurs en tanins condensé et en tanins hydrosolubles respectivement d'ordre de (0,61±0,01 mg E C/g Ech) et (0,17±0.001 mg E C/g Ech). L'analyse statistique montre une différence significative ($P < 0.05$) entre les deux extraits.

Les résultats ne montrent pas de différence significative ($P < 0.05$) entre les teneurs en tanins condensés et hydrolysables des extraits de galettes enrichies à 0.125 % et à 0.5 %.

4.4. Mise en évidence de quelques métabolites secondaires

Les tests appliqués aux extraits de galettes préparées ont permis de mettre en évidence la présence d'autres métabolites secondaires tels que les saponines, les alcaloïdes et les terpénoïdes.

a. Terpénoïdes

La présence de terpènes est déterminée par l'apparition d'une couleur brun-rouge à l'interface de l'extrait. Les résultats obtenus montrent l'apparition d'un anneau brun-rouge à l'interface des extraits de galette témoins et des extraits des galettes enrichies (Fig.17), traduisant ainsi la présence de terpènes solubilisés par notre solvant d'extraction.

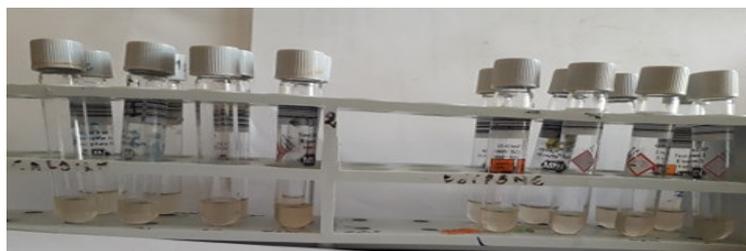


Fig. 17: Mise en évidence de terpènes dans les extraits des galettes préparées.

b. Alcaloïdes

La présence d'alcaloïdes dans les différents extraits est déterminée par la formation d'un précipité brun-noir (Fig. 18). Les résultats montrent l'absence totale de formation d'anneau brun-noir aux niveaux de tous les extraits de galettes (témoin et enrichies).



Fig. 18 : Mise en évidence Alcaloïdes des galettes préparées.

c. Saponines

La présence de Saponines est déterminée par la formation d'une mousse persistante. D'après les résultats représenté (Fig. 19), il n'y a pas eu formation d'une mousse persistante au niveau de différents extraits (témoin et enrichies).



Fig. 19 : Mise en évidence Alcaloïdes des galettes préparées.

5. Activité antioxydant

Une étude a été effectuée sur l'activité antioxydant : le test de DPPH, le test de pouvoir réducteur et celui de chélation du fer.

5.1 Activité anti-radicalaire DPPH des galettes

L'activité anti-radicalaire du DPPH de chaque extrait (Fig. 20) a été calculée à partir d'équations d'effet d'inhibition du DPPH.

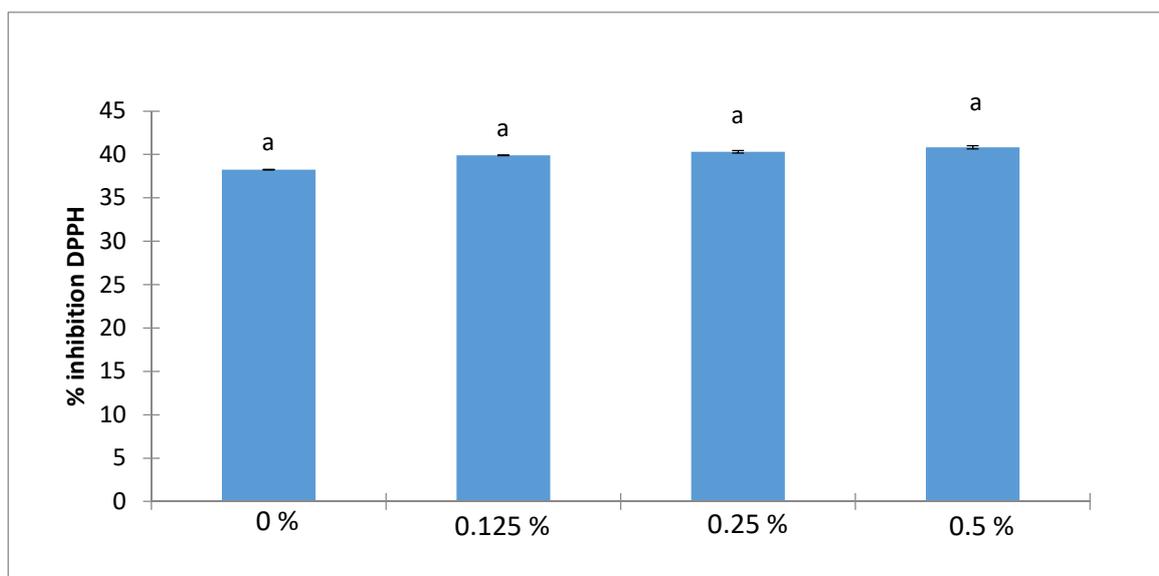


Fig. 20 : Activité anti-radicalaire du DPPH des galettes préparées.

Chapitre III : Résultats et discussions

Les résultats obtenus (Fig. 20) montrent une augmentation du pourcentage d'inhibition du radical DPPH avec l'élévation de la concentration d'extrait. L'extrait de la galette enrichie avec 0.50 % de feuilles de *M. oleifera* a donné un pourcentage d'inhibition nettement élevé $40,84\% \pm 0,19\%$ par rapport à la galette témoin qui a donné un pourcentage d'inhibition de $38,25\% \pm 0,04\%$ d'échantillon. L'analyse statistique des résultats ne montre pas de différences significatives ($P < 0,05$) entre tous les extraits des galettes préparées.

5.2. Pouvoir réducteur

Nos résultats montrent une variabilité du pouvoir réducteur entre l'ensemble les différents extraits (Fig. 21). L'enrichissement avec galettes avec la poudre de *M. oleifera* améliore significativement ($P < 0,05$) le pouvoir réducteur. L'amplitude de ces augmentations dépend du taux d'utilisation de Moringa.

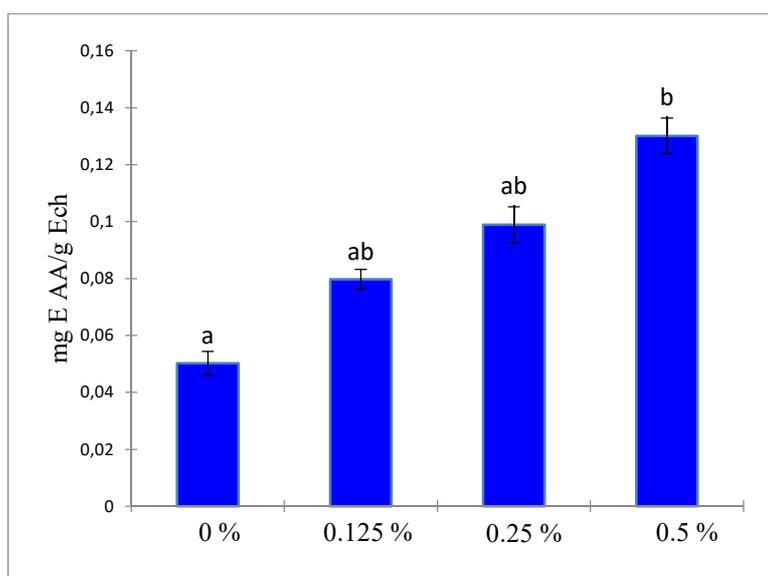


Fig. 21 : Pouvoir réducteurs des galettes préparées.

L'histogramme (Fig. 21) montre une augmentation du pouvoir réducteur en présence de l'extrait de galette enrichie à 0.5 % avec la poudre de feuilles de *M. oleifera* ($0,14 \pm 0,01$ mg E AA/g Ech.) par rapport à l'extrait de galette témoin ($0,05 \pm 0,01$ mg E AA/g Ech.). L'analyse statistique montre une différence significatif ($P < 0,05$) entre les deux extraits. Pour les extraits de galettes enrichies à 0.125 % et à 0.250 %, la différence n'est pas très significative ($P < 0,05$).

5.3. Effet chélateurs de Fer ferreux

La figure 22 suivante illustre la variabilité de la capacité de chélation du fer des galettes préparées.

Les extraits des galettes enrichis se caractérisent par un pouvoir chélateur significativement ($p < 0.05$) plus important que l'extrait de la galette témoin. L'extrait de galette enrichie à 0.5 % avec la poudre de feuilles de *M. oleifera* manifeste le plus grand pouvoir de chélation de fer : $10,87\% \pm 0,21$ % contre $9,30 \pm 0,02$ % pour le témoin d'échantillon. Le pouvoirs chélateurs du standard EDTA est supérieur à celui des extrait des galettes la différences est significatif ($p < 0.05$).

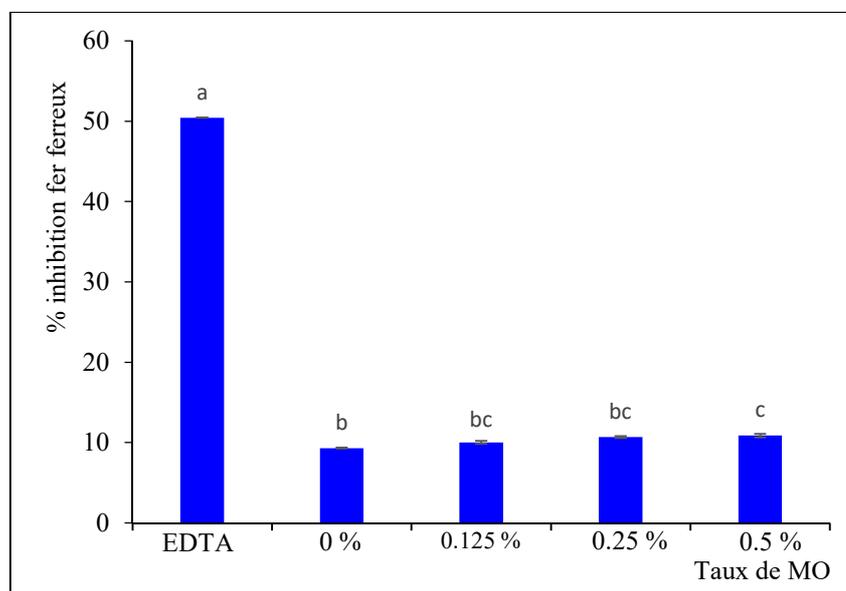


Fig. 22 : Pouvoir chélateur du fer des galettes préparées.

Par contre, pas de différence significative ($P < 0.05$) entre les extraits de galettes enrichies à 0.125 % g et 0.250 %.

