

Réf :.....

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

## **MASTER**

### *Thème*

**Effet d'extrait de *Moringa oleifera* sur la  
conservation d'une margarine**

Présenté par :

**AKHRIB Ahlem & AZRI Rachida**

Soutenu le : **23 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

Mme. OUCHMOUKH N.

M. ZAIDI F.

Melle. MEZIANI S.

Melle. OUAHRANI S.

MCA

Professeur

MCB

Doctorante

Présidente

Encadreur

Examinatrice

Co-promotrice

**Année universitaire : 2017 / 2018**

# *Dédicaces*

***Je dédie ce travail à :***

*A mes parents Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*A la personne qui a toujours été à côté de moi, la personne la plus chère au monde, à mon frère Hilllal.*

*A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet : mon époux Samir, et bien sûr A ma chère belle famille.*

*A Mes très chères sœurs que j'adore Yasmine et Chaima.*

*Mes copine : Dida, Zineb, Siham, Sonia, Lamia et Katia; sans oublier mes cousins et cousines et toute ma famille.*

*Ma binôme Rachida et sa famille.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

***Ahlam***

# *Dédicaces*

*Merci Allah de m'avoir appris, protégé, guidé tout au long  
De ma vie.*

*Les sentiments de la plus profonde humilité, je dédie se modeste  
travail*

*A ma très chère mère et mon très cher père qui m'ont toujours  
soutenue*

*A mes très chère soeurs : Aziza, Akila, Khoukha, Zina, Smicha*

*A mes très chers frères : Habib et Rachid*

*A mon très cher fiancé Atman*

*A tous mes amis (es) sans exception*

*A ma binôme ahlem et toute ça famille*

*A toute la famille AZRI*

*A toute la promotion SCG (2017-2018)*

*Dans le souci de n'oublier personne,*

*A ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, trouve dans ces lignes  
l'expression de ma Gratitude*

***Rachida***

# *Remerciement*

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

*Nous avons l'honneur et le plaisir d'exprimer notre profonde gratitude à monsieur ZAIDI Farid notre promoteur et notre Co promotrice Melle OUHRANI Sara pour avoir accepté de nous encadrer, leurs remarques, conseils et leurs orientations.*

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

*Tout le personnels du laboratoire nutrition et alimentation pour leurs aide et leurs conseils surtout Mme MZIANI Saida.*

*Nous remercions également l'ensemble du personnel du laboratoire de l'entreprise COGB labelle qui a contribué au bon déroulement du stage en particulier la responsable du laboratoire Mme DJAAFRI pour sa Adisponibilité et ses précieux conseils.*

*Enfin, Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

# Sommaire

*Liste des abréviations*

*Liste des tableaux*

*Liste des figures*

Introduction générale..... 1

## *Synthèse bibliographique*

### **Chapitre I : Généralités sur *Moringa oleifera***

I. Généralités sur <i>Moringa oleifera</i> .....	3
1. Origine et distribution .....	3
2. Systématique et nomenclature .....	3
3. Description botanique .....	4
4. Valeurs nutritionnelles de <i>moringa oleifera</i> .....	4
5. Composition chimique .....	5
5.1. Composition chimique de l'huile de graines de <i>Moringa oleifera</i> .....	5
5.2. Composition chimique des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	5
6. Domaines d'utilisation .....	5
6.1. Consommation humaine.....	5
6.2. Consommation animale.....	6
6.3. Pharmaceutique .....	6
6.4. Traitement de l'eau .....	6
6.5. Utilisations industrielles.....	6

### **Chapitre II : Généralités sur la margarine**

II. Généralité sur la margarine.....	7
1. Historique.....	7
2. Définition .....	7
3. Composition globale des margarines .....	7
4. Procédés technologiques de la margarine .....	7
5. Altération de la margarin	

## Chapitre III : Oxydation et antioxydants

III. Oxydation et antioxydants.....	10
1. Type d'oxydation et leur mécanisme .....	10
1.1. L'auto-oxydation.....	10
1.2. Photo-oxydation .....	10
1.3. Oxydation enzymatique.....	11
2. Impact de l'oxydation des corps gras.....	10
3. Moyen de luttés contre l'oxydation des lipides.....	11
3.1 Les antioxydant synthétique.....	11
3.2. Les antioxydants naturels .....	11

### *Partie pratique*

## Chapitre I : Matériel et Méthodes

I. Matériel végétal .....	13
1.1. Origine des échantillons .....	13
1.2. Préparation des échantillons.....	13
1.3. Préparation de l'huile .....	13
1.4. Extraction des composés phénolique .....	13
2. Elaboration d'une margarine avec l'ajout des extraits de <i>Moringa oleifera</i> .....	14
3. Composition chimique de la margarine .....	14
3.1. L'humidité.....	14
3.2. Détermination du Brix.....	15
3.3. Détermination du gras et du non gras.....	15
3.4. Taux de sel .....	16
3.5. Extraction et dosage des caroténoïdes (teneur en lycopène).....	17
3.6. Extraction et dosage des phénols totaux .....	18
3.6.1. Extraction des composés phénoliques.....	18
3.6.2. .Dosage des polyphénols totaux solubles.....	18
3.7. Détermination de l'activité antioxydante .....	18

3.7.1. Activité antiradicalaire (DPPH) .....	18
3.7.2 Pouvoir réducteur .....	19
4. Analyses physicochimiques .....	20
4.1. Analyses chimique .....	20
4.1.1. Mesure du pH .....	20
4.1.2. Mesure de l'acidité .....	20
4.1.3. Mesure de l'indice de peroxyde .....	21
4.1.4. Indice d'iode.....	22
4.2. Analyses physiques .....	23
4.2.1. Taux de solide par RMN (SFC) .....	23
4.2.2. Point de fusion.....	24
5. Evaluation de la stabilité oxydative de la margarine.....	24
5.1. Suivie au cours de stockage .....	24
5.2. Détermination des Diens et triens conjugué (UV) .....	24
5.3. Test des substances réactives à l'acide thiobarbiturique (TBARS) .....	25
6. Analyses microbiologiques .....	26
7. Analyse Sensorielle .....	26
8. Analyse statistique.....	27

## **Chapitre II : Résultats et discussion**

1. Composition chimique de la margarine .....	28
1.1. Qualité physico-chimiques initiale de la margarine .....	28
1.2. Teneur en lycopenes.....	28
1.3. Phénols totaux solubles .....	29
1.4. Détermination de l'activité antioxydant.....	30
1.4.1. Activité antiradicalaire DPPH.....	30
1.4.2 pouvoir réducteur .....	31
1.5 Analyses physicochimiques .....	31
1.5.1. Analyses chimiques.....	31
1.5.1.1. Mesure du pH .....	31
1.5.1.2. Acidité .....	32
1.5.1.3. Indice de peroxyde .....	32

1.5.1.4. Indice d'iode.....	33
1.5.1.5. Dosage des substances régissant avec l'acide thiobarbiturique .....	34
1.5.1.6. Absorbance dans l'UV .....	35
1.6.2. Analyse physique .....	35
1.6.2.1. Résultats des analyses rhéologiques (SFC) de la margarine .....	35
1.7. Qualité microbiologique.....	36
1.8. Analyse sensoriel.....	37
1.8.1. Caractérisation de produit .....	37
1.8.1.1 Pouvoir discriminant par descripteur .....	37
1.8.1.2 Moyennes ajustées par produit .....	37
1.8.2. Analyse en composante principale .....	38
1.8.3. Classification ascendante Hiérarchique .....	39
Discussion générale.....	41
Conclusion.....	44
Références bibliographiques	
Annexe	
Résumé	



## Liste des abréviations

Abs : Absorbance.

Abs C : Absorbance du contrôle.

Abs Ech : Absorbance Échantillon.

ACP : Analyse en composante principale.

ANOVA : Analyse de la variance.

AOAC : Association des chimistes analytiques officiels.

B-CE : Béta Carotène.

CAH : Classification Ascendante Hiérarchique.

DPPH : 1,1 diphényl-2-picrylhydrazyl.

DPPH-H: Diphényl-b-picrylhrazine.

EFMO : Extrait de feuilles de *Moringa oleifera*.

G : Gras.

H : Humidité.

HMO : Huile de *Moringa oleifera*.

IP : Indice de peroxyde.

IR : Indice de réfraction.

LSD : Least Significant Difference.

MDA : Dialdiyhdes malonique.

NG : Non gras.

PF : Point de fusion.

PR : Pouvoir réducteur.

PREMAP : Préférence Mapping.

PTS : Phénols totaux soluble.

Ppm : Partie par million.

RMN : Résonance magnétique nucléaire.

SFC : fat solid content.

TBARS : Thiobarbiturique.

TCA : Trichloroacétique

Ts : Taux de sel.

TTA : Acidité.

UV: Ultraviolet.

## Liste des figures

<b>Figure 01:</b> Quelques parties de la plante <i>Moringa oleifera</i> .....	4
<b>Figure 02 :</b> Teneur en lycopène des margarines élaborées.....	29
<b>Figure 03:</b> Teneur en phénols totaux solubles dans les margarines.....	30
<b>Figure 04 :</b> L'activité antiradicalaire des différentes margarines .....	30
<b>Figure 05:</b> Pouvoir réducteur des margarines élaborées.....	31
<b>Figure 06 :</b> Suivis de pH au cours de stockage.....	31
<b>Figure 07 :</b> Suivis de l'acidité au cours du stockage.....	32
<b>Figure 08 :</b> Suivis de l'indice de peroxyde au cours de stockage à 4 °C.....	32
<b>Figure 09 :</b> Indice d'iode après un mois de stockage de la margarine à 4°.....	33
<b>Figure 10 :</b> Variation de la teneur en MDA entre les échantillons après 1 mois de stockage.	34
<b>Figure 11:</b> Absorbance spécifiques des différents échantillons .....	35
<b>Figure 12 :</b> Taux de solide (SFC) des margarines.....	36
<b>Figure 13 :</b> Pouvoir discriminant par descripteur.....	37
<b>Figure 14:</b> Corrélations entre les variables et les facteurs.....	38
<b>Figure 15 :</b> Profil des différentes classes créées.....	39

## Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : Quelques noms du <i>Moringa oleifera</i> .....	3
<b>Tableau II</b> : Les germes recherchés dans les margarines élaborées.	
<b>Tableau III</b> : Les résultats des analyses physico-chimiques initiales des margarines.....	28
<b>Tableau IV</b> : Résultats de dénombrement et de recherche de bactéries.....	36
<b>Tableau V</b> : Moyennes ajustées par produit.....	38

## Liste des annexes

<b>Annexe I</b> : Composition moyenne des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .	
<b>Annexe II</b> : Composition en acides gras de l'huile des graines de <i>Moringa oleifera</i> .	
<b>Annexe III</b> : Diagramme de fabrication de la margarine.	
<b>Annexe IV</b> : Les germes d'altération de la margarine et leurs effets sur le consommateur.	



# *Introduction*

---

## INTRODUCTION

Les lipides alimentaires ont des propriétés physiques, chimiques et physiologiques très variées. Selon leurs sources et leurs compositions (**Warner et al., 2010**). Seuls quelques changements mineurs dans la fraction lipidique peuvent affecter la valeur nutritionnelle, les propriétés sensorielles et les propriétés fonctionnelles des produits alimentaires (**Graille, 2003**).

Les lipides présents dans les aliments sont plutôt instables à la chaleur et supportant mal le stockage à température ambiante ou à des températures plus basse, dans la mesure où ils s'oxydant facilement (**Graille, 2003**).

L'oxydation des lipides est l'une des principales causes de l'altération de la qualité des aliments; cette réaction de détérioration diminue la valeur nutritionnelle, altère le goût, modifie la texture et l'aspect de la denrée alimentaire (**Warner et al., 1989**). La margarine est un exemple typique de ces produits car 82% de sa composition est constituée de matière grasse, première cible de l'oxydation (**Karleskind, 1992**).

Des antioxydants synthétiques comme l'hydroxyanisole butylé (BHA) et butyle l'hydroxytoluène (BHT) ont été utilisés comme additifs alimentaires (**Wilson, 1999 ; Sun et al., 2005**). Cependant, l'inquiétude croissante concernant l'innocuité de ces derniers, a conduit à une augmentation de l'intérêt pour l'exploration d'antioxydants naturels efficaces et économiques (**Jeong et al., 2004; Iqbal et al., 2006**).

Les nombreuses propriétés valorisables de *Moringa oleifera* en font un sujet d'étude très intéressant (**Foidl et al., 2001**). Les feuilles de Moringa ont été signalées comme étant une riche source en  $\beta$ -carotène, en protéines, en vitamine C, en calcium et en potassium ; elles représentent une bonne source d'antioxydants naturels; et améliorent ainsi la durée de conservation des aliments contenant des graisses grâce à la présence de divers types de composés antioxydants tels que l'acide ascorbique, les flavonoïdes, les composés phénoliques et les caroténoïdes (**Dillard et German., 2000 ; Siddhuraju et Becker, 2003**).

## ***Introduction***

---

Pour lutter contre l'oxydation de la margarine, les industries des corps gras utilisent généralement la vitamine E comme conservateur ; la tendance, aujourd'hui est d'utiliser des substances d'origine naturelle qui joueraient le même rôle sans modifier les propriétés du produit.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent travail. L'objectif porte sur l'effet d'extrait de feuilles et l'huile de *Moringa oleifera* pour la conservation d'une margarine. Nous nous sommes particulièrement intéressés aux caractéristiques physico-chimiques, teneurs en polyphénols et caroténoïdes et à l'activité antioxydante des margarines enrichies.

Cette étude est structurée en deux parties, initiée par une synthèse bibliographique mettant l'accent sur les généralités de la plante de *Moringa oleifera*, la margarine, l'oxydation et les antioxydants.

La deuxième partie étant consacré aux matérielles utilisés et les méthodes suivies pour la caractérisation physico-chimique et microbiologique des margarines et leur résistances à l'oxydation d'une part et d'autre part l'analyse sensorielle.

## I. Généralités sur *Moringa oleifera*

### 1. Origine et distribution

*Moringa oleifera* est un arbre tropical dicotylédone pérenne, cet arbre est originaire de l'Inde, dans les Vallées au sud de l'Himalaya (Leone et al., 2015). *Moringa oleifera* est aujourd'hui cultivé à travers le Moyen-Orient, ainsi que tout le long de la ceinture tropicale. Il a été introduit en Afrique depuis l'Inde au tournant de le vingtième siècle (Mulvi et al.,1999).

### 2. Systématique et nomenclature

*Moringa oleifera* appartient à la famille monogénérique des arbustes et arbres des Moringaceae qui comprend environ 13 espèces (Hédji et al., 2014). Les espèces les mieux connues et les plus largement réparties est *Moringa oleifera* (synonyme *M. pterygosperma* Gaertn.) (Tsaknis et al., 1999). Le tableau I ci-dessous représente quelques noms de *Moringa oleifera*.

Systématique de *Moringa oleifera* (Laleye et al., 2015).

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

**Tableau I :** Quelques noms du *Moringa oliefera* (Roloff et al., 2009 ; Navie et Csurhes, 2010).

Inde	Anglais	Français	Arabe
Horseradish	Drumstick tree	Ben ailé	Shagara Al Ruwag
Shajnah	Ben oil tree	Moringa ailé	Habbah Ghaliah
Dumstick	Never die	Morungue	Rawag

### 3. Description botanique

Avec une taille de près de 10 mètres, le *Moringa* est un arbre à écorce grise ou chamois pâle, lisse ou rarement rugueuse (Iréneé, 2016). On la trouve sauvage et cultivée dans toutes les plaines, surtout dans les haies et dans les cours des maisons, se développe mieux sous le climat insulaire tropical, et est abondante près des lits sablonneux des rivières et des ruisseaux (Qaiser, 1973).

Le système racinaire est de structure tubulaire, il est formé d'un pivot central qui peut s'enfoncer dans le sol jusqu'à 1,30 m de profondeur (Rosa, 1993).

Les feuilles (Fig.1a) mesurent 20 à 70 cm de long avec un long pétiole et 8 à 10 paires de pennes composées chacune de deux paires de folioles opposées, plus une terminale; les folioles sont ovales et longues de 1 à 2 cm (Morton, 1991).

Les graines (Fig.1b) de *Moringa* sont considérées comme antipyrétiques, âcres et amères (Oliveira et al., 1999). Ils sont ronds, avec une coque marron semi-perméable. La coque présente trois ailes blanches et renferme une amande (Verma et Nigam, 2013).

Le fruit (Fig.1c) est une capsule déhiscente, mesure de 30 à 50 cm de long à maturité, sa couleur est beige à grisâtre (Delpha, 2011).



a- Feuilles  
(Atakpama et al., 2014)

b- Gousses (fruits)  
(Delpha, 2011)

c- Graines  
(Atakpama et al., 2014)

**Fig. 01:** Quelques parties de la plante *Moringa oleifera*.

### 4. Valeurs nutritionnelles de *Moringa oleifera*

C'est une denrée alimentaire importante qui a eu une énorme attention en tant que « nutrition naturelle des tropiques ». Les feuilles, les fruits, les fleurs et les gousses immatures de cet arbre sont utilisés comme légume hautement nutritif dans de nombreux pays, notamment en Inde, au Pakistan, aux Philippines, à Hawaï et dans de nombreuses régions d'Afrique (D'Souza et Kulkarni, 1993 ; Anwar et al., 2005).

Les feuilles de *Moringa oleifera* contiennent plus de vitamine A que les carottes, plus de vitamine C que les oranges et plus de potassium que les bananes. La qualité des



protéines des feuilles de Moringa se compare très bien à celle du lait et des œufs (**Jongrungruangchok et al., 2010**).

Aux Philippines, il est connu comme le « meilleur ami de la mère » en raison de son utilisation pour augmenter la production de lait des femmes et est parfois prescrit pour l'anémie (**Estrella et al., 2000 ; Siddhuraju et Becker, 2003**).

## **5. Composition chimique**

### **5.1. Composition chimique de l'huile de graines de *Moringa oleifera***

La teneur en huile des graines décortiquées, c'est-à-dire des amandes, est d'environ 42%. (**Ferrao et Mendez Ferroa, 1970 ; Ramachandran et al., 1980**). L'huile des graines de Moringa contient environ 13% d'acides gras saturés et 82% d'acides gras insaturés (**Tsaknis et al., 2002**) Les principaux acides gras saturés présents dans les graines sont l'acides palmitique, stéarique, arachidique et bénin. L'acide oléique est l'acide gras insaturé principal (72,9%) (Annexe 1), dont la concentration élevée est souhaitable en terme de nutrition et de stabilité pendant la cuisson et la friture (**Abdlkarim et al., 2005**)

Le profil en stérols de l'huile de graines de *Moringa oleifera* réalisé par **Lala et Tsaknis (2002)** indique que les fractions les plus dominantes sont le sitostérol (47. 10%), stigmastérol (17. 40 %) et le campestérol (23. 83 %).