6. Effets des extraits de galettes sur l'activité de l' α -amylase

La figure ci-dessus montre les résultats de l'activité α -amylase à différentes doses D1 (10mg/ml) et D2 (5mg/ml).

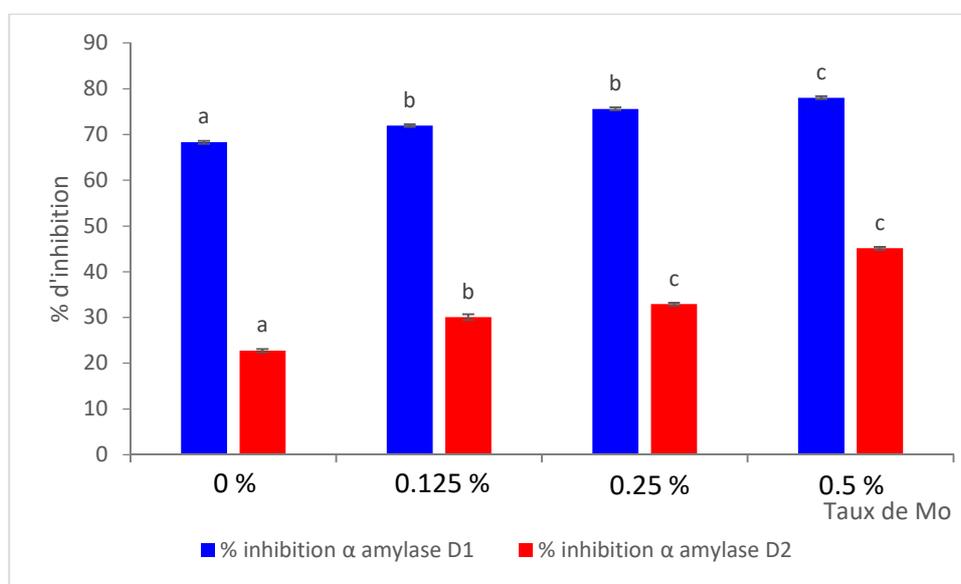


Fig. 23 : Effet des extraits de galette enrichie sur l'activité d l' α -amylase.

L'analyse statistique des résultats (Fig. 23) montre une élévation significativement importante ($p < 0.05$) du pourcentage d'inhibition d' α -amylase avec l'élévation du taux d'incorporation de la poudre de feuilles de *M. oleifera* dans les galettes préparées et qui s'avère plus importante avec la dose D1 qu'avec la dose D2.

L'inhibition la plus élevée a été obtenue avec les extraits des galettes enrichies à 0,5 % de feuilles de *M. oleifera* (78,04±0,30 % pour D1 et 45,12±0,30 % pour D2) ; alors que l'inhibition la plus faible est obtenue avec l'extrait de galette témoin (68,29±0,30 % pour la dose D1 et de 22,76±0,35 % pour la dose D2).

7. Analyse sensorielle

7.1 Caractérisation produit

Le test permet une identification des descripteurs qui discriminent le mieux et ceux qui discriminent le moins les produits et de déterminer leurs caractéristiques en fonction des préférences du panel expert. Le graphe (Fig. 24) rassemble les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant sur les 5 échantillons de galettes préparées. Les résultats montrent que :

- ◇ La couleur et l'intensité de l'arôme, saveur sont les descripteurs qui ont le plus fort pouvoir discriminant. Cela signifie que les experts ont constatés des différences entre les caractéristiques précédentes sur les cinq différents échantillons dégustés.
- ◇ Le pouvoir discriminant de caractère texture est moyen.
- ◇ Le descripteur intensité d'odeur est celui qui a le pouvoir discriminant le plus faible (il n'a pas pu différencier l'intensité odeur entre les produits tellement elle est faible).

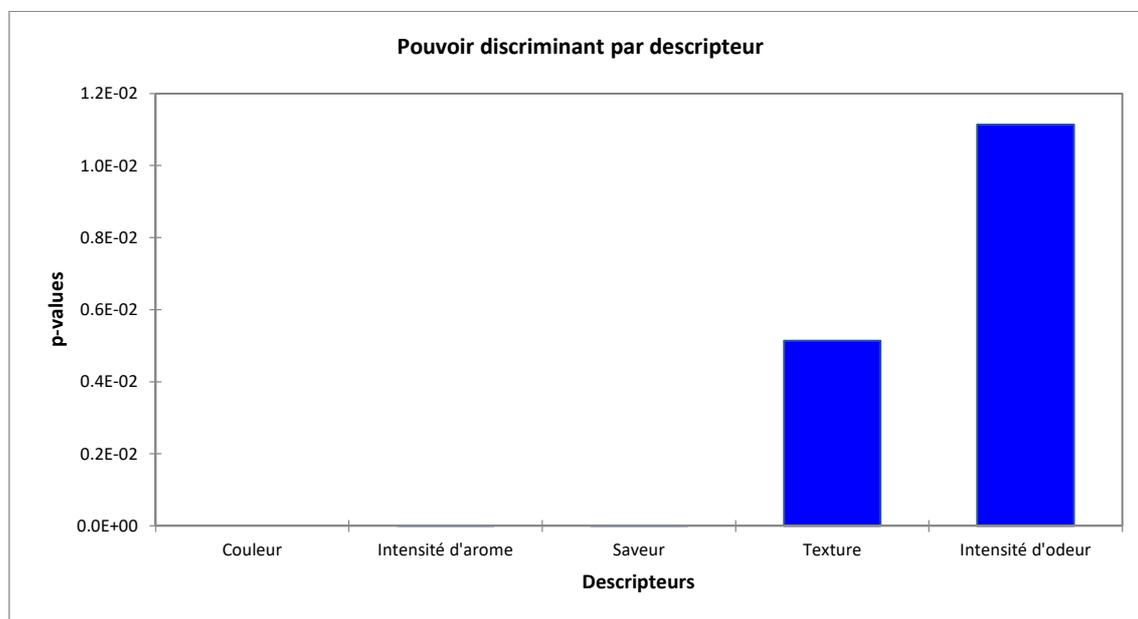


Fig. 24 : Pouvoir discriminant par descripteur.

Chapitre III : Résultats et discussions

6.3. Moyennes ajustées par produit

L'objectif de ce test est de définir les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit. Ce qui permet de faire ressortir les moyennes lorsque l'on croise les caractéristiques des différents produits. Les résultats (Tableau III) montrent donc en bleu les moyennes qui sont significativement plus grandes que la moyenne globale et en rouge celles qui sont significativement plus petites que la moyenne globale. En blanc, les moyennes qui ne présente pas de différences significatives (plus grandes ou plus petites) que la moyenne globale.

Tableau III : Moyennes ajustées par produit.

	Couleur	Intensité d'arôme	Saveur	Texture	Intensité d'odeur
Echant E	5,000	3,00	3,500	3,625	3,125
Echant D	4,000	2,750	2,375	3,125	2,875
Echant C	3,500	1,875	2,375	2,750	2,250
Echant B	2,750	1,625	1,625	2,625	2,625
Echant A	2,250	1,375	1,750	2,875	2,250

- ✚ **Galettes A et B** : est caractérisé par une couleur beige et par une intensité de l'arôme et saveur faible.
- ✚ **Galette C** : les caractéristiques de galette C n'a ni un effet significativement positif ni un effet significativement négatif sur le produit, elle est proche de la note moyenne donnée par les jury
- ✚ **Galette D** : est caractérisé par une forte couleur et forte intensité d'arôme.
- ✚ **Galette E** : est caractérisé par une forte couleur verte, texture très tendres et une intensité d'arôme, de saveur et odeur très forts.

6.4. Cartographie des préférences (Préférence MAPING PREFMAP)

La cartographie externe des préférences permet de visualiser sur une même représentation graphique d'une part des objets (produits), et d'autre part des indications

Chapitre III : Résultats et discussions

montrant le niveau de préférence du jury expert en certains points de l'espace de représentation.

La figure suivante a permis de présenter les corrélations entre les variables et les facteurs par une analyse en composantes principales (ACP)

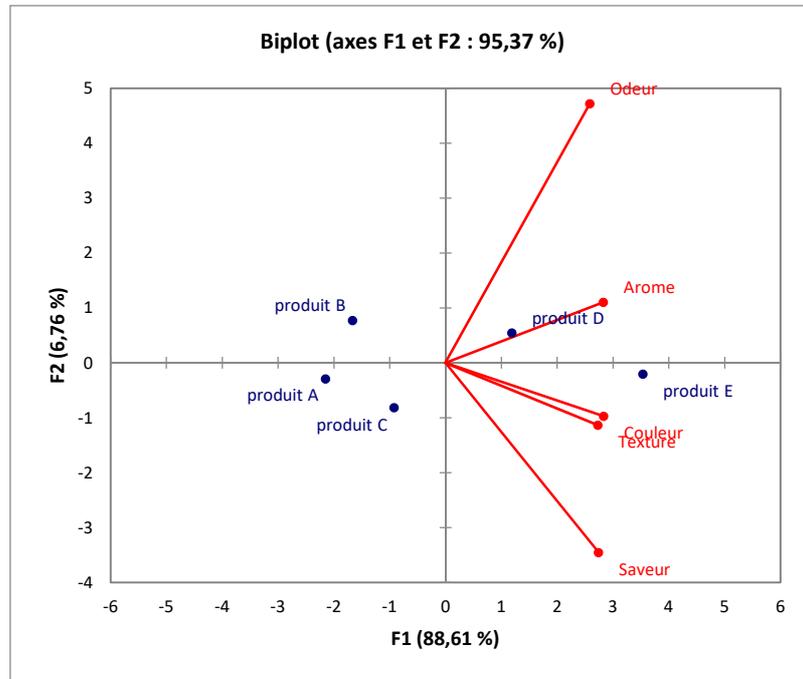


Fig. 25: Corrélations entre les variables et les facteurs par ACP.

La qualité de la figure est assez bonne, puis qu'elle a permis de représenter 95.37 % de la variabilité et de l'observation. Etant donné que cette figure montre que tous les descripteurs sont présentés dans le graphe.

6.5. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

La figure suivante a permis de présenter le profil des différentes classes créées :

Chapitre III : Résultats et discussions

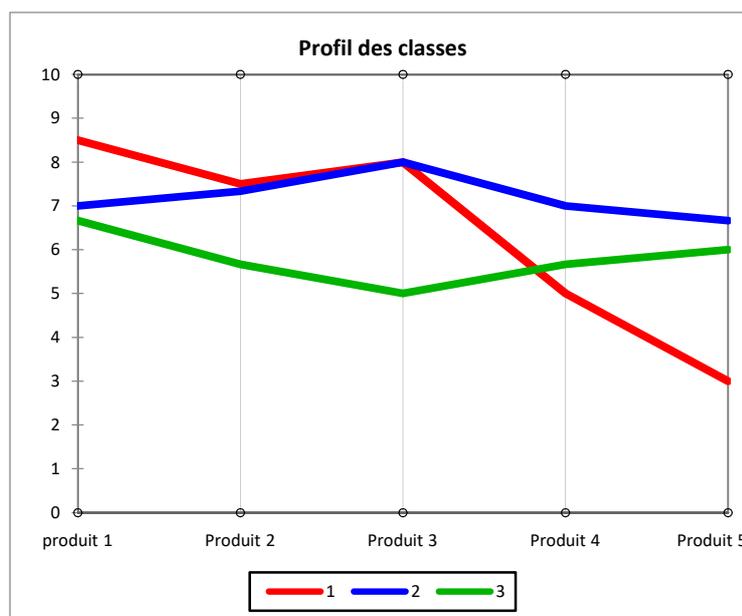


Fig. 25 : Graphe du Profil des classes créées.

❖ Objets classés par ordre croissant de préférence

Dans ce test sont affichés par ordre croissant de préférence, des objets dans les classes créées. Les résultats sont présentés dans les tableau suivants :

Tableau IV : Objets classés par ordre croissant de préférence

Classes 1	Classes 2	Classes3
Produit E	Produit E	Produit E
Produit D	Produit D	Produit C
Produit B	Produit B	produit A
Produit C	produit A	Produit D
produit A	Produit C	Produit B

❖ Objets classés par ordre croissant de préférence

Dans ce test sont affichés par ordre croissant de préférence, pour chaque juge, la liste des objets. Autrement dit, la dernière ligne correspond aux objets préférés des juges, selon les modèles de préférence.

Les résultats sont présentés dans les tableau suivants tableau ci-dessous :

Chapitre III : Résultats et discussions

Tableau V : Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet

Objet	%
produit A	100%
Produit B	67%
Produit C	67%
Produit D	33%
Produit E	0%

Le graphe du profil des classes créées et les tableaux IV et V (des objets classés et des pourcentages de satisfaction pour chaque objet) réalisés à partir des données de préférences ont permis de comparer visuellement les moyennes des différentes classes créées :

- **La classe 1** : préfère en première position la galette A suivi par la galette C ;
- **La classe 2** : préfère en premier la galette C suivis par la galette A ;
- **La classe 3** : préfère en première position la galette A suivi par la galette D

Par contre, toutes les classes ont montré que le produit E est le produit le moins apprécié.

6.6. Courbes de niveau et carte des préférences PREFMAP

PREFMAP, est un outil d'aide à l'interprétation et à la décision potentiellement très puissant puis qu'il permet de relier des données de préférence à des données objectives. Les deux figures courbes de niveau et cartes de préférences sont superposées. Les résultats sont présentés dans la figure suivante :

Chapitre III : Résultats et discussions

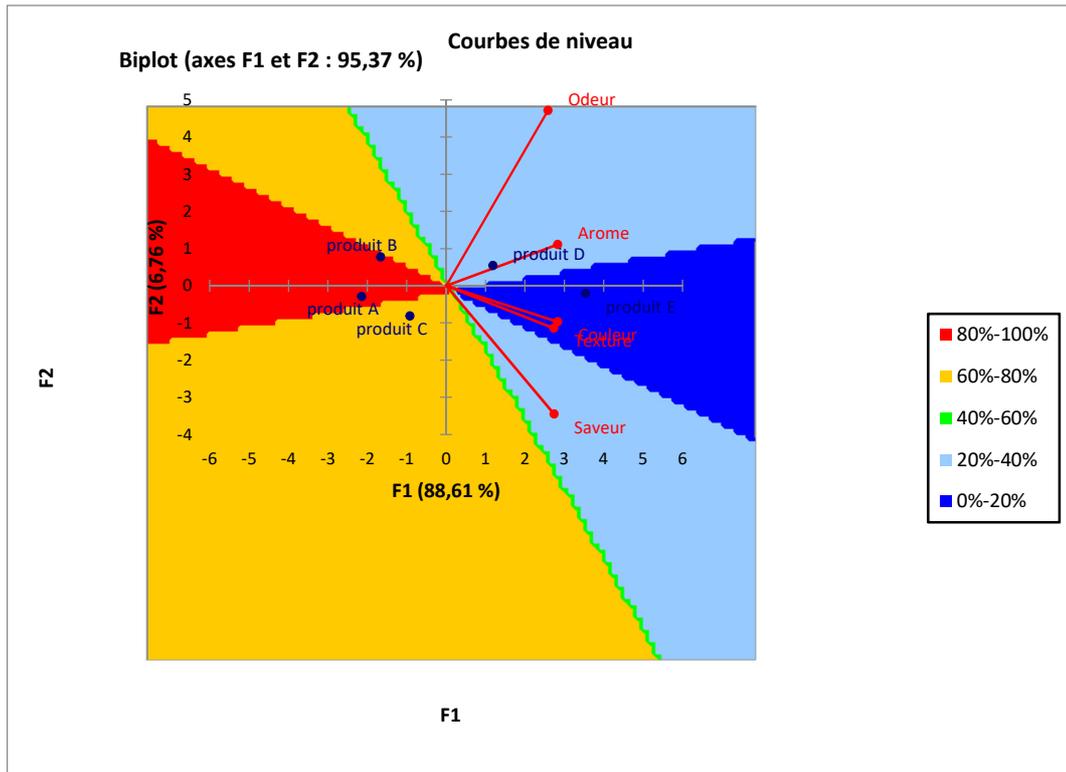


Fig. 26: Courbes de niveau et carte des préférences PREFMAP.

D'après les résultats (Fig. 26) la galette A (galette témoin) est la plus appréciée par les consommateurs (80 à 100%) due à sa couleur beige et à l'intensité de l'arôme et saveur faible, suivi des galettes B (enrichie à 0.125 %) et galettes C (enrichie à 0.250 %) à préférence de 60 à 80% des consommateurs, la galette D (enrichie à 0.50 %) qui présente une faible préférence des consommateurs (20 à 40%), et enfin, la galette E (enrichie à 1%) qui présente une très faible préférence des consommateurs (0 et 20%) car les juges estiment que la galette est verte foncée et une texture très tendre ainsi une saveur et l'intensité d'arôme et odeur très forte.



Conclusion et perspectives

Conclusion générale

L'objectif principal de ce présent travail est d'étudier l'effet de l'utilisation de la poudre de feuilles de *M. oleifera* dans la préparation des galettes traditionnelles enrichies sur la composition chimique, l'activité antioxydante et les qualités nutritionnels du produit fini, ainsi que la détermination de l'impact de cette incorporation et son acceptabilité.

Les galettes enrichies sont préparées avec des taux d'incorporation en poudre de feuilles de *Moringa* allant de : 0.125% ; 0.250% à 0.5%. Les résultats des dosages effectués montrent leurs richesses en polyphénols solubles totaux, flavonoïdes et les tannins (condensés et hydrolysables), dont les teneurs augmentent progressivement avec l'augmentation des taux d'incorporation par rapport au témoin. D'autres métabolites secondaires tels que les saponines et les terpènes ont été aussi mis en évidence dans les différents extraits.

Les résultats de la présente étude montre que les galettes préparées possèdent des propriétés antioxydantes, l'augmentation des teneurs en métabolites secondaires des galettes enrichies avec la poudre de feuilles de *M. oleifera* est suivie directement d'une amélioration de l'activité antioxydant.. L'augmentation du taux d'enrichissement augment progressivement l'activité de piégeage du radical DPPH (40.84% d'inhibition pour la galette enrichie à 0.5%), du pouvoir réducteur qui passe de 0.05 à 0.13 % et l'effet chélateur de fer ferreux qui augmente respectivement de 9.30 a 10.86% et qui est inférieur à celui du témoin positif EDTA ($50.49 \pm 0.02\%$) utilisé à une concentration de 0.005 g/ml.

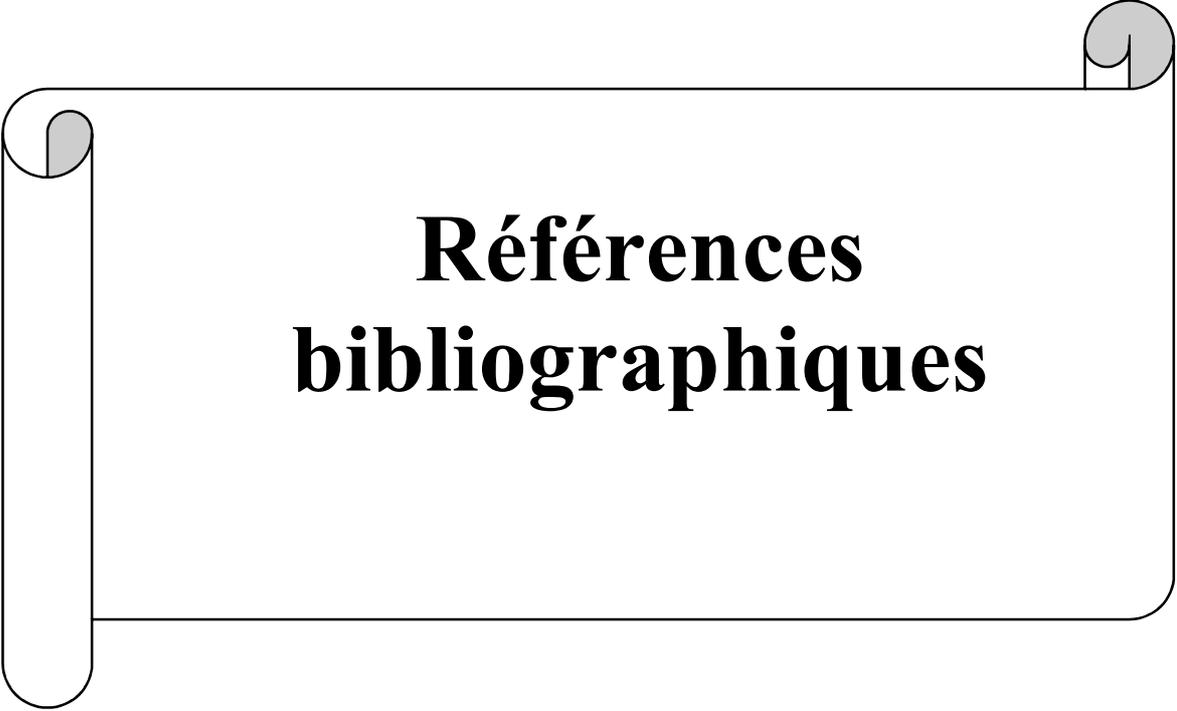
L'inhibition de l'activité α -amylase augmente également avec l'augmentation des taux d'incorporations de la poudre de feuilles de *Moringa*.