Les Tocophérols ( $\alpha$  et  $\beta$ ) ont été identifiés à des concentrations 226. 9 et 216. 57 mg /kg (**Lala et tsaknis,2002**).

### **5.2. Composition chimique des feuilles de *Moringa oleifera***

Les feuilles de Moringa sont également considérées comme une source riche en minéraux (**Gupta et al., 1989**), les polyphénols (**Bennett et al., 2003**), les flavonoïdes (**Siddhuraju et al., 2003 ; Lako et al., 2007**), les alcaloïdes et les protéines (**Sarwatt et al., 2002 ; Solvia et al., 2005**). La composition chimique des feuilles de *Moringa oleifera* est représentée dans l'annexe II.

## **6. Domaines d'utilisation**

### **6.1. Consommation humaine**

La plante Moringa a été consommée par les humains tout au long du siècle dans diverses manières culinaires, Presque toutes les parties de la plante sont utilisées culturellement pour son valeur nutritionnelle, prétendues propriétés médicinales et pour le goût et la saveur en tant que légume et graine (**Iqbal et al., 2006**).

### **6.2. Consommation animale**

Les agriculteurs ont ajouté les feuilles de Moringa à l'alimentation animale pour maintenir un cheptel sain (Sarwatt *et al.*, 2002; Fahey, 2005) en utilisant le fumier et les légumes compostés pour la croissance des cultures (Fahey, 2005).

### **6.3. Pharmaceutique**

Presque toutes les parties de cette plante: racine, écorce, gomme, feuille, fruit (gousses), fleurs, graines et huile de graines ont été utilisées pour diverses affections de la médecine indigène d'Asie du Sud, y compris le traitement de l'inflammation et des maladies infectieuses. avec des troubles cardiovasculaires, gastro-intestinaux, hématologiques et hépatorénaux (Singh and Kumar, 1999; Morimitsu *et al.*, 2000; Siddhuraju and Becker, 2003).

### **6.4. Traitement de l'eau**

L'extrait aqueux de graines a été traditionnellement utilisé pour purifier l'eau en Afrique et, dans les pays sud-asiatiques, comme coagulant naturel puisqu'il présente des taux élevés de protéines cationiques actives de masse moléculaire comprise entre 6 et 16 kDa et de points isoélectriques hautement alcalins (Jahn *et al.*, 1986; Ndabigengesere *et al.*, 1995 ; Okuda *et al.*, 1999 ; Ghebremichael *et al.*, 2005 ). De plus, il est connu que les graines sont capables de réduire 99,9% des bactéries en suspension dans l'eau après un traitement de 1 à 2 heures (Madsen *et al.*, 1987).

### **6.5. Utilisations industrielles**

L'huile de graine est utilisée dans les arts et pour la lubrification des montres et autres machines délicates, et utile dans la fabrication de parfums et de coiffures. Le gâteau pressé obtenu après l'extraction de l'huile peut être utilisé comme engrais. Les utilisations industrielles de l'arbre de la baguette incluent l'utilisation de son bois dans les industries du papier et du textile, l'écorce dans l'industrie du tannage et les semences dans la purification de l'eau (Foidl *et al.*, 2001).

## **II. Généralités sur la margarine**

### **1. Historique**

La margarine a été développée en 1869 après que l'empereur Louis Napoléon III de France a offert un prix pour un produit de remplacement du beurre peu coûteux (**O'Brien, 2009**). En réponse à ce concours, la margarine a été inventée par le pharmacien français, Hippolyte Mege-Mouries (**Shurtleff et Aoyagi, 2009**).

### **2. Définition**

La margarine est constituée de deux phases : une phase grasse continue et une phase dispersée aqueuse. Dans les faits, il s'agit d'une émulsion, du type eau-dans l'huile, (W/O) (**Kone, 2001**).

### **3. Composition globale des margarines**

Selon, **FDA (1993)** ; **Faur (1996)** et **Koca et al (2010)**, toutes les margarines ont en général une composition globale identique :

- 80 % à 82 % de lipides, appelé phase grasse ;
- 16 % à 18 % d'eau et/ou lait, constituant la phase aqueuse ;
- 2 % d'additifs, obligatoires (antioxydants, sel, etc.) ou facultatifs (amidon, sucre, etc.).

### **4. Procédés technologiques de la margarine**

Selon **Karleskind (1992)** La fabrication de la margarine comprend les phases suivantes :

- Préparation du mélange de corps gras : huiles et graisses telles qu'elles sont raffinées et/ou modifiées par hydrogénation, interestérisation ou fractionnement et lécithine, monoglycérides, colorants. C'est la phase grasse complète ;
- Préparation de la phase aqueuse, eau, lait, sel, sucre, arômes, conservateurs, correcteurs de pH, etc....
- Préparation de l'émulsion qui est le mélange de ces deux phases non miscibles ;
- Refroidissement, cristallisation, malaxage de l'émulsion de manière à lui conférer les caractéristiques rhéologiques espérées et la stabilité désirée.

Ces trois opérations peuvent avoir lieu séquentiellement les unes à la suite des autres ou bien simultanément ;

- Conditionnement du produit qui peut être effectué sous enveloppage (margarines traditionnelles) ou bien en pots confectionnés en différents matériaux plastiques, carton, etc....

La figure illustrée dans l'annexe III représente le processus de fabrication de la margarine.

### **5. Altération de la margarine**

Les facteurs d'altération de la margarine peuvent être d'ordres physique ou chimique et surtout bactériologique. (McClement *et al.*, 2000 ; Genot *et al.*, 2003).

L'oxydation des lipides est une cause majeure de dégradation de la margarine lors de sa fabrication et de sa conservation. (Martin, 2001 ; Villière et Genot, 2006). La conséquence la plus perceptible de l'oxydation des lipides est l'apparition d'odeurs et de saveurs désagréables. Ces odeurs conduisent souvent au rejet du produit par le consommateur (Prior, 2003). Cette oxydation est généralement influencée par les antioxydants, ces derniers sont des inhibiteurs de l'oxydation (Holasova *et al.*, 1993).

Comme tout produit alimentaire, les margarines risquent d'être contaminées par des microorganismes qui, en se développant, provoquent une altération des qualités organoleptiques (saveur, apparence, texture) et/ou des propriétés chimiques. Ces microorganismes ne proviennent généralement pas de la phase grasse mais des constituants de la phase aqueuse (Cossut *et al.*, 2002). Voir en annexe IV les différents germes d'altération de la margarine et leur effet sur le consommateur.

### **III. Oxydation et antioxydants**

L'oxydation des lipides est un phénomène complexe induit par l'oxygène en présence des initiateur tels que la chaleur, les radicaux libres, la lumière, les pigments photosensibilisateurs et les ions métalliques (**Laguerre et al., 2007**). L'oxydation des lipides a été reconnue comme un problème majeur affectant les huiles comestibles, ceci en influençant négativement leur propriété chimique, nutritionnelle et sensorielle. Initialement, l'oxydation des lipides se fait de manière lente, ensuite elle augmente soudainement, et la durée de la première étape est appelée « période d'induction » ou « temps d'induction » (**Jia et al., 2007**).

#### **1. Type d'oxydation et leur mécanisme**

L'oxydation des lipides est une réaction dont les principaux mécanismes sont aujourd'hui bien décrits et les cinétiques et les facteurs de variation sont globalement connus (**Labuza , 1971 ; Frankel, 2005**). Les types d'oxydation et leur mécanismes sont les suivants :

##### **1.1. L'auto-oxydation**

C'est une réaction spontanée des molécules d'oxygène avec des lipides, conduisant à une détérioration oxydative. (**Frankel, 1998 ; Hamilton et al ., 1997 et Gordon, 2001**)

##### **1.2. Photo-oxydation**

La photo-oxydation produit des hydroperoxydes en présence d'oxygène, d'énergie lumineuse et de photo sensibilisateurs (**Hultin,1992**).

##### **1.3. Oxydation enzymatique**

La lipoxygénase catalyse l'insertion d'une molécule d'oxygène sur un acide gras insaturé qui aboutit à la formation d'hydroperoxyde. Elle agit sur les acides gras non estérifiés. Son activité est souvent couplée avec celle des lipases et des phospholipases (**Eymard, 2003**).

#### **2. Impact de l'oxydation des corps gras**

Solen **Kubow (1990)** L'oxydation des lipides pose trois problèmes principaux:

- elle provoque la formation de mauvais goûts désagréables ;

- elle réduit la valeur nutritive des produits alimentaires contenant des lipides, car l'oxydation des lipides diminue la teneur en acides gras polyinsaturés essentiels dans le produit ;
- Les radicaux libres formés au cours de l'oxydation peuvent participer au développement de l'athérosclérose.

### **3. Moyen de luttres contre l'oxydation des lipides :**

L'oxydation est un phénomène irréversible, mais que l'on peut et qu'il faut ralentir. **(Rolland, 2004)** Afin de retarder ou d'empêcher la détérioration oxydative et prolonger la durée de conservation de nombreux produits alimentaires, l'ajout d'antioxydants est nécessaire **(Abdalla et Roozen, 1999; Standard, 1999; Zandi et Gordon, 1999; O'Brien, 2004; Robbins et Sewalt, 2005)**.

L'utilisation empirique d'antioxydant est une pratique très ancienne pour la conservation des aliments. **(Cuvelier et Martel, 2002)** comme l'hydroxyanisole butylé (BHA), l'hydroxytoluène butyle (BHT), le gallate de propyle (PG) et le tertiobutylhydroxyquinone (TBHQ) **(Casarotti et Jorge, 2014)**.

#### **3.1 Les antioxydant synthétiques**

L'efficacité d'utilisation des antioxydants synthétiques a été strictement réglementée en raison de leur potentiel effets cancérigènes et toxiques tels indiqués par des études cellulaires ou animales **(Botterweck et al., 2000 ; Branen, 1975)**.

Les antioxydants de synthèse classiques les plus connus sont BHT (E321) et BHA (E320) qui présentent une très bonne liposolubilité et une excellente efficacité dans les huiles végétales, **(Judde, 2004)** et aussi l'utilisation des antioxydants synthétiques est limitée dans plusieurs pays, car de leur toxicité, métabolisme, absorption et accumulation dans le corps et aussi leur effets cancérigène **(Eskin et Robinson, 2001 ; Hras et al., 2000)**.

#### **3.2. Les antioxydants naturels**

Beaucoup de chercheurs ont étudiés la présence d'antioxydants polyphénoliques dans les plantes, qui possèdent une forte activité antioxydante **(Jeong et al., 2004)**.

Les antioxydants Naturel présents dans les aliments d'origine végétale protègent contre les dommages causés par les radicaux libres, sont donc des outils importants pour obtenir et préserver une bonne santé (**Dell Agli et al., 2004 ; Scoorbrate et al., 2005**).

## **I. Matériel et Méthodes**

### **1. Matériel végétal**

#### **1.1. Origine des échantillons**

Les feuilles et les graines de *Moringa oleifera* sont récoltées en juin 2016 et proviennent de la région d'Oued-Souf.

#### **1.2. Préparation des échantillons**

Après nettoyage et triage, les feuilles et les graines sont séchées à l'air libre et à l'abri de la lumière, puis broyées à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre obtenue a été ensuite tamisée afin d'avoir une poudre de taille des particules inférieure à 0,5 mm puis conservée dans des bocaux en verre à l'abri de la lumière pour éviter toute détérioration de l'échantillon.

#### **1.3. Préparation de l'huile**

Les lipides totaux (matières grasses) des graines de *Moringa oleifera* sont obtenus par extraction par Soxhlet selon la méthode de **Nicoli et al (1997)**. Cette méthode consiste en une extraction de la matière grasse des poudres au moyen d'un solvant organique (éther de pétrole, 40-60°C) pendant 6 heures.

#### **1.4. Extraction des composés phénolique**

L'extraction des composés phénoliques a été effectuée selon la méthode de (**Oomah et al., 2010**). Nous avons utilisé du méthanol 80% comme solvant d'extraction en suivant les étapes suivantes.

- Peser 1,25g de poudre préalablement délipidée ;
- Ajouter 50ml du solvant ;
- Agitation à température ambiante (25°C) et à l'abri de lumière pendant 2H ;
- Filtration sous vide ;
- Centrifuger le filtrat à 4500 trs /min pendant 30 min ;
- Elimination du solvant avec un évaporateur rotatif ;
- Lyophilisation des extraits.



**2. Elaboration d'une margarine avec l'ajout des extraits de *Moringa oleifera***

Quatre concentrations de l'extrait lyophilisé de feuilles et quatre concentrations d'huile de moringa sont testées (100 ; 400 ; 600 et 800 ppm). La margarine est produite manuellement à l'échelle laboratoire ; les deux phases liquide et grasse sont préparées séparément.

L'extrait des feuilles de moringa a été incorporé dans la phase liquide et l'huile de moringa dans la phase grasse. Après dosage des deux phases, l'émulsion passe par une agitation et un refroidissement avec de l'eau glacée. Une margarine témoin élaborée avec de la vitamine E à 100 ppm et une margarine sans antioxydant est également, préparée en parallèle.

**3. Composition chimique de la margarine****3.1. L'humidité**

La détermination de l'humidité de la margarine est réalisée selon la Norme **ISO 5725-1986**.

**Principe**

Evaporation de l'eau ainsi que les matières volatiles de la margarine sous l'effet de la chaleur (plaque chauffante).

**Mode opératoire**

- Peser le bécher vide ;
- On chauffe la margarine au bain marie, pour avoir la séparation des deux phases (Aqueuse et grasse) ;
- Evaporer l'eau, pour obtenir le produit séché ;
- Déposer sur une plaque chauffante, en agitant soigneusement de temps à autres afin d'éviter la formation des gouttelettes d'eau aux parois du bécher (générer ainsi le phénomène d'éclaboussures) ;
- Laisser refroidir dans un dessiccateur ;
- Peser le bécher contenant l'échantillon, soit un poids.

**Expression des résultats**

La teneur en eau est déterminée par la formule suivante :

$$H\% = \frac{(p1 + p2) - p}{p2} * 100$$

Où

**H (%)** : humidité exprimée en pourcentage massique ;

**p1** : poids du bécher vide en gramme (**g**) ;

**p2** : poids de la prise d'essai en grammes (**g**) ;

**p** : poids du bécher contenant l'échantillon après chauffage (**g**).

**3.2. Détermination du Brix**

La détermination du degré brix est réalisée selon la méthode de **Roussos et al (2011)**.

**Principe**

Le degré brix ou l'indice réfractométrique est déterminé à l'aide d'un réfractomètre de paillasse. Il représente la matière sèche soluble présente dans l'échantillon et est corrélé à la teneur en sucres.

**Mode opératoire**

Préparer l'échantillon pour essai ; dans le cas d'un échantillon solide, on le transfère dans un récipient convenable et le place dans le bain d'eau réglé la température (à laquelle les mesurages sont à effectuer).

- Déposer quelques gouttes d'huile à analyser entre les deux prismes du réfractomètre ;
- Lire la valeur de l'indice de réfraction et le brix directement sur le réfractomètre.

**3.3. Détermination du gras (G) et du non gras (NG)**

La détermination de gras et non gras est réalisée selon la méthode de **Wolff (1968)**.

**Principe**

Les deux parties grasses et non grasses sont séparées grâce à une extraction par solvant et leur poids est calculé après séchage à l'étuve réglée à 105°C.

**Mode opératoire**

- Peser 5 à 10 g de margarine dans une capsule en porcelaine et porter le tout dans une étuve réglée à 105 °C pendant 1 heure ;
- Filtrer à travers un filtre préalablement séché et taré ;
- Laver le filtre avec une solution d'éther éthylique ;
- Porter le filtre dans une étuve à 105 °C pendant une demi-heure ;
- Refroidir dans un dessiccateur puis peser ;
- Répéter l'opération jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

**Expression des résultats**

La teneur en non gras exprimée en % est donnée par la formule suivante :

Soit

$$NG(\%) = \frac{p2 - p1}{p} * 100 + \%eau$$

**P1** : Poids du filtre vide en g ;

**P2** : Poids du filtre avec le résidu en g ;

**P** : Masse de la prise d'essai en g.

La teneur en gras exprimée en % est donnée par la formule suivante :

$$G\% = 100 - \% NG$$

**NG (%)** : teneur en non gras en %

**G (%)** : teneur de gras en %

**3.4. Taux de sel**

La détermination de taux de sel de la margarine est réalisé selon la norme **ISO 1. 2.429-1989**.

**Principe**

Consiste à titrer les chlorures contenus dans la prise d'essai, par une solution de nitrates d'argent (AgNO<sub>3</sub>) en présence d'indicateur coloré (chromate de potassium,

**Mode opératoire**

- Peser 5g de l'échantillon dans un Erlenmeyer ;
- Ajouter 100ml d'eau distillé préalablement chauffée ;
- Agiter l'eau distillée chauffée et la margarine puis laisser refroidir ;
- Ajouter quelques gouttes de chromates de potassium ;
- Titrer avec la solution de nitrates d'argent jusqu'au virage de la couleur (obtention d'une couleur rouge brique) ;

**Expression des résultats**

Le taux de sel (ou teneur en sel) est calculé de la manière suivante :

$$Ts(\%) = \frac{N * V * Eeq(NaCl)}{p * 1000} * 100$$

Où :

**Ts** : taux ou teneur en sel exprimée en % ;

**N** : Normalité d'AgNO<sub>3</sub> (0.1N) ;

**V (ml)** : **volume** en ml d'AgNO<sub>3</sub> utilisé pour le titrage ;

**Eq.g (NaCl)** : équivalent grammes d'NaCl égal à 58.5 ;

**p** : prise d'essai en g

**3.5. Extraction et dosage des caroténoïdes**

Les teneurs en caroténoïdes ont été déterminées selon la méthode de **Sass-Kiss et al (2005)**. Elles sont exprimées en milligrammes d'équivalent β-carotène (β-CE) par 100g matière grasse.

**Mode opératoire**

- Peser 5 g de margarine ;
- Ajouter 20ml de solvants combinés, hexane / acétone / éthanol (2/1/1) ;
- Agitation magnétique pendant 30 min ;
- Décantation ;
- Récupération de la phase ;

- Mesure de l'absorbance à 450nm.

### **3.6. Extraction et dosage des phénols totaux**

#### **3.6.1. Extraction des composés phénoliques**

L'extraction des composés phénoliques a été effectuée selon la méthode de **Gutfinger (1981)**

##### **Mode opératoire**

- 10 g de margarine ont été solubilisés dans 20 ml d'hexane ;
- Extraction on utilisant 20 ml du mélange méthanol/ eau (60/40) ;
- La phase hexanique supérieurs est reprise deux fois avec le même volume de solvant. Les volumes des 3 surnageants obtenus sont mélangés pour donner l'extrait brut.