Les résultats des analyses sensorielles des galettes préparées (témoin et enrichies) montrent que les galettes les plus appréciées, après le témoin, sont celles enrichies avec 0.125% et 0.25% de poudre de feuilles de *M. oleifera*. Elles se caractérisent par une saveur, une odeur faible et une couleur beige non différenciable et similaire aux galettes témoins. Par contre, la galette enrichie a 1% est la moins apprécié due à sa couleur verte foncé, une texture très tendres et une intensité d'arôme, de saveur et odeur très fortes.

Conclusion et perspectives

Perspectives

- L'enrichissement des aliments pour lutter contre la carence en nutriments et non nutriments ;
- Une analyse sensorielle est nécessaire pour évaluer l'acceptabilité de notre galette par le consommateur ;
- L'analyse *in-vivo* est nécessaire aussi pour évaluer la qualité nutritionnelle des galettes ;
- Approfondir l'étude de l'apport en protéines végétales en tant que sources d'acides aminés qui ont une valeur nutritive importante.



**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

- ◇ **Abbas, B. (2016).** Le pain, un bout de tradition, Ras El Hanout (Spécial Ramadhan). *Magazine Des Professionnels Des Produits Halal Et Orientaux*, 3, 18p.
- ◇ **Ademiluyi, A.O., Aladeselu, O.H., Oboh, G. & Boligon, A.A. (2018).** Drying alters the phenolic constituents, antioxidant properties, α -amylase, and α -glucosidase inhibitory properties of *Moringa (Moringa oleifera)* leaf. *Food Science & Nutrition*, 6(8): 2123-2133.
- ◇ **Adeyinka S.M., Oyedele O.J., Adeleke T.O. & Odedire J.A. (2008).** Reproductive performance of rabbits fed *Moringa oleifera* as a replacement for *Centrosema pubescens*. 9th World Rabbit Congress – June 10-13 – Verona – Italy.
- ◇ **Afsar, T., Razak, S., Shabbir, M. & Khan, M.R. (2018).** Antioxidant activity of polyphenolic compounds isolated from ethyl-acetate fraction of *Acacia hydaspica* R. Parker. *Chemistry Central Journal*, 12(1). 5p.
- ◇ **Al-Dmoor, H. (2012).** Flat bread : ingredients and fortification,. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 4(1): 2-8.
- ◇ **Al-Kahtani, H.A. (1995).** Some Antinutritional Factors in *Moringa peregrina* (Al-Yassar or Al-Ban) and Soybean Products. *Journal of food science* 60(2):395-398.
- ◇ **Ali, H., Houghton, P. & Soumyanath, A. (2006).** α -Amylase inhibitory activity of some Malaysian plants used to treat diabetes; with particular reference to *Phyllanthus amarus*. *Journal of Ethnopharmacology*, 107: 449-455.
- ◇ **Aly, A.A., Maraei, R.W. & 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.
- ◇ **Amana, k. (2007).** Les anacardiaceae du togo : Etudes botaniques, Ecologiques et propriétés antifongiques. *Thèse, Doctorat Université de Reims Champagne-Ardenne, France*. 182p.
- ◇ **Amjad, M., Qureshi, H., Arshad, M., Chaudhari, S. & Masood, M. (2015).** The incredible queen of green: Nutritive value and therapeutic potential of *Moringa oleifera* Lam. *the Journal of Coastal Life Medicine*, 3(9): 744-751.

Références bibliographiques

- ◇ **Anwar, F. & Bhangres, M. (2003).** Analytical Characterization of *Moringa oleifera* Seed Oil Grown in Temperate Regions of Pakistan. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(22): 6558-6563.
- ◇ **Anwar, F., Ashraf, M. & Bhangar, M. (2005).** Interprovenance variation in the composition of *Moringa oleifera* oil seeds from Pakistan. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 82(1): 45-51.
- ◇ **Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M. & Gilani, A. (2007).** *Moringa oleifera*: A Food Plant with Multiple Medicinal Uses. *Phytotherapy research*, 21: 17-25.
- ◇ **Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., & Gilani, A.H. (2007).** *Moringa oleifera*: a food plant with multiple medicinal uses. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 21(1), 17-25.
- ◇ **AOAC. (1999).** Official Methods of Analysis. 16th ed. (5th rev.) Washington, D.C. Cunniff, P., & Association of Official Analytical Chemists.
- ◇ **Apilado, O.S., Oliveros, M.C.R., Sarmago, I.G., Magpantay, V.A. & Lapitan, R.M. (2013).** Chemical Composition, Sensory Quality and Acceptability of Cream Cheese from Pure Buffalo's Milk Added with Malunggay (*Moringa oleifera* l.) Leaf Powder. *Philippine Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 39(1): 91-98.
- ◇ **Barichella, M., Pezzoli, G., Faierman, S. A., Raspini, B., Rimoldi, M., Cassani, E. & Ferri, V. (2019).** Nutritional characterisation of Zambian *Moringa oleifera*: acceptability and safety of short-term daily supplementation in a group of malnourished girls. *International journal of food sciences and nutrition*, 70(1) : 107-115.
- ◇ **Bharali, R., Tabassum, J., & Re, M. (2003).** Chemomodulatory Effect of *Moringa oleifera*, Lam, on Hepatic Carcinogen Metabolising Enzymes, Antioxidant Parameters and Skin Papillomagenesis in Mice. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 4: 131-139.
- ◇ **Bhaumik, A., Kumar, S. & Chopra, M. (2016).** Evaluation of hepatoprotective and antipyretic activity of ethanolic extract of root of *Moringa oleifera* lam. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 5(9): 1112-1122.
- ◇ **Bidima., (2016).** Production et transformation de Moringa. Collection PRO-AGRO. Ed. Ingénieurs Sans Frontières Cameroun (ISF Cameroun) et Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) AJ Wageningen, Pays-Bas. 40p.

Références bibliographiques

- ◇ **Bock, J., Wrigley, C. & Walkek, C. (2016).** Bakeries: The Source of Our Unique Wheat-Based Food, Bread. *Encyclopedia of Food Grains, 1*: 21-27.
- ◇ **Bokhari, J., Khan, M.R., Shabbir, M., Rashid, U., Jan, S. & Zai, J.A. (2013).** Evaluation of diverse antioxidant activities of Galium aparine. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 102, 24-29.
- ◇ **Bojňanská, T., Frančáková, H., Líšková, M. & Marian, T. (2012).** Legumes – The Alternative Raw Materials For Bread Production. *Journal of Microbiology Biotechnology and Food Sciences, 1*: 876-886.
- ◇ **Bonjoch, P. & Tamayo, R. (2001).** Protein content quantification by Bradford. In M. R. Roger, *Handbook of Plant Ecophysiology Techniques. Kluwer Academic, the Netherlands: Dordrecht.* 283-295.
- ◇ **Bougandoura, N. & Bendimerad, N. (2013).** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha ssp. Nepeta* (L.) Briq. *Revue « Nature & Technologie ». B- Sciences Agronomiques et Biologiques*, 9: 14-19.
- ◇ **Broin, M. (2005).** Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera*. Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera* : 1-5.
- ◇ **Brand-Williams, W. Cuvelier M.E. & Berset C. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel–Wissenschaft und Technologie- Food Science and Technology*, 28(1): 25-30.
- ◇ **Buehler, E. (2006).** Bread science The Chemistry and Craft of Making Bread. Carrboro, Ed 1st Two Blue Books North Carolina, 254 p.
- ◇ **Camacho, F., Sousa, V., Bergamasco, R. & Teixeira, M. (2016).** The use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant in surface water treatment. *Chemical Engineering Journal*. 313: 226-237.
- ◇ **Cardines, P., Baptista, A., Gomes, R., Bergamasco, R. & Vieira, A. (2018).** *Moringa oleifera* seed extracts as promising natural thickening agents for food industry: Study of the thickening action in yogurt production. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie - Food Science and Technology*, 97: 39-44.
- ◇ **Catsberg, C. & Kempen-Van Dommelen, G. (1990).** Food Handbook. 1^{ère} Ed. Ellis Horwood Series in Food Science and Technology. London, 216p.
- ◇ **Charoensin, S. (2014).** Antioxidant and anticancer activities of *Moringa oleifera* leaves. *Journal of Medicinal Plant Research*, 8(7): 318-325.

Références bibliographiques

- ◇ **Chuang , P.-H., Lee, C.-W., Cho, J.-Y., Shieh , B.-J. & Chen, H.-M. (2007).** Anti-fungal activity of crude extracts and essential oil of *Moringa oleifera* Lam. *Bioresource Technology*, 98(1): 232-236.
- ◇ **Chukwuebuka, E. (2015).** *Moringa oleifera* “The Mother’s Best Friend”. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4(6): 624-630.
- ◇ **Chumark, P., Khunawat, P., Sanvarinda, Y., Phornchirasilp, S., Morales, N.P., Phivthong-ngam, L., Ratanachamngong, P., Srisawat, S. & Klai-upsorn, S.P. (2008).** The in vitro and ex vivo antioxidant properties, hypolipidaemic and antiatherosclerotic activities of water extract of *Moringa oleifera* Lam. leaves. *Journal of ethnopharmacology*, 116(3): 439-446.
- ◇ **Csurhes, S. & Navie, S. (2016).** Horseradish tree *Moringa oleifera*. *Invasive plant risk assessment*. 4(6): 388-402.
- ◇ **Daba, M. (2016).** Miracle Tree: A Review on Multi-purposes of *Moringa oleifera* and Its Implication for Climate Change Mitigation. *Journal of Earth Science and Climatic Change*, 7(8): 1-5.
- ◇ **De Saint sauveur, A. & Broin, M. (2006).** L’utilisation des feuilles de *Moringa oleifera* contre les carences alimentaires : un potentiel encore peu valorisé. *Moringa et autres végétaux à fort potentiel nutritionnel : Stratégies, Normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique*. Accra, Chana, 16-18 novembre. 8p.
- ◇ **Deshpande, S.S. & Cheryan, M. (1985).** Evaluation of Vanillin Assay for Tannin Analysis of Dry Beans. *journal of food science*, 50(4): 905-910.
- ◇ **Doymaz, I., Gorel, O. & Akgun, A. (2004).** Drying characteristics of the solide by product of olive oil extraction. *Biosystems engineering*, 88(2): 213-219.
- ◇ **Dubey, D., Dora, J., Kumar, A. & Gulsan, R. (2013).** A Multipurpose Tree- *Moringa oleifera*. *International. Journal Of Pharmaceutical And Chemical Sciences*, 2 (1): 415-423.
- ◇ **Everett, B.S., Landau, S. & Leese, M. (2001).** Cluster analysis, 4^{ème}Ed. Arnold, London, pp: 35- 42.
- ◇ **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.