#### **3.6.2. Dosage des polyphénols totaux solubles**

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

##### **Principe**

Le réactif de Folin-Ciocalteu, mélange de l'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ), est réduit en présence de polyphénols en un mélange d'oxydes bleu de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ). La coloration bleue produite est proportionnelle au taux des composés phénoliques présents dans le milieu réactionnel (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

##### **Mode opératoire**

- 500µl d'extrait + 2,5ml de réactif de Folin-Ciocalteu (1N) dilué à 0,1N ;
- Après 5 min ajouter 2ml de solution de carbonate de sodium (75g/l) ;
- Incubation à 50°C pendant 5min ;
- Absorbance à 760nm après refroidissement contre un blanc.

### **3.7. Détermination de l'activité antioxydante**

#### **3.7.1. Activité antiradicalaire (DPPH)**

L'effet scavenger du radical DPPH est mesuré selon la méthode de **Brand-Williams (1995)**.

### Principe

L'activité antioxydante a été évaluée par la mesure du pouvoir de piégeage du radical DPPH (2, 2-Diphényl-1-picrylhydrazyl), de formule brute (C<sub>18</sub>H<sub>12</sub>N<sub>5</sub>O<sub>6</sub>), le mécanisme principal d'action est le piégeage des radicaux libres par le transfert du radical H sur le DPPH• (mauve) qui sera transformé en une molécule neutre et stable DPPHH (jaune) ; la réduction du DPPH• en DPPH-H se fait en mesurant la diminution de la coloration violette, due à une recombinaison des radicaux DPPH•, mesurable par spectrophotométrie de 515-518 nm (**Popoviciet et al., 2010**).

### Mode opératoire

- 0,1 ml d'extrait a été mélangé avec 3,9 ml de la solution méthanolique du DPPH (65µM/l) fraîchement préparée.
- Agitation de l'ensemble au Vortex ;
- incubation pendant 30 min à température ambiante,
- Mesurer l'absorbance à 515 nm.

Le pourcentage d'inhibition est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Inhibition \%} = \frac{\text{Abs C} - \text{Abs Ech}}{\text{Abs C}} * 100$$

**Abs C** : Absorbance du contrôle

**Abs Ech** : Absorbance Échantillon

### 3.7.2 Pouvoir réducteur

La détermination de pouvoir réducteur est réalisée selon la méthode de **Li et al (2009)**.

#### Principe

Le pouvoir réducteur est estimé par l'aptitude des antioxydants présents dans les extraits à réduire le fer ferrique (Fe<sup>3+</sup>) du complexe ferricyanure en fer ferreux (Fe<sup>2+</sup>). La forme réduite de ce complexe donne une couleur verte qui est proportionnelle aux concentrations des extraits (**Özturket et al., 2007**)

#### Mode opératoire

- Un volume 0,2 ml d'extrait est mélangé avec 0,5 ml du tampon phosphate (0,2M, pH 6,6) et 0,5 ml de ferricyanure de potassium à 1%. Le mélange est incubé dans un bain marie 20min à 50°C.
- Ajouter 0,5 ml de trichloracétique (TCA 10%),

- centrifuger pendant 10 min à 500 tr/min.
- Dans un tube à essais, 1 ml de surnageant est mélangé avec 1 ml d'eau distillée et 0,2 ml de chlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub> à 0,1 %)
- L'absorbance est mesurée à 700 nm.

Le pouvoir réducteur des extraits est exprimé en équivalent mg d'acide ascorbique par g d'échantillon (mg EAA/g d'Ech).

#### **4. Analyses physicochimiques**

Plusieurs analyses physico-chimiques sont effectuées pour évaluer les caractéristiques des margarines.

##### **4.1. Analyses chimique**

###### **4.1.1. Mesure du pH**

La méthode de détermination de pH de la margarine utilisée est celle de **NE.1.2.430/1989**

###### **Principe**

Les valeurs du pH ont été mesurées avec un pH mètre (micro pH 2000 CRISON) le 1<sup>er</sup>, 7<sup>ème</sup> et le 14<sup>ème</sup> 22<sup>ème</sup> 30<sup>ème</sup> jour.

###### **Mode opératoire**

- Etalonner le pH mètre avec une solution tampon à pH=7 ;
- Introduire l'électrode dans la phase aqueuse à une température de 20 °C ;
- Lire la valeur numérique sur le pH mètre.

###### **4.1.2. Mesure de l'acidité (TTA)**

L'acidité est estimée par la Norme **ISO.1.2.97-1988**.

###### **Principe**

Titration potentiométrique des acides gras présents dans une prise d'essai à l'aide d'une solution isopropanolique d'hydroxyde de potassium en milieu non aqueux.

###### **Mode opératoire**

- Dans un bécher peser 10 g de l'échantillon ;
- Dissoudre la prise d'essai dans 50 ml d'alcool neutralisé ;
- titrer avec la solution d'hydroxyde de potassium jusqu'au point d'équivalence.

**Expression des résultats**

L'acidité, exprimée en pourcentage, est égale à :

$$\frac{V * c * M}{10 * m}$$

Où

**V** : volume, en millilitres, de la solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisé ;

**C** : concentration exacte, en moles par litre, de la solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisé ;

**M** : masse molaire, en grammes par mole, de l'acide adopté pour l'expression des résultats.

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

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des deux déterminations.

**4.1.3. Mesure de l'indice de peroxyde**

La mesure de l'indice de peroxyde a été déterminée par la Norme **ISO 1.2.98/88 (1985)**

**Principe**

Traitement d'une prise d'essai en solution dans de l'acide acétique et du chloroforme, par une solution d'iodure de potassium et titrage de l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium.

**Mode opératoire**

- Peser, à 2g près, dans un flacon ;
- Ajouter 10 ml de chloroforme. Dissoudre rapidement la prise d'essai en agitant. ;
- Ajouter 15 ml de l'acide acétique, puis 1 ml de la solution d'iodure de potassium ;
- Boucher aussitôt le flacon, l'agiter durant 1 minute et le laisser durant 5 minutes ; exactement, à l'abri de la lumière, à une température comprise entre 15 et 25°C
- Ajouter environ 75 ml d'eau. En agitant vigoureusement et en présence de quelques gouttes de l'empois d'amidon comme indicateur , titrer l'iode libéré avec la solution de thiosulfate de sodium, en utilisant la solution 0.002N pour les indices présumé inférieure ou égaux à 12 et la solution 0.01N pour les indices présumé supérieure à 12 ;
- Essai à blanc parallèlement à la détermination, effectuer un essai à blanc.si le résultat de l'essai à blanc dépasse 0.1 ml de solution de thiosulfate de sodium 0.01 N, remplacer les réactifs impurs ;



**Expression des résultats**

L'indice de peroxyde, exprimé en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme d'échantillon, est égale à :

$$T \frac{(v^1 - v^0)}{m} * 1000$$

$v^1$  : Volume de thiosulfate de sodium pour l'échantillon en ml

$v^0$  : Volume de la solution de thiosulfate de sodium pour l'essai à blanc en ml

$T$  : Facteur de normalité exact de la solution de thiosulfate de sodium

$m$  : Poids (en grammes) de la prise d'essai.

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des deux déterminations.

**4.1.4. Indice d'iode**

L'indice d'iode est déterminé Selon le règlement de la commission N° 2568/91.

**Principe :**

L'indice d'iode est le nombre de grammes d'iode pouvant être fixés par 100g de corps gras. Cet indice est une appréciation de l'insaturation des acides gras (**Ollé ,2002**).

**Mode opératoire :**

- Introduire la prise d'essai dans une fiole de 500 millilitres ;
- Ajouter 20 millilitres de solvant pour dissoudre les corps gras ;
- Ajouter exactement 25 millilitres du réactif de Wijs, fermer la fiole puis agiter le contenu et placer la fiole dans un endroit sombre ;
- Préparer un essai à blanc avec le solvant et le réactif mais sans la prise d'essai. ;
- laisser les fioles dans un endroit sombre pendant 1 heure ;
- Une fois ce laps de temps écoulé, ajouter 20 millilitres de la solution d'iodure de potassium et 150 millilitres d'eau dans chaque fiole ;
- Titrer avec la solution de thiosulfate de sodium volumétrique standard jusqu'à ce que la couleur jaune due à l'iode ait pratiquement disparu ;
- Ajouter quelques gouttes de la solution d'amidon et poursuivre la titration jusqu'au moment où la couleur bleue disparaît après avoir agité vigoureusement le contenu.

**Expression des résultats**

$$\text{Indice d'iode} = \frac{12.69 c (V1 - V2)}{m}$$

Où :

**C** : valeur numérique de la concentration exacte, en moles par litre, de la solution de thiosulfate de sodium volumétrique standard utilisée ;

**V1** : valeur numérique du volume, en millilitres, de la solution de thiosulfate de sodium volumétrique standard utilisée pour l'essai à blanc ;

**V2** : valeur numérique du volume, en millilitres, de la solution de thiosulfate de sodium volumétrique standard utilisée pour la détermination ;

**m** : valeur numérique de la masse, en grammes, de la prise d'essai

**4.2. Analyses physiques****4.2.1. Taux de solide par RMN (SFC)**

Le SFC est déterminé selon la norme **ISO 8292 (1995)**.

**Principe**

La détermination de la teneur en corps gras solides est effectuée à l'aide d'un spectromètre de résonance magnétique nucléaire (RMN) pulsée et basse résolution. L'échantillon est tempéré dans un état stable à une température spécifique et ensuite chauffé et stabilisé à la température de mesure. Les températures de mesures sont : 0, 10, 20, 30, 40°C. Le signal de décroissance de magnétisation des protons dans la phase liquide est mesuré et les corps gras solides sont calculés en référence à des échantillons étalon constitué entièrement de corps gras liquide.

**Mode opératoire**

- Faire fondre une quantité de margarine pour permettre la séparation des deux phases grasse et aqueuse ;
- Filtrer la phase grasse sur sulfate de sodium anhydre pour absorber l'humidité résiduelle ;
- Mettre la phase grasse déjà filtré dans 5 tubes ;
- Mettre les 5 tubes à 0°C pendant 1 heure ;
- Remettre chaque tube dans les différentes températures de mesure : (0, 10, 20, 30, 40°C pendant 30 minutes ;
- Etalonner l'appareil avec des étalons standards (0,31%.4%.71, 7%) ;

- Après 30 min à différentes températures de mesure mettre les tubes dans l'appareil pour lecture.

**Expression des résultats**

Les résultats sont affichés en pourcentage de solide (taux de solide)

**4.2.2. Point de fusion**

La méthode de **Wolff (1968)** est adoptée pour la détermination de point de fusion.

**Principe**

Il est basé sur le passage de la matière grasse de l'état solide à l'état liquide sous l'effet de la chaleur, à une certaine température (maximum 37°C).

**Mode opératoire**

Environ 1cm de phase grasse fondue est versé dans deux tubes capillaires qui sont ensuite placés au congélateur. Après 20mn, ils sont suspendus dans un bécher rempli d'eau dans lequel est plongée la sonde d'un thermomètre. Le bécher est chauffé de façon que la température s'élève d'environ 0,5°C par mn, et la température est notée au moment où la matière grasse monte dans les tubes capillaires. La température notée correspond au point de fusion de la margarine, elle est exprimée en °C.

**5. Evaluation de la stabilité oxydative de la margarine****5.1. Suivre au cours de stockage**

Les margarines élaborées ont été conservées à 4°C pendant 1 mois, des prélèvements sont effectués chaque semaine pour l'analyse des paramètres suivant (PH, acidité, indice de peroxyde).

**5.2. Détermination des Diènes et triènes conjugué (UV)**

Ils sont déterminés selon la méthode de **wolff (1968)**.

**Principe**

La peroxydation des acides gras non saturés provoque la conjugaison des doubles liaisons, et la formation de diènes conjugués relativement stables qui peuvent être mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre à 230 nm. Avec l'augmentation de sensibilité des spectrophotomètres actuels cette technique semble une des plus fiables pour la mesure finale de la peroxydation lipidique.

**Mode opératoire**

On dissout 0.1g de margarine dans 10ml de cyclohexane pur, en suite on mesure l'absorbance (DO), de la solution obtenue à 0.1%, par spectrophotomètre à 230 et 270 nm.

**5.3. Test des substances réactives à l'acide thio barbiturique (TBARS)**

Le test du TBARS a été réalisé en utilisant la méthode rapportée par **Djenane et al (2011)**.

**Principe**

Cette méthode permet de quantifier la peroxydation lipidique, dans le plasma et les aliments, en mesurant la libération du malondialdéhyde (MDA), un des produits majeurs de dégradation des lipides (**Botsoglou et al., 1994**). Le MDA réagit avec l'acide thiobarbiturique pour donner des pigments de coloration rouge mesuré à une longueur d'onde de 532 - 535 nm.

**Mode opératoire**

- 20 ml de l'acide trichloroacétique (TCA) à 20 % (p/v, pH : 3,5) ont été ajoutés à une quantité de 20 g de margarine (quantité nécessaire à l'extraction du MDA du produit oxydé). Le mélange a été centrifugé à 4000 tours/mn pendant 15 mn ;
- Un volume de 2ml de la solution de TBA à 20 mM a été ajouté à 2ml du surnageant obtenu (le MDA extrait) avec une agitation pendant 5 secondes dans un vortex ;
- Le mélange a été placé ainsi dans un bain marie réglé à 95°C pendant 10 minutes pour favoriser la réaction TBA et MDA; cette réaction nécessite un milieu acide et à chaud ;
- Après refroidissement du mélange, un volume de 5 ml de butan-1-ol a été ajouté avec agitation pendant 5 minutes ;
- La phase supérieure à butan-1-ol obtenue, après Centrifugation à 1500 trs/mn pendant 10mn, a servi à la mesure de l'absorbance à 532nm.

## 6. Analyses microbiologiques

Les différents germes d'altération de la margarine sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau II:** Germes recherchés dans les margarines élaborées.

Germes recherchés	Prélèvement	Milieu	Ensemencement	Incubation	Résultat	Méthode d'essai
<b>Germes Aérobie</b>	1ml de la solution mère 1ml de la dilution 1/10	PCA	En masse	30°C/72h	Colonies Blanches	<b>(ISO 4833, 2003)</b>
<b>Levures et Moisissures</b>	1ml de la solution mère 1ml de la dilution 1/10	OGA	En masse	30°C/72h	Colonies Rondes et Opaques	<b>(ISO 21527-2,2008)</b>
<b>Coliformes</b>	1ml de la solution mère	VRB L	Double couche	44°C/24 à 48	Colonies Rouges-violettes	<b>(ISO 7251, 2005)</b>
<b>Staphylococcus aureus</b>	1ml de la solution mère	BP	En masse	37°C/24 à 48	Colonies noires avec un halo	<b>(ISO6888-1,2003)</b>
<b>Salmonelles</b>	2,5 de SM+ 225 ml d'eau peptonée	SFB	En masse	37°C/24 à 48	Colonies Vertes bleues et centre noir	<b>(ISO 6579,2002 )</b>

## **7. Analyse Sensorielle**

L'analyse sensorielle a été réalisée selon le protocole de **Budin (2000)**. Elle a été effectuée au sein du laboratoire de la margarinerie de l'entreprise COGB Labelle, à température de 20°C (sous climatisation). Un groupe de 10 personnes ont pris part à cette analyse sensorielle hédonique et les sujets sont constitués par le personnel de la margarinerie. Les margarines, au nombre de 10, ont été sélectionnées pour l'analyse (codées A à J) ont présentés simultanément aux sujets avec comme accompagnement du pain coupé en rondelles fines et des morceaux de pommes sont mis à disposition des sujets. L'analyse s'est déroulée comme suit : on demande à chaque sujet de remplir une fiche d'analyse sensorielle, contenant toutes les informations relatives aux paramètres de dégustation (Annexe VII). Après chaque dégustation des échantillons codés de margarine, il est demandé aux sujets de prendre un morceau de pomme pour enlever le goût du précédent échantillon.

## **8. Analyse statistique :**

L'analyse statistique des données physico-chimiques est faite par une analyse de la variance (ANOVA) et le test LSD (Least Significant Difference) (STATISTICA 5.5). Les différences sont considérées statistiquement significatives à  $p \leq 0,05$ .

L'analyse statistique des données sensorielles est faite par un Test de caractérisation du produit, une analyse en composante principale (ACP), Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et préférence Mapping (PREMAP) (XL STAT 2014).

## II. Résultats et Discussion

### 1. Composition chimique de la margarine

#### 1.1. Qualité physico-chimiques initiale de la margarine

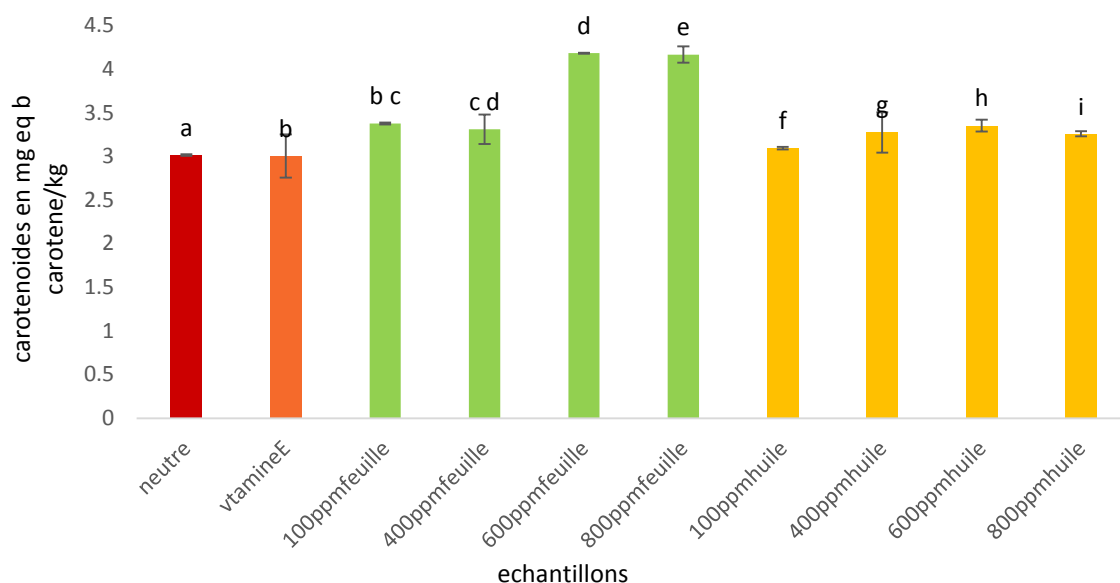
La qualité des dix margarines élaborés (tableau IV) est conforme aux normes ISO et celle exigée par l'entreprise. La variabilité entre échantillons est très faible ( $p > 0.05$ ).

**Tableau III** : Analyses physico-chimiques des margarines (avec et sans antioxydant)

Teste	Extrait de feuille de moringa				Huile de moringa				Avec (vit E)	Sans incorporation	Norme ISO
	100ppm	400ppm	600ppm	800ppm	100ppm	400ppm	600ppm	800ppm			
H %	16,16	16,22	16,88	16,68	16,41	16,42	16,47	16,59	16,02	15,99	16/18%
TS%	0,522	0,488	0,514	0,514	0,501	0,401	0,545	0,500	0,572	0,502	0.1-0.6 %
PH	5±0	5±0	5±0	5±0	5±0	5±0	5±0	5±0	5±0	5±0	4-5,5
PF	37	39	38	38	38	37,5	38	39	39	38	28/39°C
IP	2,25 ±0	2,25 ±0	2,25 ±0	2,25 ±0	2,25 ±0	2,25 ±0	2,25 ±0	2,25 ±0	2,25 ±0	2,25 ±0	10méq d'O2 /kg
TTA%	0.08 ±0.01	0.09 ±0	0.09 ±0	0.07 ±0.02	0.07 ±0	0.05 ±0.07	0.05 ±0	0.08 ±0	0.06 ±0	0.07± 0.02	≤03%
G%	80.00	78.57	78.29	76.12	79.80	77.55	79.83	76.60	80.96	78.00	
NG%	21.99	19.03	19.99	21.42	21.70	23.87	20.19	22.44	20.16	23.39	
IR	71.2	71.2	71.1	71.1	71.2	71.1	71.1	71.2	71.1	71.3	
Brix	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	

#### 1.2. Teneur en lycopenes

La teneur en lycopenes des margarines élaborées (fig 02) varie de 3.01 à 4.18 mg eq  $\beta$ - carotène/Kg d'échantillon. l'analyse statistique de nos résultats révèle une variabilité significative ( $p < 0.05$ ) de cette teneur.



**Fig.2 :** Teneur en lycopène des margarines élaborées

L'utilisation d'extrait de feuilles de *Moringa oleifera* (EFMO) augmente la teneur en caroténoïdes de 3.01 jusqu'à 4.18 mg eq b-carotène / kg d'échantillon soit une augmentation de 9 à 39 %

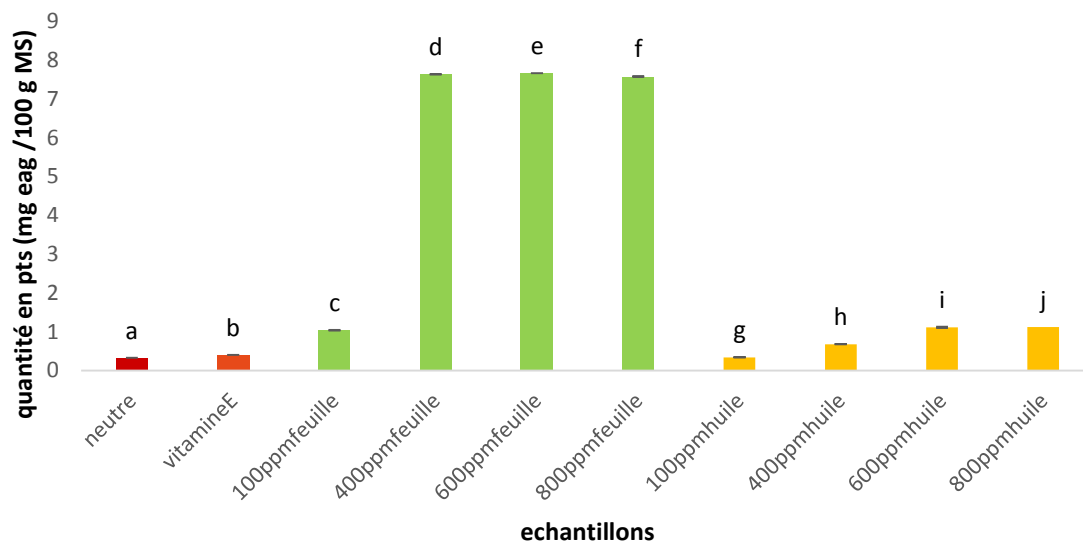
L'huile de *Moringa oleifera* (HMO) augmente également la teneur en lycopène des margarines, ces augmentations sont cependant plus faibles et varient de 2 à 11%.

### 1.3. Phénols totaux solubles

Les résultats des dosages des composés phénoliques des margarines élaborées sont représentés dans la figure 03. L'analyse statistique de nos résultats montre un effet significatif ( $p < 0,05$ ) entre les échantillons.

L'ajout des extraits de feuilles de *Moringa oleifera* augmente très largement la teneur en PTS (+ 216 à 2200 %). En présence d'huile nous notons une augmentation plus faible en phénol totaux (+4 à 240 %)





**Fig.3 :** Teneur en phénols totaux solubles dans les margarines

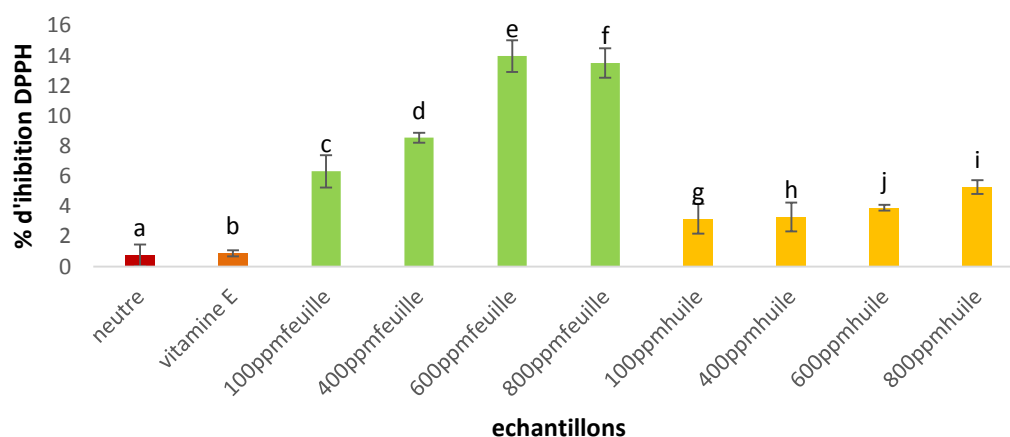
## 1.4. Détermination de l'activité antioxydant

### 1.4.1. Activité antiradicalaire DPPH

La figure 04 représente l'activité anti-radicalaire DPPH des différentes margarines élaborées.

Les données expérimentales montrent une activité anti-radicalaire des margarines enrichies avec *Moringa oleifera* (3.9 à 13.96 %), nettement supérieure à celle observées chez les margarines avec ou sans vitamine E (0.73 – 0.85 %).

Les margarines à base EFMO manifestent le plus fort ( $p < 0,05$ ) pouvoir antiradicalaire.



**Fig.4:** L'activité anti-radicalaire des différentes margarines

1.4.2. Pouvoir réducteur

Nos données expérimentales (fig 05) montrent que le pouvoir réducteur accuse une augmentation juste dans les margarines enrichie avec l'extrait des feuilles à 400, 600 et 800 ppm ( 2.8, 4.5 , 5.1 mgEAA /100g d'Ech) respectivement.

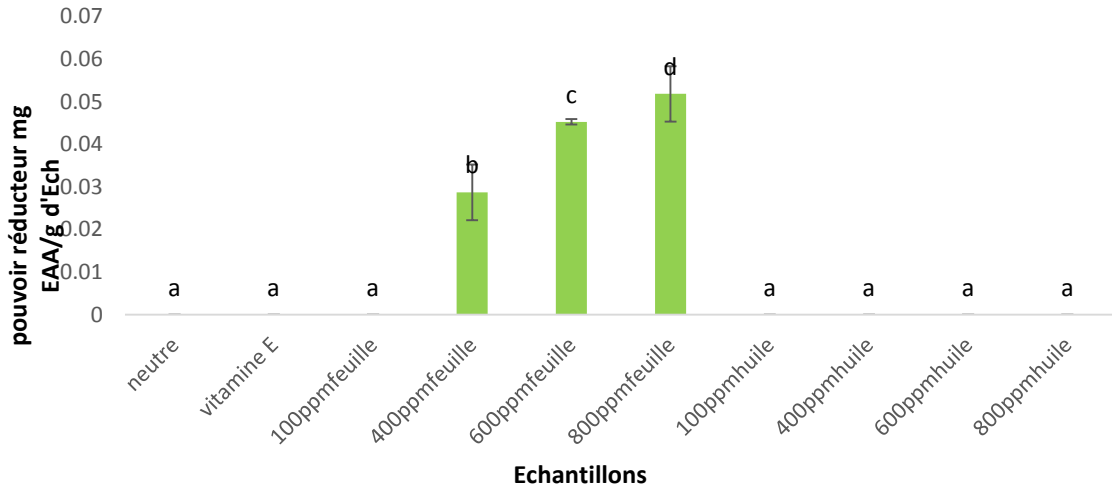


Fig.5 : Pouvoir réducteur des margarines élaborées.

1.5. Analyse physicochimique

1.5.1. Analyse chimique

1.5.1.1. pH

Les données résumées par la figure 06, montrent une variabilité de pH entre les différentes margarines préparées.

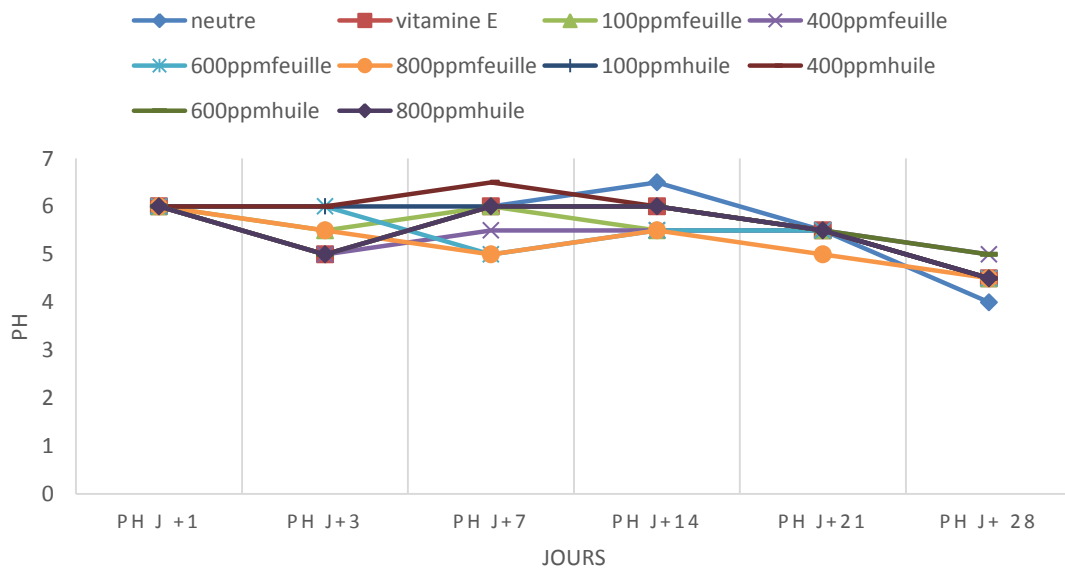
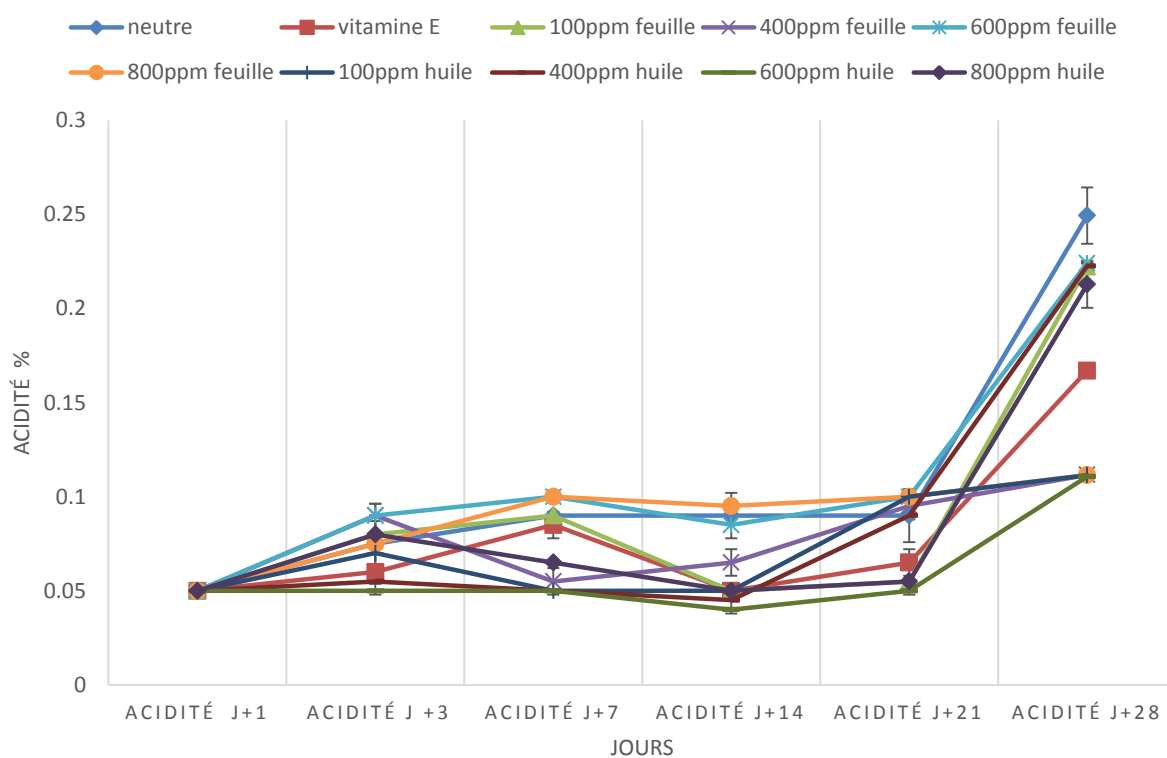


Fig.6 : Suivis de pH au cours de stockage.

Les valeurs de pH des produits fraîchement préparés ne présentent aucune différence significative ( $p>0.05$ ) qui correspond à une valeur moyenne de PH 6, ces valeurs restent relativement stables au cours du stockage à 4°C , après un mois de stockage, on remarque une diminution modéré qui atteint une valeur minimale pH=4 enregistrée pour le témoin (sans antioxydant) tandis que les margarines 400 ppm EFMO et 600 ppm HMO reste relativement stable au cours du stockage.

### 1.5.1.2. Acidité :

L'évolution du TTA au cours des 28 jours de stockage des margarines élaborées est représentée dans la figure 07. Les valeurs de l'acidité de la margarine fraîchement produite ne présente aucune différence significative entre les échantillons ( $p>0.05$ ).



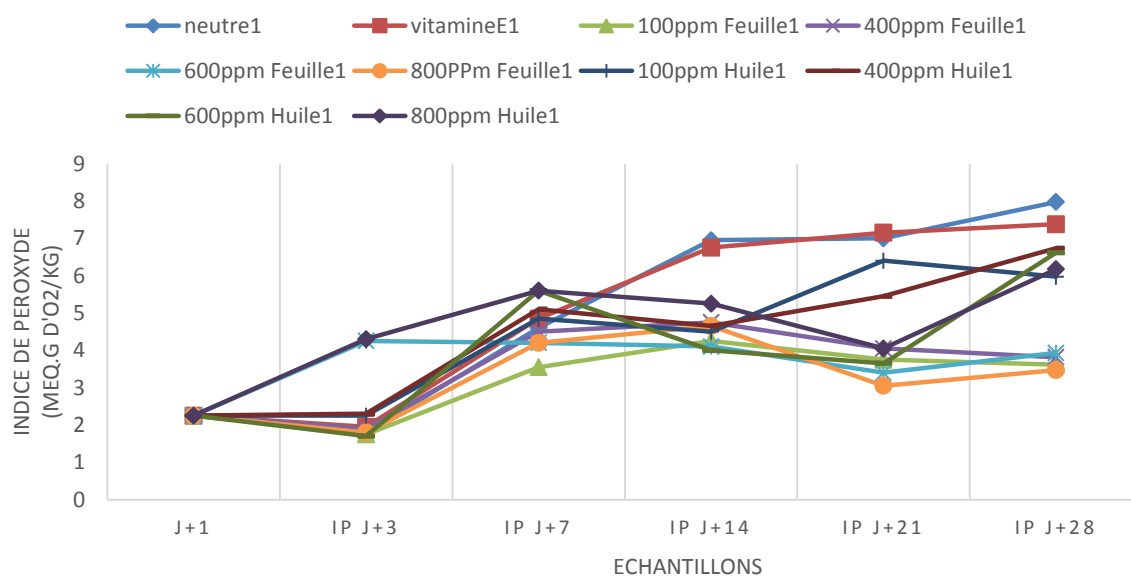
**Fig.07 :** Suivis de l'acidité au cours du stockage.

Les nettes augmentations de l'acidité ( $p<0.05$ ) sont enregistrées au cours de la dernière semaine de stockage de 0.11% à 0.22% pour les margarines avec EFMO et HMO.

### 1.5.1.3. Indice de peroxyde

Les résultats des indices de peroxyde estimés pour les échantillons étudiés sont représentés dans la figure 08 suivante. Pour le produit frais, les résultats ne présente aucune différence significatif entre les échantillons ( $p>0.05$ ) avec une valeur de 2.25

meqg'O<sub>2</sub>/kgd'Ech.



**Fig.08** : Suivis de l'indice de peroxyde au cours de stockage à 4 °C

A l'issue de la première semaine de stockage nous notons une augmentation significative ( $p < 0.05$ ) de l'indice de peroxyde : 3.55 à 5.1 contre 2.25 au premier jour.

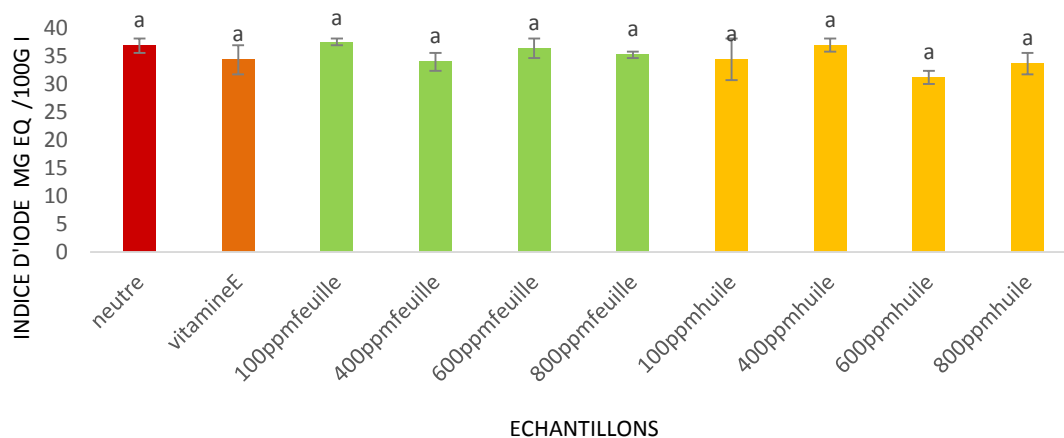
Au-delà de la première semaine nous enregistrons des différences de comportement :

- Les margarines témoins leur indice de peroxyde augmentes jusqu'au 28eme jour ;
- Les margarines avec extrait de feuilles affichent des élévations de l'indice de peroxyde jusqu'aux 14eme jours (4.25 à 4.65) suivie d'une baisse progressive pendant les deux dernière semaines de stockage l'IP se situe alors entre 3.61 et 3.93 ;
- Les margarines enrichies en huile de Moringa affichent globalement une tendance à une augmentation de l'indice de peroxyde : 5.97 à 6.73 (28eme jour) contre 4.85 à 5.6 (7eme jours).