Références bibliographiques

- ◇ **Farooq, F., Rai, M., Tiwari, A., Khan, A.A. & Farooq, S. (2012).** Medicinal properties of *Moringa oleifera*: An overview of promising healer. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(27): 4368-4374.
- ◇ **Falowo, A., Mukumboa,, F., Idamokoroa, E. & Lorenzo, J. (2018).** Multi-functional application of *Moringa oleifera* Lam. In nutrition and animal food products: A review, *Food Research International*, 106: 317-334.
- ◇ **Farooq, F., Meenu, R., Avinash, T., Khan, A. & Farooq, S. (2012).** Medicinal properties of *Moringa oleifera*: An overview of promising healer. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(27): 4368-4374.
- ◇ **Ferreira, P., Farias, D., Oliverira, J. & Carvalho, A. (2008).** *Moringa oleifera*: bioactive compounds and nutritional potential. *Revista de Nutrição*, 21(4): 431-437.
- ◇ **Foidl N., Makkar H.P.S. & Becker K. (2001).** The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses (45-76). In: Fuglie L. J (editor). *The miracle tree: the multiple attributes of Moringa.*-Wageningen : CTA; Dakar: CWS:177p.
- ◇ **Foidl, N., Makkar, H. & Becker, K. (2001).** Potentiel de *Moringa oleifera* en agriculture et dans l'industrie. *Potentiel de développement des produits du Moringa, Dar es Salaam, Tanzanie.* 20p.
- ◇ **Ghasi, S., Nwobodo, E. & 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: 21-25.
- ◇ **Gocmen, D., Inkaya, A. & Aydin, E. (2009).** Flat breads. *Bulgarian journal of agricultural science*, 15(4): 298-306.
- ◇ **Gupta, K.B., Barat G.K., Wagle, D.S. & Chawla, H.K.L. (1989).** Nutrient contents and Antinutritional factors in conventional and non-conventionnelle leafy vegetables. *Food Chemistry*, 31: 105-106.
- ◇ **Hama-Ba, F., Silga, P., & Diawara, B. (2016).** Evaluation de la qualité et de l'acceptabilité de couscous à base de trois formulations de farines composites enrichies au soja (*Glycine max*) et au *Moringa (Moringa oleifera)*. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(6) : 2497-2510.
- ◇ **Hossain, Md.K, Sturm, B., Quadt, A. & Hensel, O. (2017).** A Sustainable Natural Resource (*Moringa oleifera*) in Tropical and Subtropical Areas: An Intensive Literature

Références bibliographiques

- Review. *Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development*, Tropentag, Bonn, Germany. September 20-22.
- ◇ **Houndji, B.V.S., Bodjrenou, S.F., Londji, S.B.M., Ouetchehou, R.A., Acakpo, A. & Amouzou, K.S.S.E. (2013).** Amélioration de l'état nutritionnel des enfants âgés de 6 à 30 mois à Lissèzoun (Centre-Bénin) par la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* (Lam.). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(1) : 225-235.
 - ◇ **Husson, F., Lê, S. & Pagès, J. (2009).** SensoMineR dans Evaluation sensorielle - manuel méthodologique, 3^{ème} édition Lavoisier Tec et Doc, Paris, pp 463-470.
 - ◇ **Indrani, D., Prabhasankar, P., Rajiv, J., & Rao, G. V. (2007).** Influence of whey protein concentrate on the rheological characteristics of dough, microstructure and quality of unleavened flat bread (parotta). *Food Research International*, 40(10) : 1254-1260.
 - ◇ **Indrani, D., Soumya, C., Rajiv, J. & Venkateswara Rao, G. (2010).** Multigrain Bread – Its Dough Rheology, Microstructure, Quality And Nutritional Characteristics. *Journal of Texture Studies*, 41(3): 302–319.
 - ◇ **Jaja-Chimedza, A., Graf, B., Simmler, C., Kim, Y., Kuhn, P., Pauli, G. & Raskin, I. (2017).** Biochemical characterization and anti-inflammatory properties of an isothiocyanate enriched moringa (*Moringa oleifera*) seed extract. *journal PLoS ONE*, 12(8): 1-21.
 - ◇ **Jolliffe I.T (2002).** Principal Component Analysis, 2^{ème} éditions. Springer, New York, pp: 13-18.
 - ◇ **Jimoh, T.O. (2018).** Enzymes inhibitory and radical scavenging potentials of two selected tropical vegetable (*Moringa oleifera* and *Telfairia occidentalis*) leaves relevant to type 2 diabetes mellitus. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 28(1): 73-79.
 - ◇ **Kadhim, E.J., & AL-Shammaa, D.A. (2014).** Phytochemical characterization using GC-MS analysis of methanolic extract of *Moringa oleifera* (family Moringaceae) plant cultivated in Iraq. *Chem Mater Res*, 6(5): 9-26.
 - ◇ **Kakengi AMV, Kaijage JT, Sarwatt SV, Mutayoba SK, Shem MN, Fujihara T, 2007.** Effect of *Moringa oleifera* leaf meal as a substitute for sunflower seed meal on performance of laying hens in Tanzania. *Livest. Res. Rural Dev.* p19

Références bibliographiques

- ◇ **Konan, Y., Witabouna, K.M., Bassirou, B. & Kagoyire, K. (2014).** Antioxidant activity and total phenolic content of nine plants from Côte d'Ivoire (West Africa). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 4(8): 36.
- ◇ **Konan, K., Mamyrbékova-Békro, J., Guiffrey, P., Virieux, D., Pirat, J. & Békro, Y. (2017).** Composition organique et activité anti-radicalaire de *Bombax costatum* de Côte d'Ivoire. *Revue CAMES-Série Pharmacopée et médecine traditionnelle africaine*, 8(2): 21-27.
- ◇ **Kar, S., Mukherjee, A., Ghosh, M. & Bhattacharyya, D. (2013).** Utilization of Moringa Leaves as Valuable Food Ingredient in Biscuit Preparation. *International Journal of Applied Sciences & Engineering*, 1(1): 29-37.
- ◇ **Kezih, R., Bekhouche, F. & Merazka, A. (2011).** Some traditional Algerian products Bread Made from Cooked Rice and Wheat Flour Blend. *Food Science and Technology Research*, 17(2): 121-128.
- ◇ **Kezih, R. & Marzaka, A. (2014).** Some traditional Algerian products from durum wheat. *African Journal of Food Science*, 8(1): 30-34.
- ◇ **Kou, X., Li, B., Olayanju, J., Drake, J. & Chen, N. (2018).** Nutraceutical or Pharmacological Potential of *Moringa oleifera* Lam. *Nutrients*, 10(3) : 343.
- ◇ **Kourkouta, L., Koukourikos, K., Iliadis, C., Ouzounakis, P., Monios, A. & Tsaloglidou, A. (2017).** Bread and Health, *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5: 821-826.
- ◇ **Kumbhare, M.R., Sivakumar, T., Udavant, P.B., Dhake, A.S., Surana, A.R. (2012).** In-vitro antioxidant activity, phytochemical screening, cytotoxicity and total phenolic content in extracts of *Caesalpinia pulcherrima* (*Caesalpinaceae*) pods. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 15(7): 325-332.
- ◇ **Ladraa, N. (2012).** Aptitude de panifications de quelque variété de blé. *Ecole National Supérieurs d'Agronomie El-harach*, Alger, 12p.
- ◇ **Lamuela-Raventós, R. (2018).** Folin-Ciocalteu method for the measurement of total phenolic content and antioxidant capacity. Dans J. Wiley , & S. Ltd, *Measurement of Antioxidant Activity & Capacity: Recent Trends and Applications*, 1^{ère}Ed :115-119.
- ◇ **Laleye, O., Ahissou, H., Olounlade, A., Azando, E. & Laleye, A. (2015).** Etude bibliographique de trois plantes antidiabétiques de la flore béninoise: *Khaya senegalensis* (Desr) A. Juss (*Meliaceae*), *Momordica charantia* Linn (*Cucurbitaceae*) et

Références bibliographiques

- Moringa oleifera* Lam (Moringaceae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(5): 2682-2700.
- ◇ **Le, K., Chiu, F. & Ng, K. (2007).** Identification and quantification of antioxidants in *Fructus lycii*. *Food chemistry*, 105(1): 353-363.
 - ◇ **Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristli, J. & Bertoli, S. (2015).** Cultivation, genetic, ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of *Moringa oleifera* leaves: an overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 16:12791–12835.
 - ◇ **Li H., Wang X., Li Y., Li P. & Wang H. (2009).** Polyphenolic compounds and antioxidant properties Selected chine wines. *Food Chemistry*, 112(2):454-460.
 - ◇ **Liu, Z., Mo, K., Fei, S., Zu, Y., & Yang, L. (2017).** Efficient approach for the extraction of proanthocyanidins from *Cinnamomum longepaniculatum* leavesus in gultrasonic irradiation and an evaluation of their inhibition activity on digestive enzymes and antioxidant activity in vitro. *Journal of separation science*, 40(15), 3100-3113.
 - ◇ **Loizzo, M., Saab, A., Statti, G. & Menichini, F. (2007).** Composition and α -amylase inhibitory effect of essential oils from *Cedrus libani*. *Fitoterapia*, 78: 323-326.
 - ◇ **Mahmood, K., Mugal, T. & Haq, I. (2010).** *Moringa oleifera*: a natural gift-A review. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2(11): 775-781.
 - ◇ **Makkar, H. A., & Becker, K. (1996).** Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanolextracted *Moringa oleifera* leaves. *Animal feed science and technology*, 63(1-4) : 211-228.
 - ◇ **Malik, S., Ahmad, M. & Khan, F. (2017).** Qualitative And Quantitative Estimation Of Terpenoid Contents In Some Important Plants Of Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Science*, 69(2): 150-154.
 - ◇ **Mamadou, B. (2002).** Actions pharmacologiques des tanins. *Thèse Doctorat en pharmacie de l'université cheikh anta diop*, Dekar. 57p
 - ◇ **Mangale, S., Chonde, S. & Raut, P. (2012).** Use of *Moringa Oleifera* (Drumstick) seed as Natural Absorbent and an Antimicrobial agent for Ground water Treatment. *Research Journal of Recent Sciences*, 1(3): 31-40.
 - ◇ **Mertens, D.R. (2003).** Challenges in measuring insoluble dietary fiber. *Journal of Animal Science*, 81: 3233-3249.

Références bibliographiques

- ◇ **Mir, S., Naik, H., Shah, M., Mir, M., Wani, M. & Bha, M. (2014).** Indian Flat Breads: A Review. *Food And Nutrition Sciences*, 5(6): 549-561.
- ◇ **Moyo, B., Masika, P. J., Hugo, A. & Muchenje, V. (2011).** Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *African Journal of Biotechnology*, 10(60): 12925-12933.
- ◇ **Kragten, S. (2008).** Détermination de la teneur en fibres dans les aliments pour animaux à ALP. *Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP*: 1-7.
- ◇ **Mishra, G., Singh, P., Verma, R., Kumar, S., Srivastav, S., Jha, K. & Khosa, R. (2011).** Traditional uses, phytochemistry and pharmacological properties of *Moringa oleifera* plant: An overview. *Scholars Research Library Der Pharmacia Lettre*, 3(2): 141-164.
- ◇ **Mole, S.E. (1987).** Tonic acid proteolic enzymes: enzyme inhibition substrat derivation. *. Photochemistry*, 26: 99-102.
- ◇ **Morton, J. (1991).** The horseradish tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae)-A boon to Arid Lands?, *Economic Botany*, 45(3): 318-333.
- ◇ **Muhammad, H., Asmawi, M. & Karim Khan, N. (2016).** A review on promising phytochemical, nutritional and glycemc control studies on *Moringa oleifera* Lam. in tropical and sub-tropical regions. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6 (10): 896-902.
- ◇ **Muhl, Q.E. (2009).** Seed germination, tree growth and flowering responses of *Moringa oleifera* lam. (horseradish tree) to temperature. MSc (Agric.) Horticulture. Faculty of Natural and Agricultural Sciences. University of Pretoria. 149p.
- ◇ **Norshazila, S., Syed Zahir, I., Mustapha Suleiman, K., Aisyah, M.R. & Kamarul Rahim, K. (2010).** Antioxidant Study of Selected Seeds of Malaysian Tropical Fruits. *Malaysian Journal of Nutrition*, 16(1): 149-159.

- ◇ **Newton, A. (2006).** Workshop 2. How to Produce Moringa Leaves Efficiently ? Moringa et autres végétaux à fort potentiel nutritionnel: Stratégies, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique. *Accra, Ghana*. Accra, Ghana, 16-18 novembre. 11p.

Références bibliographiques

- ◇ **Ndong, M., Wade, S., Dossou, N., Guiro, A.T. & Gning, R.D. (2007).** Valeur nutritionnelle du *Moringa oleifera*, étude de la biodisponibilité du fer, effet de l'enrichissement de divers plats traditionnels sénégalais avec la poudre des feuilles. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 7(3). 1-149
- ◇ **Nouman, W., Basra, S., Siddiqui, M., Yasmeen, A. & Alcaydei, M. (2014).** Potential of *Moringa oleifera* L. as livestock fodder crop: a review. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38: 1-14.
- ◇ **Olugbemi, T.S., Mutayoba, S.K. & Lekule, F.P. (2010).** Effect of *Moringa (Moringa oleifera)* Inclusion in Cassava Based Diets Fed to Broiler Chickens. *International Journal of Poultry Science*, 9 (4): 363-367.
- ◇ **Oomah, D., François, C., Malcolmson, L. & Bellido, A.-S. (2011).** Phenolics and antioxidant activity of lentil and pea hulls. *Food Research International*, 44: 436-441.
- ◇ **Oyaizu, M. (1986).** Antioxidative Activities of Products of Browning Reaction Prepared from Glucosamine. *Japanese Journal of Nutrition*, 6: 307-315.
- ◇ **Omotesho, K., Sola-Ojo, F., Fayeye, T., Babatunde, R., Otunola, G. & Aliyu, T. (2013).** The potential of *Moringa* tree for poverty alleviation and rural development: Review of evidences on usage and efficacy. *International Journal of Development and Sustainability*, 2(2): 799-813.
- ◇ **Omotoso, G., Gbadamosi, I., Olajide, O., Dada-Habeeb, S., Arogundade, A. & Yawson, E. (2017).** *Moringa oleifera* phytochemicals protect the brain against experimental nicotine-induced neurobehavioral disturbances and cerebellar degeneration. *Pathophysiology*. 25(1): 57-62.
- ◇ **Oyeyinka, A. & Oyeyinka, S. (2016).** *Moringa oleifera* as a food fortificant: Recent trends and prospects. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 17(2): 127-136.
- ◇ **Özcan, M. (2018).** *Moringa spp*: Composition and bioactive properties. *South African Journal of Botany*. 192-202
- ◇ **Palada, M. & Changl, L. (2003).** Suggested cultural practices for *Moringa*. *The Guide Asian Vegetable Research and Development Center-World Vegetable Center Internationals Cooperators*, 03(545): 1-5.

Références bibliographiques

- ◇ **Paliwal, R., Sharma, V. & Precheta. (2011).** A review on horse radish tree (*Moringa oleifera*): A multipurpose tree with high economic and commercial importance. *Asian journal of biotechnology*, 3(4): 317-328.
- ◇ **Pamo, E.T., Niba, A.T., Fonteh, F.A., Tedonkeng, F., Kana, J.R., Boukila, B. & Tsachoung, J. (2005).** Effet de la supplémentation au *Moringa oleifera* ou aux blocs multinutritionnels sur l'évolution du poids post partum et la croissance pré-sevrage des cobayes (*Caviaporcellus* L.). *Lives tock Research for Rural Development*, p 17.
- ◇ **Pasqualone, A. (2017).** Origine, diffusione e metodi di cottura dei pani piatti. *Tecnica Molitoria* , 68(7): 522-540.
- ◇ **Pasqualone, A. (2018).** Traditional flat breads spread from the Fertile Crescent: Production process and history of baking systems. *Journal of Ethnic Foods*, 5(1): 10-19.
- ◇ **Ples, M. & Ho, H. (2009).** Comparative Effects of Moringa Oleifera Lam. Tea on Normal and Hyperglycemic Patients. *ehealth International Journal*, 5: 30-34.
- ◇ **Popovici, C., Saykova, I. & Tylkowski, B. (2009).** Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de génie industrielle*, 4: 25-39.
- ◇ **Qarooni, J. (1996).** Flat bread technology, 1st édition Chapman and Hall. New York, 206p.
- ◇ **Ramachandran, C., Peter, K.V. & Gopala, P.K. (1980).** Drumstick (*Moringa oleifera*): A Multipurpose Indian Vegetable, Economic. *Botany*, 34(3): 276-283.
- ◇ **Rashid, R., Anwar, F., Moser, B. & Knothe, G. (2008).** *Moringa oleifera* oil: A possible source of biodiesel, *Bioresource Technology Journal*. 99: 8175-8179.
- ◇ **Richter, N., Siddhuraju, P. & Becker, K. (2003).** Evaluation of nutritional quality of *moringa (Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) *Aquaculture*, 217(1-4): 599-611.
- ◇ **Rohn, S., Rawel, H. M. & Kroll, J. (2002).** Inhibitory effects of plant phenols on the activity of selected enzymes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(12): 3566-3571.
- ◇ **Ruchita, H. & Sharda, K. (2017).** *Moringa Oleifera*: The Miracle Tree. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 3(6): 966-970.

Références bibliographiques

- ◇ **Saini, R.K, Sivanesan, I. & Keum, Y.-S. (2016).** Phytochemicals of *Moringa oleifera*: a review of their nutritional, therapeutic and industrial significance. *3 Biotech*, 6(203): 1-14.
- ◇ **Singh, Y. & Prasad, K. (2013).** *Moringa Oleifera* Leaf as Functional Food Powder:Characterization and Uses. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 4: 317-324.
- ◇ **Škerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, A., Simonič, M. & Knez T. (2005).** Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*. 89:191-198.
- ◇ **Sreelatha, S. & Padma, P. R. (2009).** Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity. *Plant foods for human nutrition*: 64(4):303-311.
- ◇ **Talbi, H., Boumaza, A., El-mostafa, K., Talbi, J. & Hilali, A. (2015).** Evaluation de l'activité antioxydante et la composition physico-chimique des extraits méthanolique et aqueux de la *Nigella sativa* L. Evaluation of antioxidant activity and physico-chemical composition of methanolic and aqueous extracts of *Nigella sativa*. *Journal of Materials and Environmental Science.*, 6(4): 1111-1117.
- ◇ **Tchiégang, C., Aissatou, K. (2004).** Données ethno nutritionnelles et caractéristiques physico-chimiques des légumes-feuilles consommés dans la savane de l'Adamaoua (Cameroun). *Tropicultura*, 22 (1): 11-18
- ◇ **Tossou, C.C., Floquet, A.B. & Sinsin, B.A. (2012).** Relation entre la production et la consommation des fruits cultivés sur le plateau d'Allada au sud du Benin. *Fruits*, 67(1) : 3-12.
- ◇ **Turfani, V., Narducci, V., Durazzo, A., Galli, V. & Carcea, M. (2016).** Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentils or carob flours. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie - Food Science and Technology*, 78: 1-19.
- ◇ **Van Soest, P. (1963).** Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. II. A Rapid Method for the Determination of Fiber and Lignin. *the Association of Official Agricultura! Chemists*, 46: 830-834.