#### 1.5.1.4. Indice d'iode

Les valeurs de l'indice d'iode des différents échantillons sont représentées dans la figure 09. Au cours de la conservation de nos échantillons nous notons l'absence de tout effet d'incorporation d'extrait de feuille ou d'huile de Moringa ( $p > 0.05$ ) et en est le même pour la vitamine E.

Les valeurs moyennes des margarines élaborées sont comprises entre 31.14 et 37.49 g I2/100g.



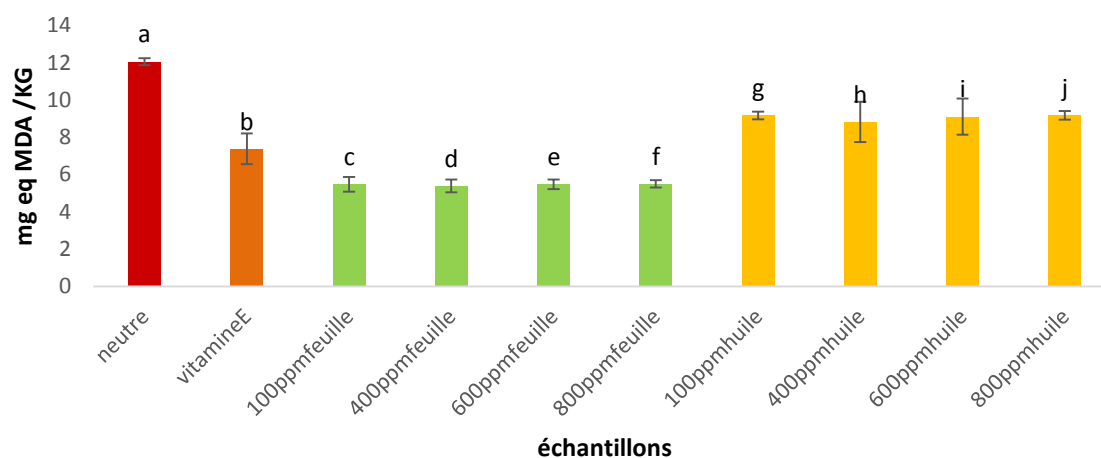
**Fig.09 :** Indice d'iode après un mois de stockage des margarines à 4°C.

#### 1.5.1.5. Dosage des substances réagissant avec l'acide thiobarbiturique

La figure 10 représente les teneurs en substances (dont le MDA) réagissant avec l'acide thiobarbiturique. Ces données révèlent une différence significative entre les échantillons ( $P < 0.05$ ).

Les teneurs en MDA des margarines enrichies avec l'extrait de feuilles et l'huile de *Moringa oliefera* varient de 4.03 à 9.17 mg eq MDA/kg.

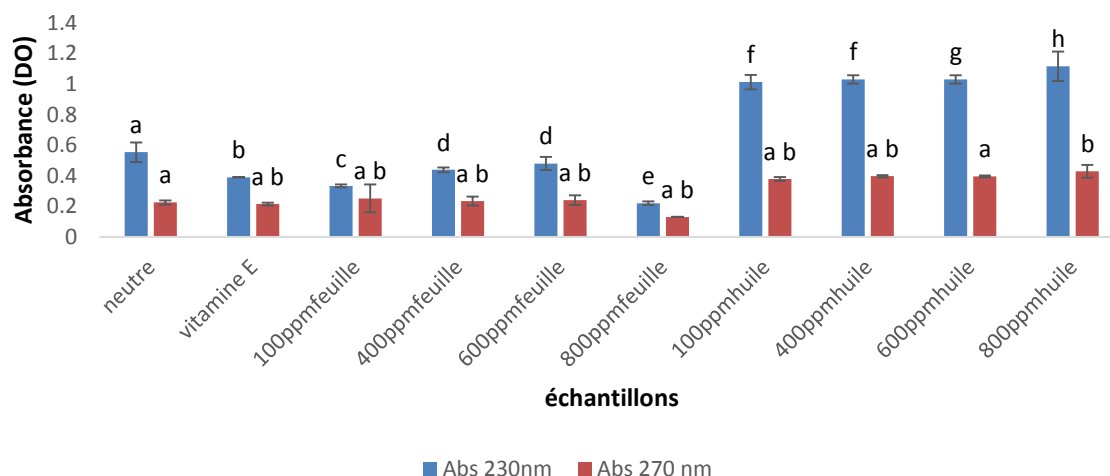
L'incorporation des extraits de feuilles s'accompagne d'une diminution de taux de MDA (54.34%); par contre l'ajout de l'huile de *Moringa oliefera* révèle une faible diminution en ces substances (23.90%). Pour la vitamine E elle baisse de 38.78%.



**Fig. 10:** Variation de la teneur en MDA entre les échantillons après 1 mois de stockage.

### 1.5.1.6. Absorbance dans l'UV

La figure 11 représente les absorbances spécifiques des différents échantillons.



**Fig. 11** : Absorbance spécifiques des différents échantillons.

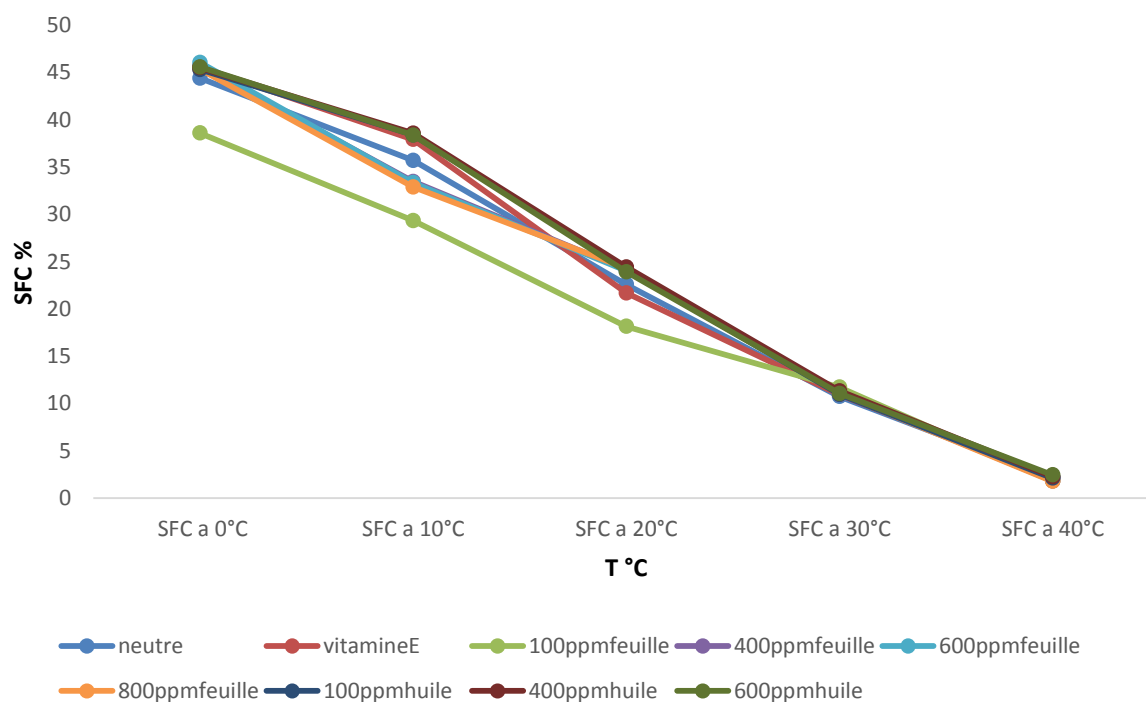
L'utilisation de la vitamine E et des extraits de feuilles diminue significativement ( $p < 0.05$ ) l'absorbance à 230 et 270 nm qui passe de 0.55 (témoin) à 0.39 (vitamine E) et 0.22 à 0.48 (extrait de feuilles). L'huile de Moringa induit au contraire une augmentation de l'absorbance qui atteint 1.01 à 1.1 à 270nm, l'absorbance est d'autant plus diminuée que la quantité d'extrait de feuilles est plus élevée. Au contraire, l'huile élève cette absorbance avec une amplitude qui augmente avec la quantité d'huile utilisée.

## 1.6.2. Analyse physique

### 1.6.2.1. Résultats des analyses rhéologiques (SFC) de la margarine

Les résultats SFC obtenus des échantillons en fonction de température (0, 10, 20,30 et 40 °C) sont présentés dans la figure 12.

A 0°C, les taux de SFC varient de 38.61 à 46.08 %. L'élévation de la température s'accompagne d'une réduction des SFC pour attendre à 40°C une valeur comprise entre 1.78 et 2.45 %.



**Fig.12 :** Taux de solide (SFC) des margarines.

### 1.7. Qualité microbiologique

Les données de l'analyse microbiologique des dix margarines élaborées sont résumées dans le tableau suivant.

**Tableaux IV :** Résultats de dénombrement et de recherche de bactéries

	Résultats	Norme
<b>Germes aérobies mésophiles</b>	<10	<10UFC/ml
<b>Levures et moisissure</b>	Absence	10 UFC/ml
<b>Staphylocoques</b>	Absence	10 UFC/ml
<b>Coliformes fécaux</b>	Absence	Absence
<b>Salmonelles</b>	Absence	Absence

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées (Tableau VII), révèlent un produit de bonne qualité microbiologique. Nous avons noté l'absence de (levures et moisissure, Staphylocoques, coliformes fécaux, salmonelles). Les résultats d'analyses sont conformes aux normes **JORA N°35 du 24/01/1998**.

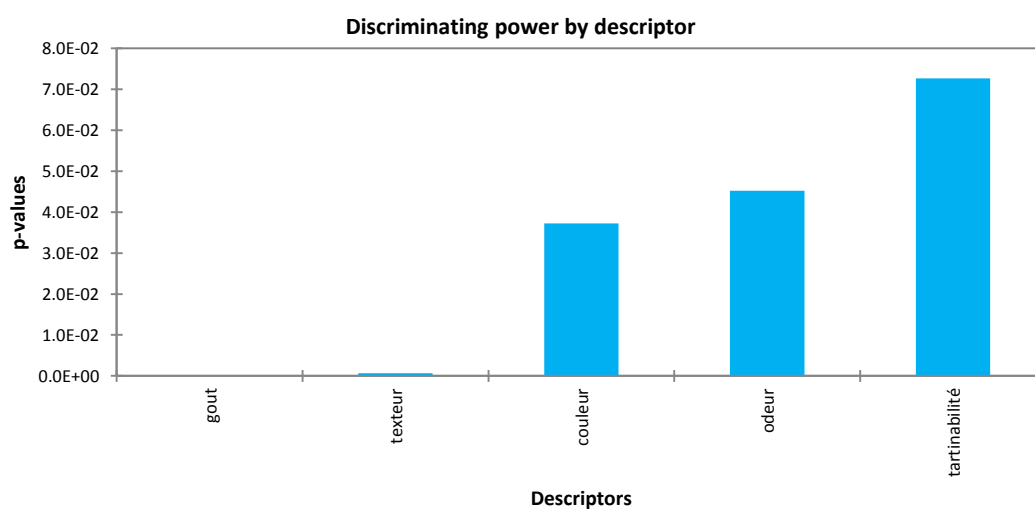
## 1.8. Analyse sensoriel

### 1.8.1. Caractérisation des produits

#### 1.8.1.1. Pouvoir discriminant par descripteur

La figure 13 montre les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant pour les différents types de margarine, nous remarquons que :

- Le goût est le descripteur qui a le plus fort pouvoir discriminant sur les dix produits;
- Les descripteurs : texture, couleur, odeur et tartinabilité ont un pouvoir discriminant faible ; le descripteur tartinabilité se caractérise par un pouvoir discriminant le plus faible.



**Fig.13** : Pouvoir discriminant par descripteur.

#### 1.8.1.2. 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, le tableau suivant illustre les moyennes ajustées par produit des margarines élaborées.



**Tableau V:** Moyennes ajustées par produit

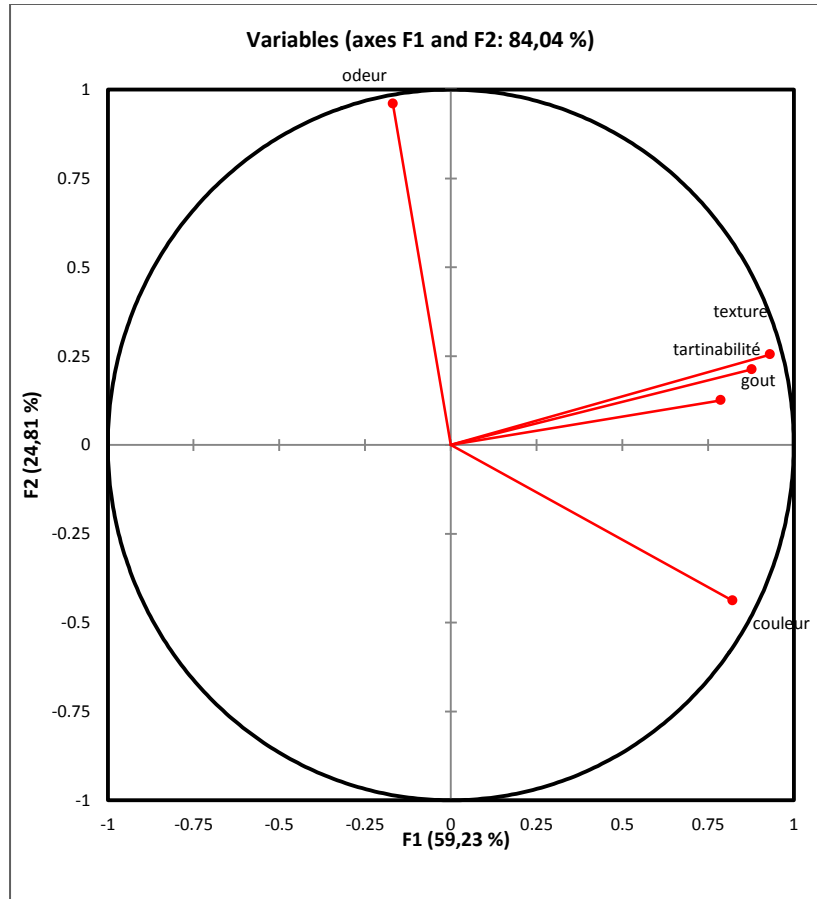
	Texture	tartinabilité	Couleur	gout	Odeur
I (600ppm huile)	4.200	4.300	3.000	2.900	1.600
H (400ppm huile)	3.800	4.200	3.100	3.400	1.700
F (800ppm feuille)	3.600	4.200	3.100	3.400	1.700
G (100ppm huile)	3.800	4.000	2.700	3.700	1.600
E (600ppm feuille)	3.500	4.100	2.700	3.200	1.900
J (800ppm huile)	3.100	4.000	2.900	2.400	1.600
B (vit E)	3.600	4.100	2.300	2.700	2.200
D (400ppm feuille)	3.100	4.000	2.500	2.800	1.600
C (100ppm feuille)	3.000	4.000	2.400	2.000	1.900
A (neutre)	2.700	3.900	2.400	1.700	1.600

Le tableau des moyennes ajustées par produit permet de ressortir les moyennes lorsque l'on croise les différents produits et les caractéristiques.

- margarine A : les descripteurs texture et gout ont un effet significativement négative sur le produit ;
- margarine B : le descripteur odeur, a un effet significativement positif sur le produit ;
- margarine C : le descripteur gout a un effet significativement négatif sur le produit ;
- margarine G et H : le descripteur gout a un effet significativement positif sur le produit ;
- margarine I : le descripteur texture a un effet significativement positif sur le produit ;
- margarines D, J, E, F : les différentes caractéristiques n'ont pas d'effet significatif sur les produits

### 1.8.2. Analyse en composantes principales (ACP) :

La figure 14 représente les corrélations entre les variables et les facteurs par l'ACP ; avec un niveau de variabilité de 84.04 %. Les produits ont été perçus par les experts comme assez différents.



**Fig. 14:** Corrélations entre les variables et les facteurs

### 1.8.3. La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH )

La CAH est une méthode de classification, ces résultats permettent de visualiser le regroupement progressif des données. On peut alors se faire une idée d'un nombre adéquat de classes dans lesquelles les données peuvent être regroupées.

La figure suivante permet de représenter le profil des différentes classes créées : L'application de l'analyse des données CAH permet de classer les dégustateurs en 3 classes (fig 15) qui se distinguent par leurs préférences.

La première et la troisième classes se distinguent par leurs préférences pour l'échantillon E.

La deuxième classe se distingue par leurs préférences pour l'échantillon B.

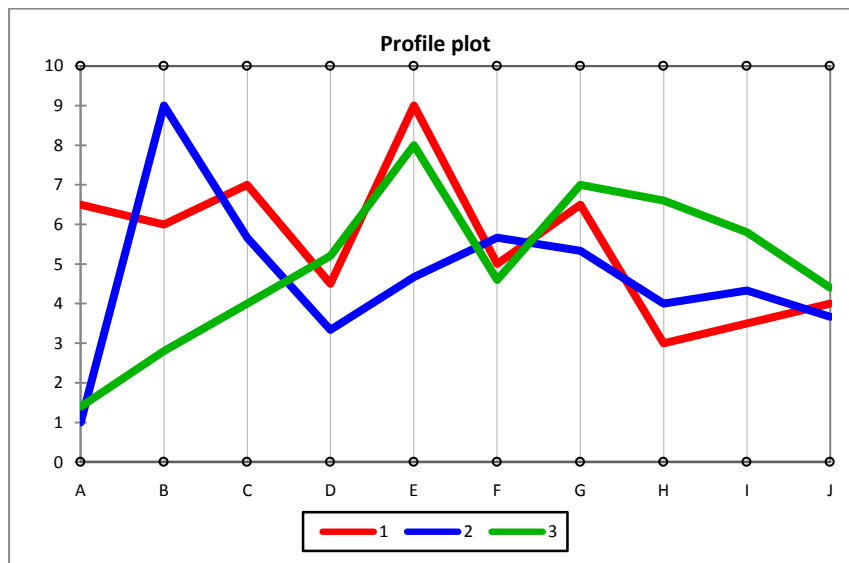


Fig.15 : Profil des différentes classes créées.

**Discussion générale :**

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet de l'extrait des feuilles et d'huile de graine de *Moringa oleifera* sur la conservation de la margarine.

La composition chimique et la caractérisation physicochimique et microbiologique des margarines fraîchement préparées montrent clairement leur conformité aux normes et aux exigences réglementaires de l'entreprise.

Comme le montrent **Hankin et al., (1981)**, les taux d'incorporation de l'extrait et l'huile de moringa n'étaient pas suffisants pour modifier la composition chimique.

L'incorporation d'extraits de feuilles s'est traduite par un enrichissement en polyphénols (pts) des margarines élaborées. Dans le présent essai, nous avons révélé des augmentations de teneur de 216 à 2200% pour les pts et 9 à 39% pour les caroténoïdes. Ce phénomène serait lié à l'apport en pts pour les extraits de feuilles. En effet de nombreux auteurs (**laley et al., 2015 et waché, 2016**) s'accordent pour souligner la richesse des feuilles de Moringa en métabolites secondaires (composés phénoliques, caroténoïdes). L'utilisation d'huile de Moringa n'améliore que faiblement les teneurs des margarines en pts (4 à 240 %) et caroténoïdes (2 à 11%); comme le soulignent **Foidl et al (2011)**, les feuilles sont plus riches en métabolites secondaires que l'huile de Moringa.

L'élévation du pouvoir antioxydant des margarines enrichies suggère un effet des métabolites secondaires apportés par les extraits utilisés.

Les nombreuses recherches menées dans le monde ont démontrés le pouvoir antioxydant des métabolites secondaires particulièrement les composés phénoliques et les caroténoïdes (**Foidl et al., 2011; laley et al., 2015 et waché, 2016**).

L'indice d'iode permet de déterminer le degré d'insaturation à partir de la composition en acides gras. Plus l'indice d'iode est élevé plus la margarine est molle (**Audigié et al, 1984**). L'indice d'iode des dix margarines varie de 31.14 à 36.91 gd'I2/100g CG et ne présente aucune différence significative entre les échantillons au cours du stockage ( $p > 0.05$ ).

L'addition des EFMO et HMO n'a aucun effet sur l'indice de réfraction. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par **Tchiégang et al. (2004)** qui soulignent que le temps de conservation n'a pas d'influence sur l'indice d'iode, l'indice de réfraction et la masse volumique des huiles végétales.

Nos données expérimentales ont montré une variation significative ( $P < 0.05$ ) des paramètres physicochimiques, au cours du stockage des margarines à 4°C. La valeur du pH est égale à 6 au 1er jour, elle diminue au cours du stockage pour atteindre 4 à 5.5 au 28ème jour,

L'acidité des margarines enrichies avec EFMO et HMO est inférieure à celle du témoin avec ou sans incorporation de la vitamine E, nos résultats sont comparables aux données de **Salem et al. (2013)** et **Salama et al. (2014)** qui ont rapporté que l'ajout de feuilles sèches de *Moringa oleifera* augmente l'acidité de Labneh (produit laitier fermenté) par rapport au contrôle pour les produits frais et au cours du stockage.

En outre la valeur la plus faible pour l'acidité a été notée pour la margarine enrichie avec l'huile à 600 ppm, ces résultats s'accordent avec ceux de **Salem et al. (2015)** qui considèrent que l'acidité augmentait après l'ajout des feuilles tandis qu'elle diminuait avec l'ajout de l'huile.

L'acidité est le pourcentage d'acides gras libres, exprimé conventionnellement selon la nature du corps gras en acide oléique pour la grande majorité des corps gras, ou l'acide palmitique pour l'huile de palme, ou l'aurique pour les graisses auriques (coprah, palmiste) (**Karleskind et Wolff 1992**).

Nos résultats démontrent que les margarines enrichies avec EFMO présentent des indices de peroxyde inférieurs à celles enrichies avec HMO. Les résultats obtenus diffèrent de ceux rapportés par **Salem et al. (2015)** qui considèrent que la crème enrichie avec l'huile de moringa présente des indices de peroxyde plus faibles que celle enrichie avec les feuilles de moringa.

Les résultats de la présente étude montrent des indices de peroxyde faibles après incorporation des EFMO et HMO stockés à  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Cela pourrait être attribué à l'activité antioxydante de l'extrait de feuille de *Moringa oleifera*. Ces résultats sont en accord avec les données rapportées par **Sreelatha et Padma (2009)** et par **Daba et al. (2016)** qui

signalent que l'extrait de feuilles *Moringa oleifera* présente une puissante activité antioxydante contre les radicaux libres, et peuvent prévenir les dommages oxydatifs.

L'incorporation des EFMO et HMO s'accompagne de teneurs plus faibles en substances régissant avec TBA et des faibles coefficients d'extinction à 230nm et à 270 nm. **Djenane et al (2002)** et **Sánchez- Escalante et al (2003)** signalent que les galettes et les biftecks de bœuf, respectivement, traités au romarin montre des valeurs plus faibles de TBARS que les échantillons non traités pendant le stockage.

L'effet protecteur des viandes contre l'oxydation des lipides par un traitement avec un anti-oxydant a été rapporté par **Djenane et al. (2003)** et **Camo et al. (2011)**. **Wolff (1968)** signale que plus l'extinction à 230 nm est plus intense plus la margarine est peroxydés, et plus l'extinction à 270 nm est plus forte plus la margarine est riche en produits secondaires d'oxydation.

La qualité sensorielle des margarines enrichies a été jugée acceptable, il n'y a aucune influence de l'extrait de feuilles et de l'huile de *Moringa oliefera* sur les caractéristiques organoleptiques des margarines élaborées.

### **Conclusion et perspectives**

Dans la présente étude, notre objectif consiste à remplacer la vitamine E utilisé comme antioxydant dans la margarine par l'extrait de feuilles et de l'huile de graines *M. oleifera*.

Nos données analytiques ont montré que les margarines enrichies avec EFMO révèlent des teneurs importantes en composés phénolique et en caroténoïdes qui jouent un rôle contre l'oxydation. L'incorporation de l'huile de *M. oleifera* améliore faiblement l'activité antioxydante et ne montre aucun effet sur la quantité en polyphénols et le pouvoir réducteur.

Le suivi de l'évolution des margarines élaborées au cours d'un mois de stockage à 4°C, a révélé que les margarines enrichies résistent à l'oxydation que la margarine témoin (sans incorporation et avec vitamine E). Par ailleurs, les propriétés physico-chimiques (pH, taux de solide et point de fusion, indice d'iode, densité, etc.), microbiologique et sensorielles s'avèrent conformes aux normes de l'entreprise.

Les résultats obtenus méritent d'être poursuivis et approfondis pour préciser les conditions et modalités d'utilisation de *M. oleifera* dans les margarines et valoriser ses nombreuses potentialités :

- Suivre l'évolution au cours du stockage des produits pendant une durée plus longue et sous différentes températures de stockage.
- Effectuer d'autres testes plus approfondit sur la stabilité à l'oxydation comme le test de rancimat, et le teste de l'étuve pour déterminer la quantité optimal à incorporer.

## *Références bibliographiques*

---

- Abdalla, A. E., and Roozen, J. P. (1999).** "Effect of plant extracts on the oxidative stability of sunflower oil and emulsion." *Food chemistry*, 64(3), 323-329.
- Abdulkarim, S., Long, K., Lai, O., Muhammad, S., and Ghazali, H. (2005).** "Some physico-chemical properties of Moringa oleifera seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods." *Food chemistry*, 93(2), 253-263.
- Anwar, F., Ashraf, M., and Bhangar, M. I. (2005).** "Interprovenance variation in the composition of Moringa oleifera oilseeds from Pakistan." *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82(1), 45-51
- Atakpama, W., Kponor, E. G. E., Kanda, M., Dourma, M., M'tékounm, N., Batawila, K., and Akpagana, K. (2014).** "Moringa oleifera Lamarck (Moringaceae): une ressource phylogénétique à usage multiple." *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 2(1).
- Audigié Cl., Figarella J., Zonszain F. (1980).** Méthodes d'analyse des lipides. «Manipulations d'analyse biochimique ». Doin, Paris, 216p.
- Bennett, R. N., Mellon, F. A., Foidl, N., Pratt, J. H., Dupont, M. S., Perkins, L., and Kroon, P. A. (2003).** "Profiling glucosinolates and phenolics in vegetative and reproductive tissues of the multi-purpose trees Moringa oleifera L.(Horseradish tree) and Moringa stenopetala L." *Journal of Agricultural and food chemistry*, 51(12), 3546-3553.
- Botterweck, A., Verhagen, H., Goldbohm, R., Kleinjans, J., and Van den Brandt, P. (2000).** "Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyses in the Netherlands cohort study." *Food and Chemical Toxicology*, 38(7), 599-605.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.-E., and Berset, C. (1995).** "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity." *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Branen, A. (1975).** "Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene." *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 52(2), 59.
- Broin, M. (2005).** "Composition nutritionnelle des feuilles de Moringa oleifera." *CTA*, 5p.



## *Références bibliographiques*

---

**Casarotti, S. N., and Jorge, N. (2014).** "Antioxidant activity of rosemary extract in soybean oil under thermoxidation." *Journal of food processing and preservation*, 38(1), 136-145.

**Cattoir, V., and Bicêtre, F. (2008).** "Les nouvelles bêta-lactamases à spectre étendu (BLSE)." *Pathologie infectieuse en réanimation*, 204-209.

**Champetier, G. (1956).** Les industries des corps gras, chap. 4 : La margarine. *Ed. Tec et Doc.*, Lavoisier, Paris. PP. 283-291.

**Cossut, J., Humbert, S., Defrenne, B., Roelstraete, L., Desmedt, C., Vanuxeen, M., Ferroul, S., and vidal, D. (2002).** "Les Corps Gras: Entre Tradition et Modernité." *Projet réalisé dans le cadre du DESS QUALIMAPA.[En ligne]. Lille: Université des sciences et technologies de Lille.*

**Cuvelier M.E. et Martel P. (2002).** Additifs antioxygène. In. « additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires ». 3eme édition : Tec. et Doc., Lavoisier, PP.21 87.

**D'souza, J., and Kulkarni, A. (1993).** "Comparative studies on nutritive values of tender foliage of seedlings and mature plants of *Moringa oleifera* Lam." *Journal of Economic and Taxonomic Botany*, 17(2), 479-485.

**Daba, M. (2016).** "Miracle tree: A review on multi-purposes of *Moringa oleifera* and its implication for climate change mitigation." *J. Earth Sci. Clim. Change*, 7, 4.

**Dell'Agli, M., Buscialà, A., and Bosisio, E. (2004).** "Vascular effects of wine polyphenols." *Cardiovascular Research*, 63(4), 593-602.

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

**Dillard, C. J., and German, J. B. (2000).** "Phytochemicals: nutraceuticals and human health." *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(12), 1744-1756.

## *Références bibliographiques*

---

**Djenane, D., Sanchez-Escalante, A., Beltran, J. A., and Roncales, P. (2002).** "Ability of  $\alpha$ -tocopherol, taurine and rosemary, in combination with vitamin C, to increase the oxidative stability of beef steaks packaged in modified atmosphere." *Food chemistry*, 76(4), 407-415.

**Djenane, D., Sánchez-Escalante, A., Beltrán, J. A., and Roncalés, P. (2003).** "The shelf-life of beef steaks treated with DL-lactic acid and antioxidants and stored under modified atmospheres." *Food Microbiology*, 20(1), 1-7.

**Estrella, M. C. P., Jacinto Bias III, V., David, G. Z., and Taup, M. A. (2000).** "A double-blind, randomized controlled trial on the use of malunggay (*Moringa oleifera*) for augmentation of the volume of breastmilk among non-nursing mothers of preterm infants." *The Philippine Journal of Pediatrics*, 49(1), 1-5.

**Eymard, S. (2003).** *Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (Trachurus trachurus): choix des procédés*, Université de Nantes.

**Fahey, J. (2005).** "Inside National Geographic." *The Geography Teacher*, 2(1), 2-5.

Laguerre, M., Lecomte, J., and Villeneuve, P. (2007). "Evaluation of the ability of antioxidants counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges." *Progress in lipid research*, 46(5), 244-282.

**FDA (Food and Drug Administration), 1993.** Code of federal regulations, 21CFR101.67,58 FR 2455. Cité par Koca N., Kocaoglu-Vurma N.A., Harper W.J. et Rodriguez-Saona .

**Ferrao, A., and Mendez Ferrao, J. (1970).** "Acidos gordos em oleo de Moringueiro (*Moringa oleifera* Lam.)." *Agronomia angolana*, 8, 3-16.

**Foidl, N., Makkar, H.P.S. and Becker, K.(2001).** The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. In: "The Miracle Tree/ The Multiple Attributes of *Moringa*" (Ed. Lowell J Fuglie). CTA. USA.

**Frankel, E. (1998).** "Lipid Oxidation. Dundee." *Scotland: The Oily Press LTD.*

## *Références bibliographiques*

---

**Frankel, E. (2005).** "Lipid oxidation , Bridgewater: Barnes PJ & Associates". City: The Oily Press.

**Faur, L.( 1996).** Margarine technology. *Oils and Fats Manual* Karleskind, A. Vol. 2, Lovoisier Publishing, Paris : 938-987.

**Genot C., Meynier A. et Riaublanc A., 2003. Lipid oxidation in emulsions. In : Kamal-**

Eldin, ed. *Lipid oxidation pathways*. Champaign : AOCS Press, 190-234.

**Ghebremichael, K. A., Gunaratna, K., Henriksson, H., Brumer, H., and Dalhammar, G. (2005).** "A simple purification and activity assay of the coagulant protein from *Moringa oleifera* seed." *Water research*, 39(11), 2338-2344.

**Gordon, M.H.(2001)** The development of oxidative rancidity. *in: Antioxidants in Food – Practical Applications* (eds. J. Pokorny, N. Yanishlieva, M. Gordon). CRC Press, Washington, pp. 7–22.

**Gutfinger T., (1981).** Polyphénols in olive virgin oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 58: 966-968.

**Gupta, K., Barat, G., Wagle, D., and Chawla, H. (1989).** "Nutrient contents and antinutritional factors in conventional and non-conventional leafy vegetables." *Food Chem*, 31(2), 105-116.

**Guiraud, J., and Galzy, P. (1980).** *Analyse microbiologique dans les industries alimentaires: l'Usine Nouvelle*.

**Hamilton, R. J., Kalu, C., Prisk, E., Padley, F., and Pierce, H. (1997).** "Chemistry of free

radicals in lipids." *Food Chem*, 60(2), 193-199.

**Hankin, L., D. Shields and J.G. Hanna. (1981).** Quality of sour cream and non-butter fat sour dressing. Bulletin No. 795, Connecticut Agricultural Experiment Station, New Haven, April 1981

## *Références bibliographiques*

---

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

**Holasova, M., Parizkova, H., Kopecky, A., Blatna, J., Winterova, L., and Mrazek, M. (1993).** "Stabilita nenasy cených mastných kyselin ředy n-3 při kulinární úpra vë markrely." *Potravinářské vědy*, 11(4), 335-340.

**Hraš, A. R., Hadolin, M., Knez, Ž., and Bauman, D. (2000).** "Comparison of antioxidative and synergistic effects of rosemary extract with  $\alpha$ -tocopherol, ascorbyl palmitate and citric acid in sunflower oil." *Food Chem*, 71(2), 229-233.

**Hultin, H. (1992).** "Lipid oxidation in fish muscle." *Advances in seafood biochemistry composition and quality*, 99-122.

**Iréeé Modeste Bédima. (2016).** Production et transformation du moringa . Collection Pro-agro,.5p.ISBN 978-92-9081-598-3.

**Iqbal, S.; Bhanger, M. I. (2006).**Effect of season and production location on antioxidant activity of Moringa oleifera leaves grown in Pakistan. *J. of Food Comp. and Anal.* 19, 544-551.

**ISO, E. (2003).** "4833. Microbiology of food and animal feeding stuffs–Horizontal method for the enumeration of micro organisms-Colony-count technique at 30 C." *International Organization for Standardization, Genova, Switzerland*, 1-9.

**ISO, N. (2013).** "21527-2,(2008)." *Microbiologie des aliments, Méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures, Partie, 2.*

**ISO, International Standard. (2005).** Method 7251, Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection and enumeration of presumptive *Escherichia coli* –Most probable number technique.

**ISO, International Standard. (2002).** Method 6579, Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection of salmonella spp.

## *Références bibliographiques*

---

**ISO-1, I. (1999).** "Microbiology of Food and Animal Feeding Stuff—Horizontal Method for the Enumeration of Coagulase-Positive Staphylococci (Staphylococcus aureus and Other Species)—Part 1: Technique Using Baird-Parker Agar Medium". City: International Organisation for Standardisation Geneva, Switzerland.

**Jahn, S., Musnad, H. A., and Burgstaller, H. (1986).** "The tree that purifies water: cultivating multipurpose Moringaceae in the Sudan." *Unasylva*, 38(152), 23-28.

**Jean Graille.(2003).** Lipids et corps gras alimentaires. Ed. Tech & Doc, Paris, p 223.

**Jeong, S.-M., Kim, S.-Y., Kim, D.-R., Jo, S.-C., Nam, K., Ahn, D., and Lee, S.-C. (2004).** "Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels." *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(11), 3389-3393.

**Judde, A. (2004).** "Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique: mécanismes, conséquences, moyens de mesure, quels antioxydants pour quelles applications?" *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 11(6), 414-418.

**Jongrungruangchok, S., Bunrathep, S., and Songsak, T. (2010).** "Nutrients and minerals content of eleven different samples of Moringa oleifera cultivated in Thailand." *J Health Res*, 24(3), 123-127.

**Karleskind, A. (1992).** Manual fats (vol. 1). Edition: Technology and Document (1st ed.) 65–112, 318–617.

**Koca, N., Kocaoglu-Vurma, N., Harper, W., and Rodriguez-Saona, L. (2010).** "Application of temperature-controlled attenuated total reflectance-mid-infrared (ATR-MIR) spectroscopy for rapid estimation of butter adulteration." *Food Chem*, 121(3), 778-782.

**Kone, S. (2001).** "Production artisanale de fonio étuvé." *GATE-ESCHBORN*-(3), 17-21.

**Kubow, S. (1990).** "Toxicity of dietary lipid peroxidation products." *Trends in Food Science & Technology*, 1, 67-71.

**Kumbhare, M. R., Guleha, V., and Sivakumar, T. (2012).** "Estimation of total phenolic content, cytotoxicity and in-vitro antioxidant activity of stem bark of Moringa oleifera." *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 2(2), 144-150.