Références bibliographiques

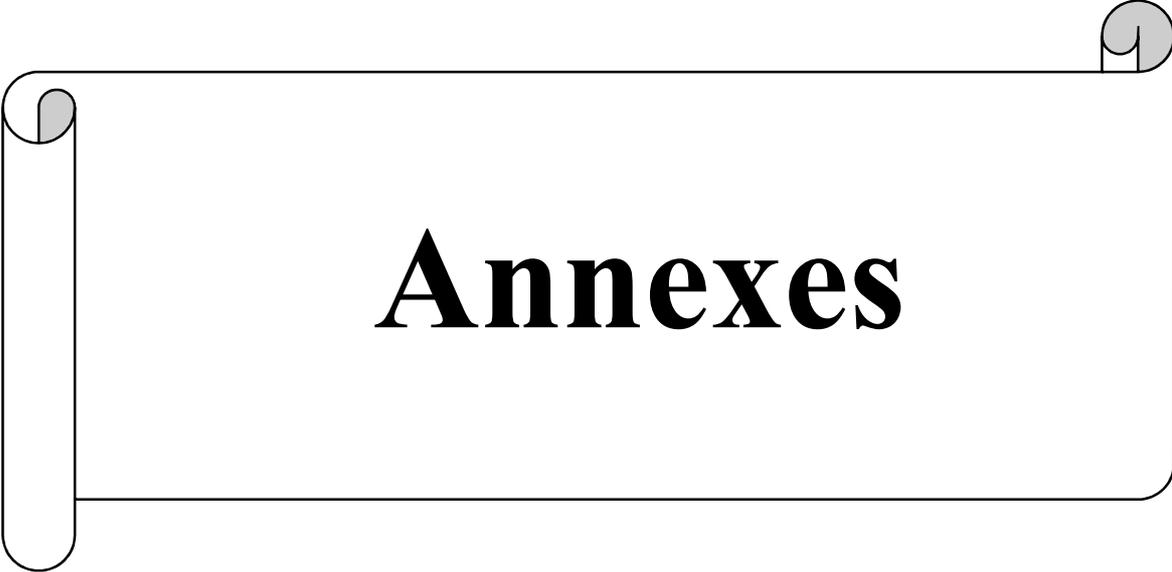
- ◇ **Vasafi, P. S., Hamdami, N. & Keramat, J. (2019).** Quality and microbial stability of part-baked 'Barbari bread'during freezing storage. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 104, 173-179.
- ◇ **Vongsak, B., Sithisarn, P., Mangmool, S., Thongpraditchote, S., Wongkrajang, Y. & Gritsanapan, W. (2013).** Maximizing total phenolics, total flavonoids contents and antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaf extract by the appropriate extraction method. *Industrial Crops and Products*, 44: 566-571.
- ◇ **Wang, Y., Gao, Y., Ding, H., Liu, S., Han, X., Gui, J. & Liu, D. (2017).** Subcritical ethanol extraction of flavonoids from *Moringa oleifera* leaf and evaluation of antioxidant activity. *Food Chemistry*, 218: 152-158.
- ◇ **Wang, Y. Z., Fu, S. G., Wang, S. Y., Yang, D. J., Wu, Y. H. S. & Chen, Y. C. (2018).** Effects of a natural antioxidant, polyphenol-rich rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, on lipid stability of plant derived omega-3 fatty-acid rich oil. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie - Food Science and Technology*, 89: 210-216.
- ◇ **Yadav, R. & Agarwala, M. (2011).** Phytochemical analysis of some medicinal plants. *Journal of Phytology*, 3 (12): 10-14.
- ◇ **Yang, R. Y., Chang, L. C., Hsu, J. C., Weng, B. B., Palada, M. C., Chadha, M. L. & Levasseur, V. (2006).** Nutritional and functional properties of Moringa leaves—From germ plasm, to plant, to food, to health. *Moringa leaves: Strategies, standards and markets for a better impact on nutrition in Africa. Moringa news, CDE, CTA, GFU. Paris* : 1-9.
- ◇ **Yang, Y. & Zhang, F. (2008).** Ultrasound-assisted extraction of rutin and quercetin from *Euonymus Alatus*(Thumb.) Sieb. *Ultrasonics Sonochemistry*. 15(4) : 308-313.
- ◇ **Zade, V., Dabhadkar, D., Thakare, V. & Pare, S. (2013).** Evaluation of potential aphrodisiac activity of moringa oleifera seed in male albino rats. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(4): 683-689.
- ◇ **Zhang, T., Jeong, C., Cheng, W., Bae, H., Seo, H., Petriello, M. & Han, S. (2018).** Moringa extract enhances the fermentative, textural, and bioactive properties of yogurt *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie - Food Science and Technology*, 41(2): 109-117.
- ◇ **Zhao, S. & Zhang, D. (2013).** Supercritical fluid extraction and characterisation of *Moringa oleifera* leaves oil. *Separation and Purification Technology*, 118: 497-502.

Références bibliographiques

- ◇ Zhonga, J., Wangc, Y., Yanga, R., Liua, X., Yanga, Q. & Qina, X. (2018). The application of ultrasound and microwave to increase oil extraction from *Moringa oleifera* seeds. *Industrial Crops & Products*, 120: 1-10.

Référence électronique

- ◇ **Anonyme 1** : Simply Algerian, Breads of Algeria/Pains d'Algerie : <https://simplyalgerian.wordpress.com/2011/10/06/breads-of-algeria-pains-dalgerie/> consulter le 21/06/2019.
- ◇ **Anonyme 2** : Saliha, 2013. Aghroum Kesra ou Thametount (Recette Galette Kabyle) : <https://www.auxdelicesdupalais.net/article-aghroum-kesra-ou-thametount-recette-galette-kabyle-121382154.html>, consulter le : 23/06/2019.



Annexes

Annexes

Annexe I : Préparations des solutions

- Acide sulfurique à 72% :

407,1 ml d'acide sulfurique à 96%.

-Acide ascorbique :

0.005965 g dans un 1 ml de méthanol 100%.

- Acide Sulfurique (H₂SO₂) 1.25% :

12.5 g de H₂SO₄ dans 1000 ml d'eau distillée.

- Acide trichloracétique (TCA) 10% :

10 g de TCA dans 100ml d'eau distillée.

- ADF détergent acide fibre :

- 20g de CTAB

- 27.2 ml d'acide sulfurique (H₂SO₄ 96%)

- ajuster à 1L avec l'eau distillée.

- Chlorure d'Aluminium AlCl₃ à 2% :

2 g AlCl₃ dans 100 ml d'eau distillée.

- Chlorure ferrique (FeCl₃) à 0,1 % :

0,1 g FeCl₃ dans 100 ml d'eau distillée.

- EDTA (0.005g/ml) :

0.005 g dans un 1 ml d'eau distillé.

- Ethanol 80% :

800 ml d'éthanol dans 200 ml d'eau distillée.

- FeCl₂ 0.2mM :

0,025g de (FeCl₂·2H₂O) dans 100 ml d'eau distillée.

- Ferricyanure de potassium

(K₃Fe(CN)₆) 1% : 1g de K₃Fe(CN)₆ dans 100 ml d'eau distillée.

- Ferrozine 5mM :

0,123g Ferrozine dans 50 ml d'eau distillé.

-Réactif de bouchardat :

c'est une solution Contenant 2g d'iode bi sublimé (I₂)et 2 g de potassium iodé (KI) dans 100ml d'eau distillée.

- Réactif de Bradford :

50 mg de bleu de Coomassie + 25 ml éthanol pure + 50 ml d'acide ortho-phosphorique dans 500 ml eau distillé.

- Réactif de DNS :

1g de DNS dans 20 ml d'eau distillé + 1,5 mg NaOH + 30 g de sodium de potassium tartrate tétra-hydrate dans 100 ml d'eau distillée.

- Solution amylase fraîchement

préparée : 0,0056 g α-amylase (4U/ml) dans 40 ml d'eau distillée froide.

- Solution d'amidon de pomme de terre

(0,5%) : 0,75g d'amidon de pomme de terre dans 150 ml de tampon phosphate à pH 6,9.

- Solution de carbonate de sodium

(7,5%) Na₂CO₃ : 7,5 g de Na₂CO₃ dans 100 ml l'eau distillée.

- Solution de Folin Ciocalteu (0,1N) :

10 ml de Folin Ciocalteu dans 90 ml d'eau distillée.

- Solution méthanolique de DPPH

(65µM/l) : 0,0024 g DPPH dans 100 ml méthanol pur.

- Tampon phosphate (0,2M, pH 6,6) :

1,7 g de KH₂PO₄ (acide) dans 250 ml d'eau distillée + 2,7175g de K₂HPO₄ (basique) dans 250ml d'eau distillée. La solution acide est ajoutée avec la solution basique jusqu'à l'obtention d'un pH 6,6

Annexe II : Courbes d'étalonnages

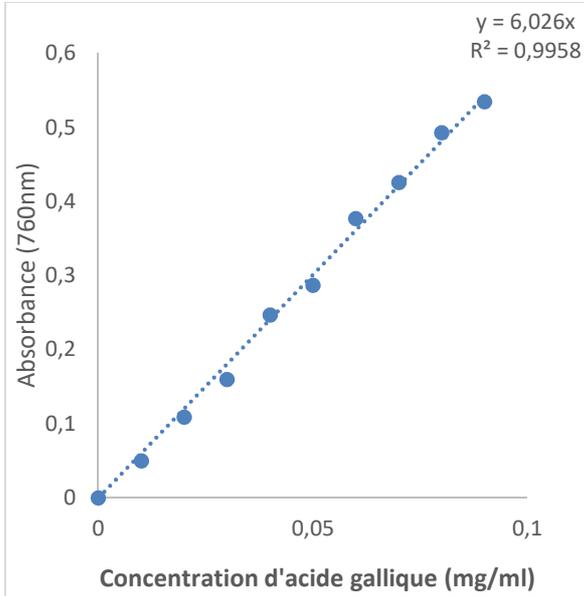


Fig. 1 : Courbe d'étalonnage de dosage des phénols solubles totaux.

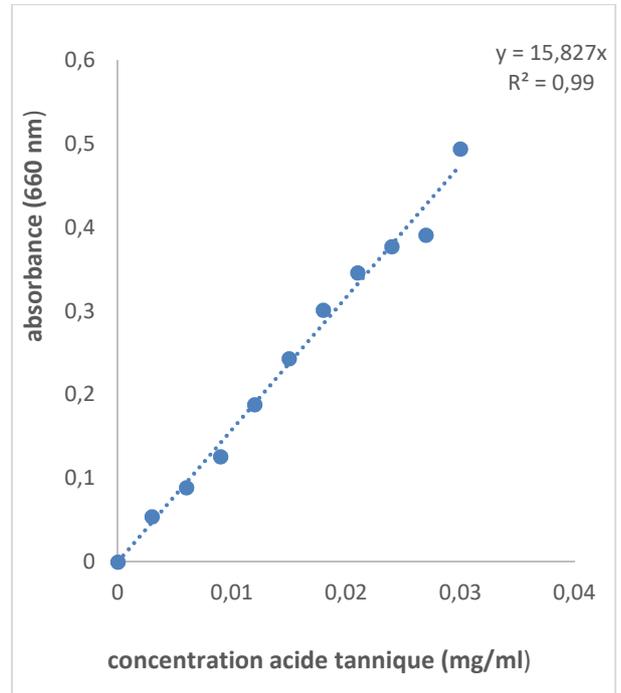


Fig. 3 : Courbe d'étalonnage de dosage des tanins hydrolysables.

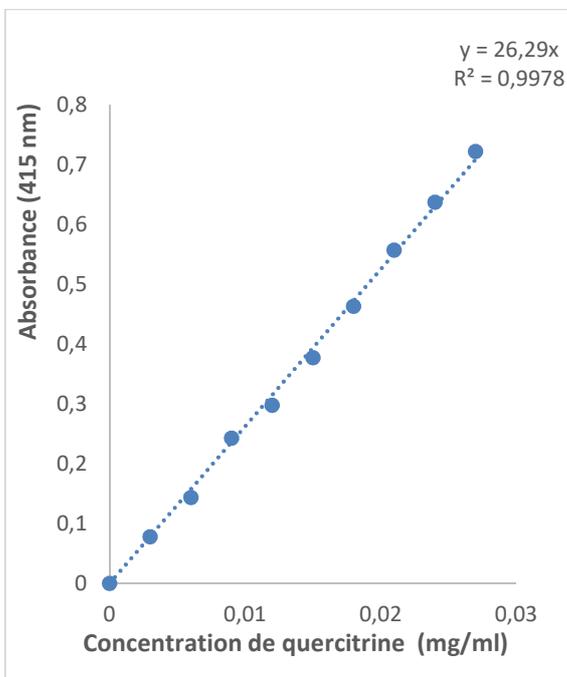


Fig. 2 : Courbe d'étalonnage de dosage des flavonoïdes.

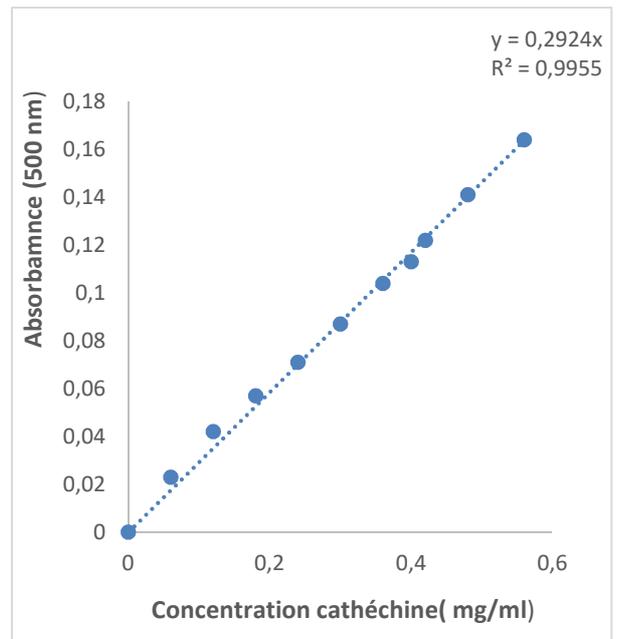


Fig. 4 : Courbe étalonnage de dosage des tanins condensés.

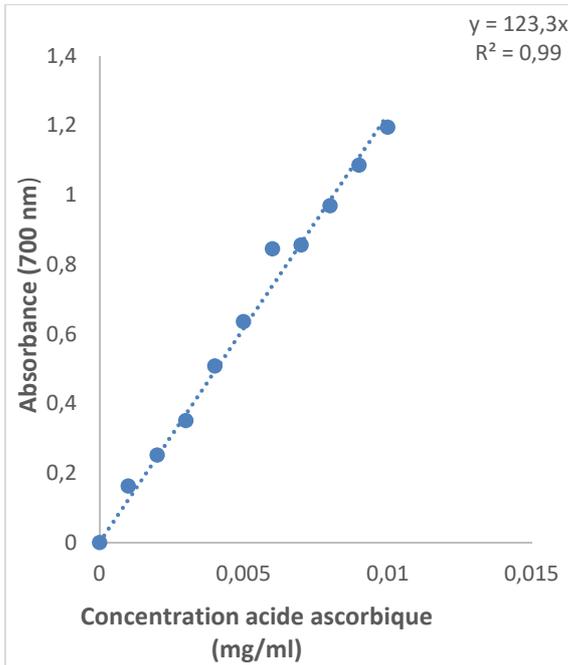


Fig. 4 : Courbe étalonnage de l'acide ascorbique.

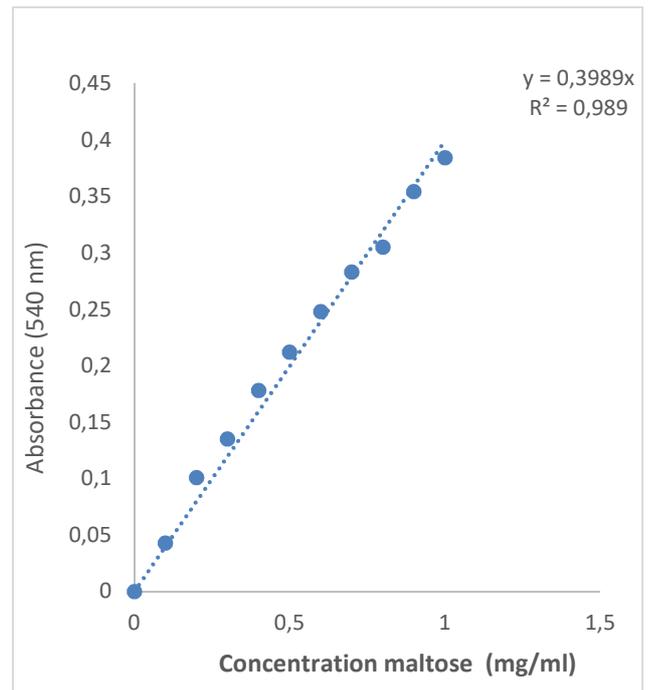


Fig. 6 : Courbe d'étalonnage de maltose

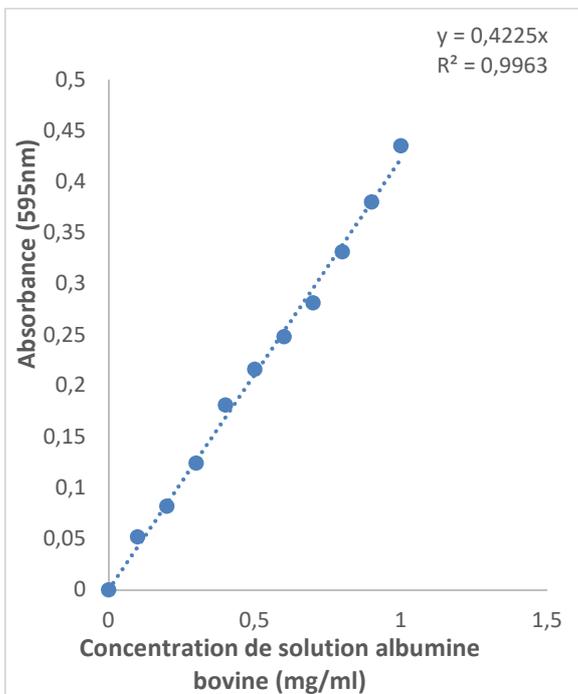


Fig. 5 : Courbe d'étalonnage de dosage des protéines

Annexes

Annexe III : Questionnaire pour analyse sensorielle

Questionnaire pour analyse sensorielle des galettes (panel expert)

Date :.../...../.....

Nom et prénom :.....

Sexe : masculin féminin

Dans l'optique de réaliser une caractérisation sensorielle des galettes. 5 échantillons vous sont présentés codés A, B, C, D et E. Il vous est demandé de les goûter et de les examiner successivement, puis répondre aux questions suivantes :

NB : après chaque dégustation, veuillez-vous rincez la bouche avec un peu d'eau.

1/Couleur des galettes :

- 1- blanche
- 2- beige
- 3-jaune
- 4-vert clair
- 5-vert foncé

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

2/Intensité de l'odeur :

- 1- très faible
- 2-faible
- 3-moyenne
- 4-forte
- 5-très forte

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

3/Sensation en bouche :

A /la saveur

- 1- très faible
- 2-faible
- 3-moyenne
- 4-forte
- 5-très forte

Annexes

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

B/intensité de l'arome

- 1- très faible
- 2-faible
- 3-moyenne
- 4-forte
- 5-très forte

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

4 /Texture

- 1- très dure
- 2-dure
- 3-moyenne
- 4-tendre
- 5-très tendre

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

5/Appréciation globale :

Attribuez une note global allant de **1 à 9** pour chaque échantillon, sachant que 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et 9 à l'échantillon le plus préféré.

	Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E
Note					

Résumés

L'objectif de ce travail est l'incorporation de la poudre de *M. oleifera* dans la fabrication de galettes traditionnelles algériennes 'aghroum au tajine'. Trois concentrations différentes (0.125%; 0.250% et 0.5%) ont été préparées avec un témoin. Le but de l'incorporation de la poudre de feuilles est de déterminer la composition chimique, l'apport en protéines, en cendre, en fibres et l'activité antioxydante des galettes.

Nos données analytiques des galettes enrichies ont révélés que les teneurs en matière sèche, taux d'humidité, matière organique et matière minérale sont restés constantes. Une augmentation significative ($p < 0.05$) de la teneur en protéines (de 11,80 à 3,47 mg E BSA/g d'Echantillon), et en fibres par rapports aux galettes témoins.

La mise en évidence des métabolites secondaires nous a montré la présence de terpènes et de saponines dans nos galettes. Une amélioration significative ($P < 0.05$) et aussi enregistré dans les teneurs en phénols solubles totaux (0,64 à 5,3 mg E AG/g Ech.), en flavonoïdes (0.04 à 0.13 mg E Q/g Ech.) et en tanins (0,26 à 0.76 mg E AT/g Ech. et 0.17 à 0.61 mg E C/g Ech.) respectivement pour les tanins condensés et les tanins hydrolysables, par rapports à la galette témoin. Les résultats montrent que les galettes enrichies présentent des activités anti-oxydantes et des pourcentages d'inhibition de l' α - Amylase supplémentaires à celles de témoin.

Mots clé : galette, *M. oleifera*, protéines, α - Amylase, activités antioxydantes.

Abstracts

The objectives of this work are emitted in the incorporation of *M. oleifera* powder in the manufacture of traditional Algerian bread "aghroum au tajine". Three different concentrations (0.125%, 0.250% and 0.5%) were prepared with a control. The purpose of the incorporation of the powder of leaves is to determine the chemical composition, protein intake, ash, fiber and antioxidant activity of flat bread.

Our analytical data for enriched flat bread revealed that dry matter; moisture content, organic matter and mineral content remained constant. A significant increase ($p < 0.05$) in the protein content (from 11.80 to 3.47 mg E B SA / g d'Ech), and in fiber compared to control bread.

The demonstration of secondary metabolites has shown us the presence of terpenes and saponins in our patties. A significant improvement ($P < 0.05$) and also record in the total soluble phenols (0.64 to 5.3 mg E AG / g Ech.), in flavonoids (0.04 to 0.13 mg E Q / g Ech.) And in tannins (0.26 to 0.76 mg E AT / g Ech) and (0.17 to 0.61mg EC / g Ech) respectively for condensed tannins and hydrolysable tannins, relative to the control wafer. The results show that the enriched wafers have anti-oxidant activities and percentages of α -amylase inhibitions additional to those of control.

Keywords: flat bread, *M. oleifera*, α - Amylase, antioxidant activity.