## *Références bibliographiques*

---

- Laleye, O. A. F., Ahissou, H., Olounlade, A. P., Azando, E. V. B., & Laleye, A. (2015).** Etude bibliographique de trois plantes antidiabétiques de la flore béninoise: *Khaya senegalensis* (Desr) A. Juss (Meliaceae), *Momordica charantia* Linn (Cucurbitaceae) et *Moringa oleifera* Lam (Moringaceae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(5), 2682-2700
- l'alimentation, C. n. d. c. d. é. e. r. s. l. n. e., scientifique, C. n. d. l. r., and aliments, A. f. d. s. s. d. (2000).** *Apports nutritionnels conseillés pour la population française*: Tec & doc.
- Labuza, T. P., and Dugan Jr, L. (1971).** "Kinetics of lipid oxidation in foods." *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 2(3), 355-405.
- Laguerre, M., Lecomte, J., and Villeneuve, P. (2007).** "Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges." *Progress in lipid research*, 46(5), 244-282.
- Lako, J., Trenerry, V. C., Wahlqvist, M., Wattanapenpaiboon, N., Sotheeswaran, S., and Premier, R. (2007).** "Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods." *Food Chem*, 101(4), 1727-1741.
- Laleye, O. A. F., Ahissou, H., Olounlade, A. P., Azando, E. V. B., and Laleye, A. (2015).** "Etude bibliographique de trois plantes antidiabétiques de la flore béninoise: *Khaya senegalensis* (Desr) A. Juss (Meliaceae), *Momordica charantia* Linn (Cucurbitaceae) et *Moringa oleifera* Lam (Moringaceae)." *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(5), 2682-2700.
- Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., and Bertoli, S. (2015).** "Cultivation, genetic, ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of *Moringa oleifera* leaves: An overview." *International journal of molecular sciences*, 16(6), 12791-12835.
- Li H., Wang X., Li Y., Li P., Wang H. 2009.** Polyphenolic compounds and antioxidant properties selected Chinese wines. *Food Chemistry*, 112:454-460.

## *Références bibliographiques*

---

- Madsen, M., Schlundt, J., and Omer, E. (1987).** "Effect of water coagulation by seeds of *Moringa oleifera* on bacterial concentrations." *The Journal of tropical medicine and hygiene*, 90(3), 101-109.
- Martin, A., (2001).** Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Paris : Tec& Doc, Lavoisier
- McClements, D., and Decker, E. (2000).** "Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: Impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems." *Journal of Food Science*, 65(8), 1270-1282.
- Morimitsu, Y., Hayashi, K., Nakagawa, Y., Fujii, H., Horio, F., Uchida, K., and Osawa, T. (2000).** "Antiplatelet and anticancer isothiocyanates in Japanese domestic horseradish, wasabi." *Mechanisms of ageing and development*, 116(2-3), 125-134.
- Morton, J. F. (1991).** "The horseradish tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae)—a boon to arid lands?" *Economic botany*, 45(3), 318-333.
- Muluvi, G. M., Sprent, J., Soranzo, N., Provan, J., Odee, D., Folkard, G., McNicol, J., and Powell, W. (1999).** "Amplified fragment length polymorphism (AFLP) analysis of genetic variation in *Moringa oleifera* Lam." *Molecular Ecology*, 8(3), 463-470.
- Navie, S., and Csurhes, S. (2010).** "Weed Risk Assessment Horseradish Tree *Moringa oleifera*." *Biosecurity Queensland Department of Employment, Economic Development and Innovation, Brisbane*, 4001, 1-22.
- Ndabigengesere A., Narasiah KS and Talbot BG.,(1998).** Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water Res.* 1995;29:703-710.
- Nicoli, M., Anese, M., Manzocco, L., and Lerici, C. (1997).** "Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree." *LWT-Food science and Technology*, 30(3), 292-297.
- O'brien, R. D. (2008).** *Fats and oils: formulating and processing for applications*: CRC press.
- O'brien, R. (2004).** "Raw materials." *Fats and oils: formulating and processing for applications*, 1-46.

## *Références bibliographiques*

---

- Okuda, T., Baes, A. U., Nishijima, W., and Okada, M. (1999).** "Improvement of extraction method of coagulation active components from *Moringa oleifera* seed." *Water research*, 33(15), 3373-3378.
- Oliveira, J. T. A., Silveira, S. B., Vasconcelos, I. M., Cavada, B. S., and Moreira, R. A. (1999).** "Compositional and nutritional attributes of seeds from the multiple purpose tree *Moringa oleifera* Lamarck." *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(6), 815-820.
- Ollé M., 2002.** Analyse des corps gras. In. « Techniques de l'ingénieur », traité de Génie des procédés. 325 –2.
- Oomah, B. D., Caspar, F., Malcolmson, L. J., and Bellido, A.-S. (2011).** "Phenolics and antioxidant activity of lentil and pea hulls." *Food Research International*, 44(1), 436-441.
- Öztürk, M., Aydoğmuş-Öztürk, F., Duru, M. E., and Topçu, G. (2007).** "Antioxidant activity of stem and root extracts of Rhubarb (*Rheum ribes*): An edible medicinal plant." *Food Chem*, 103(2), 623-630.
- 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
- Prior, E. (2003).** "Usage des corps gras alimentaires dans les différents secteurs de la technologie alimentaire." *Lipides et corps gras alimentaires*, 87-147.
- Qaiser, M.(1973).** Moringaceae. In *Flora of West Pakistan* , Nasir E, Ali SI (eds). No.38. University of Karachi Press: Karachi, 1–4.
- Ramachandran, C., Peter, K., and Gopalakrishnan, P. (1980).** "Drumstick (*Moringa oleifera*): a multipurpose Indian vegetable." *Economic botany*, 34(3), 276-283.
- Robbins, K., and Sewalt, V. (2005).** "Extending freshness with rosemary extract." *Food Technology*, 16(8), 534-535.



## *Références bibliographiques*

---

**Robinson, D. S., and Eskin, M. (2000).** *Food shelf life stability: chemical, biochemical, and microbiological changes*: CRC Press

**Rolland, Y. (2004).** "Antioxydants naturels végétaux." *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 11(6), 419-424.

**Roloff A., Weisgerber H., Lang U., et Stimm B. (2009).** *Moringa oleifera* Lam 1785. Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie

**ROSA D., (1993).** *Moringa oleifera* : un arbre parfait pour les jardins à la maison. Forest service, Dept. Of Agriculture.

**Salem, S., Salama, M., and Ragab, W. A. (2015).** "Prolonged shelf life of sour cream by adding *Moringa oleifera* Leaves Extract (MOLE) or *Moringa oleifera* Oil (MOO)." *Am. J. Food Technol*, 10, 58-67. Sanflawer and Low Erucic Acide Rapeseed oils , *J0. Am. Oil chem .Soc.* 66:558-546.

**Sarwatt, S., Kapange, S., and Kakengi, A. (2002).** "Substituting sunflower seed-cake with *Moringa oleifera* leaves as a supplemental goat feed in Tanzania." *Agroforestry Systems*, 56(3), 241-247.

**Sass-Kiss A., Kiss J., Milotay P., Kerek M.M. and Toth-Markus M. (2005).** Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*. 38: 1023-1029

**Škerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, A. R., Simonič, M., and Knez, Ž. (2005).** "Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities." *Food Chem*, 89(2), 191-198.

**Shurtleff, W., and Aoyagi, A. (2009).** *History of Soybeans and Soyfoods in South America (1884-2009): Extensively Annotated Bibliography and Sourcebook*: Soyinfo Center.

**Siddhuraju, P.; Becker, K.(2003)** Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*M. oleifera* Lam.) Leaves. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 2144-2155

## *Références bibliographiques*

---

- Singh, K., and Kumar, K. (1999).** "Ethnotherapeutics of some medicinal plants used as antipyretic agents among the tribals of India." *J. Econ. Taxon. Bot*, 23, 135-141.
- Soliva, C., Kreuzer, M., Foidl, N., Foidl, G., Machmüller, A., and Hess, H. (2005).** "Feeding value of whole and extracted *Moringa oleifera* leaves for ruminants and their effects on ruminal fermentation in vitro." *Animal feed science and technology*, 118(1-2), 47-62.
- Standard, A. (1999).** "Energy standard for buildings except low-rise residential buildings." *ASHRAE/IESNA Standard*, 90(5).
- Sun, T., and Ho, C.-T. (2005).** "Antioxidant activities of buckwheat extracts." *Food Chem*, 90(4), 743-749.
- Tchiégang, C., Oum, M. N., Dandjouma, A. A., and Kapseu, C. (2004).** "Qualité et stabilité de l'huile extraite par pressage des amandes de *Ricinodendron heudelotii* (Bail.) Pierre ex Pax pendant la conservation à température ambiante." *Journal of food engineering*, 62(1), 69-77
- Tsaknis, J.; Lalas, S.(2002).** Stability during Frying of *Moringa oleifera* Seed Oil Variety "Periyakulam 1" J. Food Comp. Anal, 15, 79–101
- Tsaknis, J., Lalas, S., Gergis, V., Dourtoglou, V., and Spiliotis, V. (1999).** "Characterization of *Moringa oleifera* variety Mbololo seed oil of Kenya." *Journal of Agricultural and food chemistry*, 47(11), 4495-4499.
- Verma, K. S., and Nigam, R. (2013).** "Phytochemical screening of different plant parts of munga (*Moringa oleifera* Lam.)." *Jawaharlal Nehru Krishi Vishwa Vidyalaya Jabalpur 482004 (Madhya Pradesh) India*, 263.
- Villière, A., and Genot, C. (2006).** "Approche physico-chimique et sensorielle de l'oxydation des lipides en émulsions." *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 13(2-3), 152-159.
- Warner J, Badoud R, Ioliger J.( 2010).** Science et technologie des aliments. Ed. Alian Etournaud, p 412.
- Warner K . Frankel, and TL.( 1989).** Moutns , Flavor and Oxidative stability of

## *Références bibliographiques*

---

Soybean.

**Wolff, J. P. (1968).** Manuel d'analyse des corps gras: Azoulay.

**Wolff, J. P. ( 1992).** Manuel des corps gras. Lavoisier.Ed. 248-249.

**Zandi, P., and Gordon, M. H. (1999).** "Antioxidant activity of extracts from old tea leaves." *Food Chem*, 64(3), 285-288.

**Zhenbao, J., Fei, T., Ling, G., Guanjun, T., and Xiaolin, D. (2007).** "Antioxidant properties of extracts from juemingzi (Cassia tora L.) evaluated in vitro." *LWT-Food Science and Technology*, 40(6), 1072-1077.

# Annexe

## Annexe II

Composition en acides gras de l'huile des graines de Moringa (foidl N et al.,2001)

Composition an acides gras (%)	1	2
Acide laurique	Traces	n.d
Acide myristique	0,08	0,05
Acide pentadécanoïque	Traces	n.d
Acide palmitique	5,45	4,75
Acide palmitoléique	1,48	1,22
Acide margarique	0 ,08	-
Acide margaroléique	0,05	-
Acide stéarique	5,42	5,66
Acide oléique	72,9	71,0
Acide linoléique	0,76	0,46
Acide linoléinique	0,14	0,09
Acide arachidique	3,39	4,01
Acide gadoléique	2.2	2,24
Acide éicosadiéroïque	-	n.d
Acide béhénique	6,88	9,03
Acide érucique	0,14	0,13
Acide lignocérique	0,92	1,12
Acide nurvonique	Traces	-
Acide cérotique	-	n.d
Autres acides gras	0,10	0,2

n.d : non détecté

1. Thionville Laboratories Inc., New Orleans, USA (March 1994)
2. Becker et Siddhuraju (données non publiées)

# Annexe

## Annexe I

Composition moyenne des feuilles de Moringa oleifera ( Broin 2005) Données pour 100 grammes de matière sèche

<b>Composition Globale</b>	
Calories (Kcal)	300
Protéines (g)	25
Minéraux (g)	12
Glucides (g)	40
Lipides (g)	8
Fibres (g)	15
Teneur en eau	75%
<b>Minéraux</b>	
Calcium (mg)	2100
Cuivre (mg)	1
Fer (mg)	27
Potassium (mg)	1300
Magnésium (mg)	405
Phosphore (mg)	310
Manganèse (mg)	8
Soufre (mg)	740
Sélénium (mg)	2,6
Zinc (mg)	2,6
Molybdène (mg)	0,5
Sodium (mg)	100
<b>Vitamines</b>	
Vitamine A (UI)	14300
Vitamine C (mg)	850

<b>Acides aminée (mg)</b>	
Arginine	1600
Histidine	530
Isoleucine	1140
Leucine	2050
Lysine	1200
Méthionine	370
Phénylalanine	1400
Thréonine	1080
Tryptophane	580
Valine	1400
Acide aspartique	1670
Acide glutamique	2470
Sérine	840
Glycine	960
Alanine	1260
Proline	1230
Tyrosine	910
Cystéine	360
<b>Acides gras</b>	
C 16 : 0	530
C 18 : 0	70
C 18 : 1	60
C 18 : 0	170
C 18 : 1	1140

# Annexe

## Annexe IV

Les germes d'altération de la margarine et leurs effets sur le consommateur.

Les germes (Guiraud et Galzy, 1980)		Effet sur le Produit	Effet sur le consommateur (Cattoir, 2008)	Source de contamination (Champetier, 1956)
Les germes d'altérations	-Les germes aérobies mésophiles -Les coliformes fécaux <i>Citrobacter</i> -Les levures <i>Candida lipolytica</i> , <i>Saccharomyces</i>	Responsables de modification d'aspect, de texture, de consistance, de flaveur, ainsi une diminution de la durée de conservation	-trouble digestif -diarrhée -fièvres	La phase aqueuse (eau, lait, amidon sucre) L'air, l'appareillage de fabrication, conditionnement
Les germes pathogènes	-Entérotoxique <i>Staphylococcus aureus</i>	Entrant une intoxication alimentaire par production de toxines	-trouble digestif -diarrhée -fièvres Typhoïde	La phase aqueuse (eau, lait, amidon sucre) L'air, l'appareillage de fabrication, conditionnement
	-Enteropathogène <i>Salmonella</i>	entrant une toxi-infection alimentaire	-fièvres typhoïde et paratyphoïdes -troubles digestif -diarrhée,- vomissements,	

# Annexe

## Annexe V

### Préparation des solutions

Solutions	Réactifs
Méthanol 80%	100ml du méthanol pure + 28.59 ml d'eau distillée.
Méthanol 60%	100 ml du méthanol pure +72.82 ml d'eau distillée.
Chlorure ferrique (Fe Cl <sub>3</sub> ) à 0.1%(P/V)	0.1g de FeCl <sub>3</sub> dans 100ml d'eau distillée.
Réactif de phénolphtaléine	0.5 g de phénolphtaléine dans 50 ml de l'eau distillée et 50 ml l'éthanol absolu.
hexane/acétone/éthanol (2/1/1)	(100ml/50ml/50ml).
Carbonate de sodium	7.5 g de carbonate de sodium ajusté à 100 ml d'eau distillée.
Solution DPPH (65µM/L)	0,0024 µg dans 100ml méthanol pure
Ferricyanure de potassium (K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> )1%	1g de K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> dans 100mld'eau .
Thiosulfate de sodium 0.002N	0.2482g de thiosulfate ajusté à 500 ml de l'eau distillée
Iodure de potassium (saturé)	<b>10g de KI ajusté à 10 ml d'eau distillé</b>
Solution amidon	0.5 g d'amidon dans 10 ml de l'eau distillé
TCA 20%	20g de Trichloracetique ajusté a 100 ml d'eau distillée.
Réactif de Bouchardat	2g d'iode bisublimé (I <sub>2</sub> ) + 2 g de KI dans 100ml d'eau distillée.

# Annexe

## Annexe VI

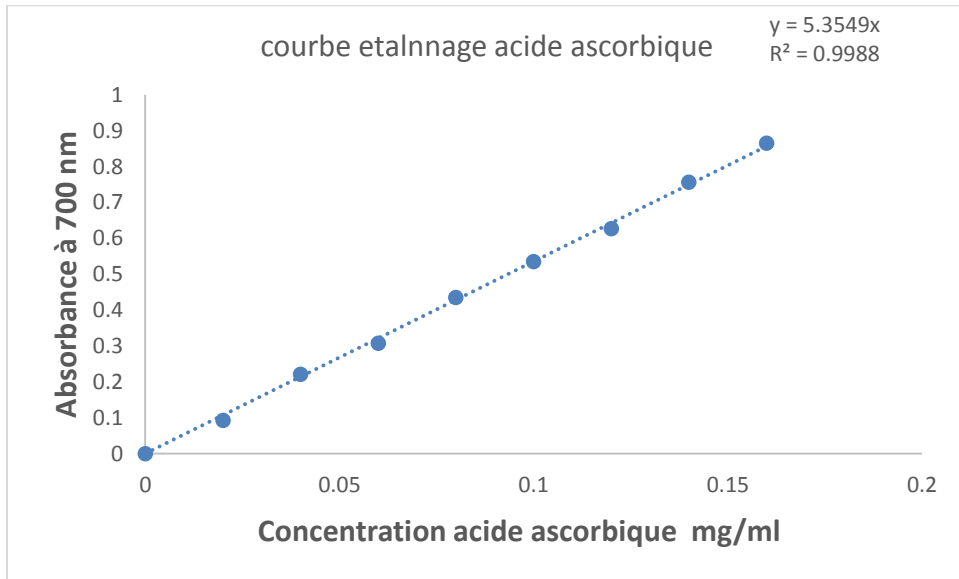


Figure N°01 : Courbe d'étalonnage pouvoir réducteur.

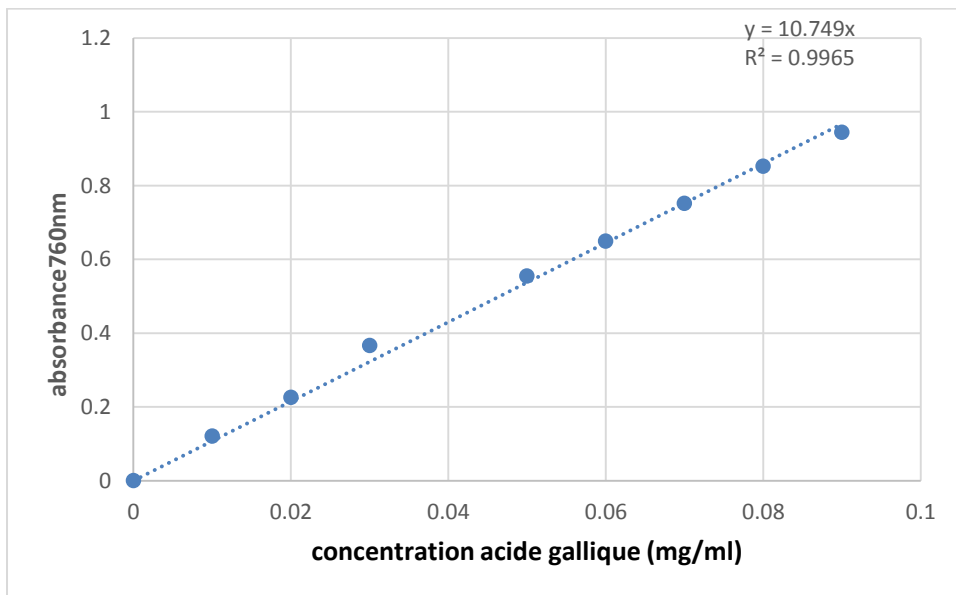


Figure N°02 : Courbe d'étalonnage de dosage des phénols totaux solubles



## Annexe

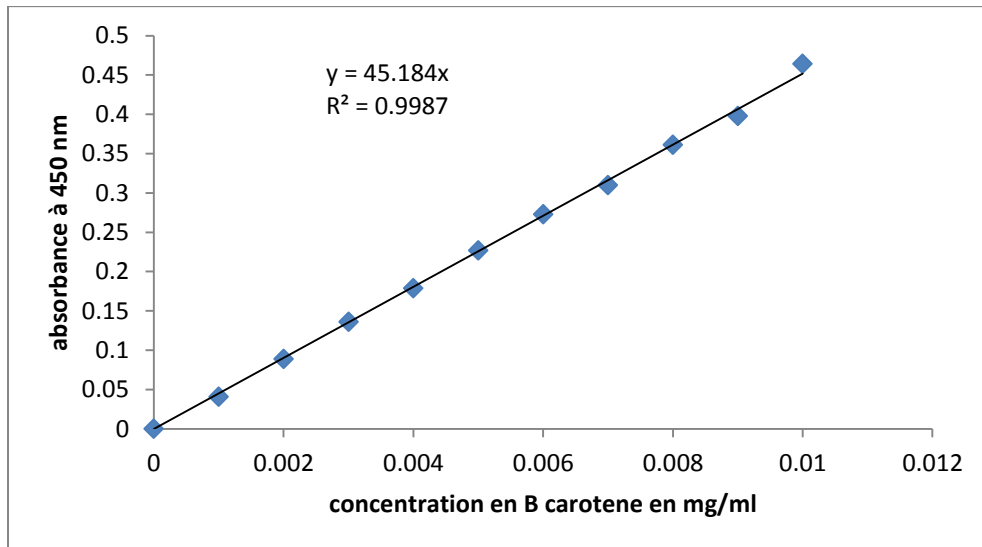


Figure N°03 : Courbe d'étalonnage de dosage des caroteinoides.

## Annexe VII

### Questionnaire Evaluation Sensorielle du :

Dans l'optique d'une caractérisation sensorielle et hédonique de la margarine, sept échantillons codés A, B, C, D, E, F, G vous sont présentés. Il vous est demandé de les examiner et de les goûter successivement, puis répondre aux questions qui suivent en cochant sur la case correspondante à votre réponse :

- Commencez par l'observation de l'échantillon,
- Humez l'échantillon pour repérer la présence ou l'absence d'odeur,
- Dégustez échantillon par échantillon ;
- Cochez successivement sur la fiche d'analyse :
  - Les couleurs,
  - La viscosité.
  - Les odeurs,
  - Les saveurs,
- Rincez la bouche après chaque dégustation,
- Chaque étape de dégustation prend une minute
- Bien déguster nécessite silence et concentration de la part de chacun.

**NB :** A la fin de chaque dégustation prenez un peu de pain puis un peu de pomme et à la fin rincez votre bouche avec de l'eau.

Les propriétés organoleptiques sont essentiellement :

- l'apparence (couleur, aspect, forme) révélée par la vision ;

## *Annexe*

---

- la flaveur (arôme, saveur) révélée par l'odorat et le goût ;
- la texture (résistance, consistance, dureté) révélée par le toucher.

### **A/ Analyse sensorielle :**

#### **1- Couleur :**

a. Selon l'intensité de la couleur jaune, attribuez une note de 1 à 5 sur l'échelle suivante pour chaque échantillon et cocher la case correspondante :

1 très faiblement intense

2 faiblement intense

3 moyennement intense

4 fortement intense

5 très fortement intense

Echantillon	Note de 1 à 5	Couleur foncé	Couleur moyenne	Couleur clair
A				
B				
C				
D				
E				
F				
G				
J				
I				
J				

#### **2- Odeur :**

a. Selon le degré d'appréciation de l'odeur, attribuez pour chaque échantillon une note de 1 à 5 sur l'échelle suivant et cocher la case correspondante:

1 très faiblement appréciée

2 faiblement appréciée

3 moyennement appréciée

4 fortement appréciée

5 très fortement appréciée

Echantillon	Note de 1 à 5	Lactique	Végétale	Animale
A				
B				
C				
D				
E				
F				
G				
H				
I				
J				

## *Annexe*

---

### **3- Tartinabilité :**

**a.** Selon l'intensité de la tartinabilité, attribuez une note de 1 à 5 pour chaque échantillon sur l'échelle suivante et cocher la case correspondante:

1 très difficilement tartinable

2 difficilement tartinable

3 moyennement tartinable

4 facilement tartinable

5 très facilement tartinable

Echantillons	Note de 1 à 5	Facile	moyen	Difficile
A				
B				
C				
D				
E				
F				
G				
H				
I				
J				

### **4- Goût :**

**a.** Selon l'intensité du goût, attribuez une note pour les dix échantillons sur l'échelle suivante :

1 très faiblement appréciée

2 faiblement appréciée

3 moyennement appréciée

4 fortement appréciée

5 très fortement appréciée

Echantillons	Note de 1 à 5	Acide	Salé	rance	Beurre
A					
B					
C					
D					
E					
F					
G					
H					
I					
J					

## *Annexe*

---

### **5- Texture :**

a. Selon le degré d'appréciation de la texture, attribuez une note de 1 à 5 pour chaque échantillon sur l'échelle suivante :

- 1 très faiblement apprécié
- 2 faiblement apprécié
- 3 moyennement apprécié
- 4 fortement apprécié
- 5 très fortement apprécié

Echantillons	Note de 1 à 9	Fondant en bouche	Ferme	Granuleux	Crémeux
A					
B					
C					
D					
E					
F					
G					
H					
I					
J					

### **B / Analyse hédonique :**

1- Etes-vous des consommateurs de la margarine ?

Oui Non

2- Attribuez pour chaque échantillon une note de préférence entre 1 et 9, sachant que le numéro 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et le numéro 9 à celui le plus préféré.

A	B	C	D	E	F	G

3- Quels sont les paramètres qui ont motivé votre préférence ?

Echantillons	A	B	C	D	E	F	G
Couleur							
Odeur							
Texture							
tartinabilité							
Gout							

# Annexe

## Annexe VIII

### Brix

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	329731,2	1	329731,2	3297312,	0,000000
ECHA	7,8	9	,9	9,	,001145
Error	1,0	10	,1		

Cell No.	ECHA	BRIX Mean	1	2	3
1	neutre	127,0000	****		
6	800ppm f	128,0000		****	
2	vitamine	128,0000		****	
9	600ppm h	128,0000		****	
5	600ppm f	128,5000		****	****
8	400ppm h	128,5000		****	****
7	100ppm h	129,0000			****
3	100ppm f	129,0000			****
10	800ppm h	129,0000			****
4	400ppm f	129,0000			****

### Humidité

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	453288,0	1	453288,0	906576,1	0,000000
ECH	660,5	10	66,1	132,1	,000000
Error	4,5	9	,5		

Cell No.	ECH	HUMIDITE Mean	1	2	3
1	100ppm	137,0000	****		
2	0ppm	137,5000	****		
3	100ppm v	139,0000	****	****	
4	T 0ppm	141,5000		****	****
5	T 100ppm	143,5000			****
6	F 400ppm	145,5000			
7	F 600ppm	147,5000			
8	F 800ppm	149,5000			
9	H 100ppm	151,5000			
10	H 400ppm	153,5000			



# Annexe

## Polyphénols

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	248645,0	1	248645,0	497290,0	0,000000
ECH	660,0	9	73,3	146,7	,000000
Error	5,0	10	,5		

Cell No.	ECH	PTS Mean	1	2	3
2	vit E	102.5000	****		
1	neutre	104.5000		****	
3	F100ppm	106.5000			****
4	F400ppm	108.5000			
5	F600ppm	110.5000			
6	F800ppm	112.5000			
7	H100ppm	114.5000			
8	H400ppm	116.5000			
9	H600ppm	118.5000			
10	H800ppm	120.5000			

## Activité antiradicalaire

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	238711,3	1	238711,3	367248,1	0,000000
ECHA	587,3	9	65,3	100,4	,000000
Error	6,5	10	,6		

Cell No.	ECHA	DPPH Mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	neutre	100.5000	****									
2	vitamine	102.5000		****								
3	100ppm f	104.5000			****							
4	400ppm f	106.5000				****						
5	600ppm f	108.5000					****					
6	800ppm f	110.5000						****				
7	100ppm h	112.5000							****			
8	400ppm h	114.5000								****		
9	600ppm h	115.0000									****	
10	800ppm h	117.5000										****

## Pouvoir réducteur

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	20801,25	1	20801,25	138675,0	0,00
ECHANT	48552,25	9	5394,69	35964,6	0,00
Error	1,50	10	,15		

## Annexe

LSD test; variable PR (adstudy.sta)						
Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,15000, df = 10,000						
Cell No.	ECHANT	PR Mean	1	2	3	4
9	600ppm h	0,0000	****			
1	neutre	0,0000	****			
10	800ppm h	0,0000	****			
2	vitamine	0,0000	****			
3	100ppm f	0,0000	****			
7	100ppm h	0,0000	****			
8	400ppm h	0,0000	****			
4	400ppm f	105,5000		****		
5	600ppm f	107,5000			****	
6	800ppm f	109,5000				****

### PH

Multivariate Tests of Significance (adstudy.sta)						
Suite... Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	Test	Value	F	Effect df	Error df	p
Intercept	Wilks	0,00	--	1	9	--
ECH	Wilks	0,00	--	10	9	--

### Acidité

Multivariate Tests of Significance (adstudy.sta)						
Suite... Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	Test	Value	F	Effect df	Error df	p
Intercept	Wilks	,000011	88136,31	5	5,00000	,000000
ECH	Wilks	,000019	5,14	50	26,16772	,000013

LSD test; variable ACID_J7 (adstudy.sta)				
VISUAL GLM Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1,2222, df = 9,0000				
Cell No.	ECH	ACID_J7 Mean	1	2
3	F 100ppm	139,0000	****	
11	H 800ppm	139,0000	****	
4	F100ppm	139,0000	****	
2	T 0ppm	139,0000	****	
5	F 400ppm	139,5000	****	
1	100ppm v	140,5000	****	****
10	H 600ppm	141,0000	****	****
9	H 400ppm	141,0000	****	****
8	H 100ppm	141,0000	****	****
7	F 800ppm	143,0000		****
6	F 600ppm	143,0000		****



## Annexe

LSD test; variable ACID_J14 (adstudy.sta)						
Suite...		Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1,9444, df = 9,0000				
Cell No.	ECH	ACID_J14 Mean	1	2	3	4
2	T 0ppm	131,0000	****			
6	F 600ppm	131,5000	****	****		
7	F 800ppm	133,0000	****	****	****	
3	F 100ppm	134,0000	****	****	****	****
11	H 800ppm	134,0000	****	****	****	****
8	H 100ppm	134,0000	****	****	****	****
1	100ppm v	134,0000	****	****	****	****
4	F100ppm	134,0000	****	****	****	****
5	F 400ppm	134,5000		****	****	****
9	H 400ppm	135,5000			****	****
10	H 600ppm	137,0000				****

LSD test; variable ACID_J21 (adstudy.sta)					
VISUAL GLM		Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1,2222, df = 9,0000			
Cell No.	ECH	ACID_J21 Mean	1	2	3
4	F100ppm	101,0000	****	****	
10	H 600ppm	101,0000	****		
11	H 800ppm	102,0000	****	****	
2	T 0ppm	102,0000	****	****	
3	F 100ppm	103,0000	****	****	****
1	100ppm v	103,5000	****	****	****
5	F 400ppm	104,0000		****	****
9	H 400ppm	105,5000			****
7	F 800ppm	106,0000			****
6	F 600ppm	106,0000			****
8	H 100ppm	106,0000			****

LSD test; variable ACID_J28 (adstudy.sta)									
Suite...		Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1,3333, df = 9,0000							
Cell No.	ECH	ACID_J28 Mean	1	2	3	4	5	6	7
3	F 100ppm	107,0000	****						
1	100ppm v	107,5000	****						
11	H 800ppm	108,0000	****	****					
4	F100ppm	109,0000	****	****	****	****			
2	T 0ppm	109,0000	****	****	****				
5	F 400ppm	110,5000		****	****	****	****		
7	F 800ppm	111,0000			****	****	****		
10	H 600ppm	112,0000				****	****	****	
6	F 600ppm	112,5000					****	****	
8	H 100ppm	114,0000						****	****
9	H 400ppm	115,5000							****

### Indice de peroxyde

Multivariate Tests of Significance (adstudy.sta)						
Suite...		Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	Test	Value	F	Effect df	Error df	p
Intercept	Wilks	,000002	415452,8	5	5,00000	,000000
ECH	Wilks	,000000	16,2	50	26,16772	,000000

## Annexe

LSD test; variable IP_J3 (adstudy.sta)			
Suite...		Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 638,78, df = 9,0000	
Cell No.	ECH	IP_J3 Mean	1
6	F 600ppm	57,5000	****
1	100ppm v	106,5000	****
7	F 800ppm	107,0000	****
5	F 400ppm	108,0000	****
2	T 0ppm	108,5000	****
3	F 100ppm	109,0000	****
4	F100ppm	110,0000	****
11	H 800ppm	111,5000	****
9	H 400ppm	111,5000	****
8	H 100ppm	111,5000	****
10	H 600ppm	112,0000	****

LSD test; variable IP_J7 (adstudy.sta)						
VISUAL GLM		Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 21,167, df = 9,0000				
Cell No.	ECH	IP_J7 Mean	1	2	3	4
10	H 600ppm	5,5000	****			
3	F 100ppm	118,0000		****		
2	T 0ppm	136,5000			****	
6	F 600ppm	144,0000			****	****
1	100ppm v	144,5000			****	****
5	F 400ppm	146,0000			****	****
8	H 100ppm	146,0000			****	****
7	F 800ppm	147,0000				****
4	F100ppm	147,0000			****	****
9	H 400ppm	149,5000				****
11	H 800ppm	150,5000				****

LSD test; variable IP_J21 (adstudy.sta)				
VISUAL GLM		Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1979,7, df = 9,0000		
Cell No.	ECH	IP_J21 Mean	1	2
3	F 100ppm	4,0000	****	****
2	T 0ppm	7,0000	****	
1	100ppm v	58,0000	****	****
7	F 800ppm	58,5000	****	****
11	H 800ppm	61,5000	****	****
4	F100ppm	109,0000	****	****
5	F 400ppm	110,5000		****
6	F 600ppm	112,5000		****
10	H 600ppm	113,5000		****
8	H 100ppm	115,0000		****
9	H 400ppm	116,5000		****

# Annexe

LSD test; variable IP\_J28 (adstudy.sta)

Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000  
Error: Between MS = ,44444, df = 9,0000

Cell No.	ECH	IP_J28 Mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	100ppm v	117,5000	****								
2	T 0ppm	119,5000		****							
3	F 100ppm	121,0000		****							
4	F100ppm	122,0000			****						
5	F 400ppm	123,5000			****	****					
6	F 600ppm	125,5000				****	****				
7	F 800ppm	127,5000					****	****			
8	H 100ppm	129,0000						****	****		
9	H 400ppm	130,5000							****	****	
10	H 600ppm	132,5000								****	
11	H 800ppm	134,5000									****

## Indice d'iode

Univariate Tests of Significance for I\_IODE (adstudy.sta)

Suite... Sigma-restricted parameterization  
Effective hypothesis decomposition

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	137448,2	1	137448,2	18828,52	0,000000
ECHANT	54,8	9	6,1	,83	,602481
Error	73,0	10	7,3		

LSD test; variable I\_IODE (adstudy.sta)

Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000  
Error: Between MS = 7,3000, df = 10,000

Cell No.	ECHANT	I_IODE Mean	1
1	neutre	80,50000	****
3	100ppm f	81,00000	****
10	800ppm h	82,00000	****
4	400ppm f	82,50000	****
5	600ppm f	82,50000	****
2	vitamine	82,50000	****
8	400ppm h	83,00000	****
7	100ppm h	83,50000	****
6	800ppm f	85,50000	****
9	600ppm h	86,00000	****

## Point de fusion

Univariate Tests of Significance for PF (adstudy.sta)

Suite... Sigma-restricted parameterization  
Effective hypothesis decomposition

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	101531,3	1	101531,3	39,04222	,000095
ECHANT	39542,3	9	4393,6	1,68948	,212759
Error	26005,5	10	2600,5		

## Annexe

LSD test; variable PF (adstudy.sta)

Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000  
Error: Between MS = 2600,5, df = 10,000

Cell No.	ECHANT	PF Mean	1	2
3	100ppm f	37,0000	****	
6	800ppm f	38,0000	****	
9	600ppm h	38,0000	****	
7	100ppm h	38,0000	****	
10	800ppm h	39,0000	****	
4	400ppm f	39,0000	****	
1	neutre	103,5000	****	****
5	600ppm f	104,5000	****	****
2	vitamine	104,5000	****	****
8	400ppm h	171,0000		****

### Détermination des dié et trien conjugué

#### Absorbance à 230 nm

Univariate Tests of Significance for ABS230 (adstudy.sta)

Suite... Sigma-restricted parameterization  
Effective hypothesis decomposition

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	395086,1	1	395086,1	607824,7	0,000000
ECHANT	486,5	9	54,1	83,2	,000000
Error	6,5	10	,6		

LSD test; variable ABS230 (adstudy.sta)

Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000  
Error: Between MS = ,65000, df = 10,000

Cell No.	ECHANT	ABS230 Mean	1	2	3	4	5	6	7	8
1	neutre	132,5000	****							
2	vitamine	134,5000		****						
3	100ppm f	136,5000			****					
4	400ppm f	138,5000				****				
5	600ppm f	139,5000					****			
6	800ppm f	141,5000						****		
7	100ppm h	143,5000							****	
8	400ppm h	144,0000								****
9	600ppm h	146,5000								
10	800ppm h	148,5000								

#### Absorbance à 270 nm

Univariate Tests of Significance for ABS270 (adstudy.sta)

Suite... Sigma-restricted parameterization  
Effective hypothesis decomposition

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	498016,8	1	498016,8	10268,39	,000000
ECHANT	632,2	9	70,2	1,45	,285337
Error	485,0	10	48,5		



# Annexe

## Annexe III

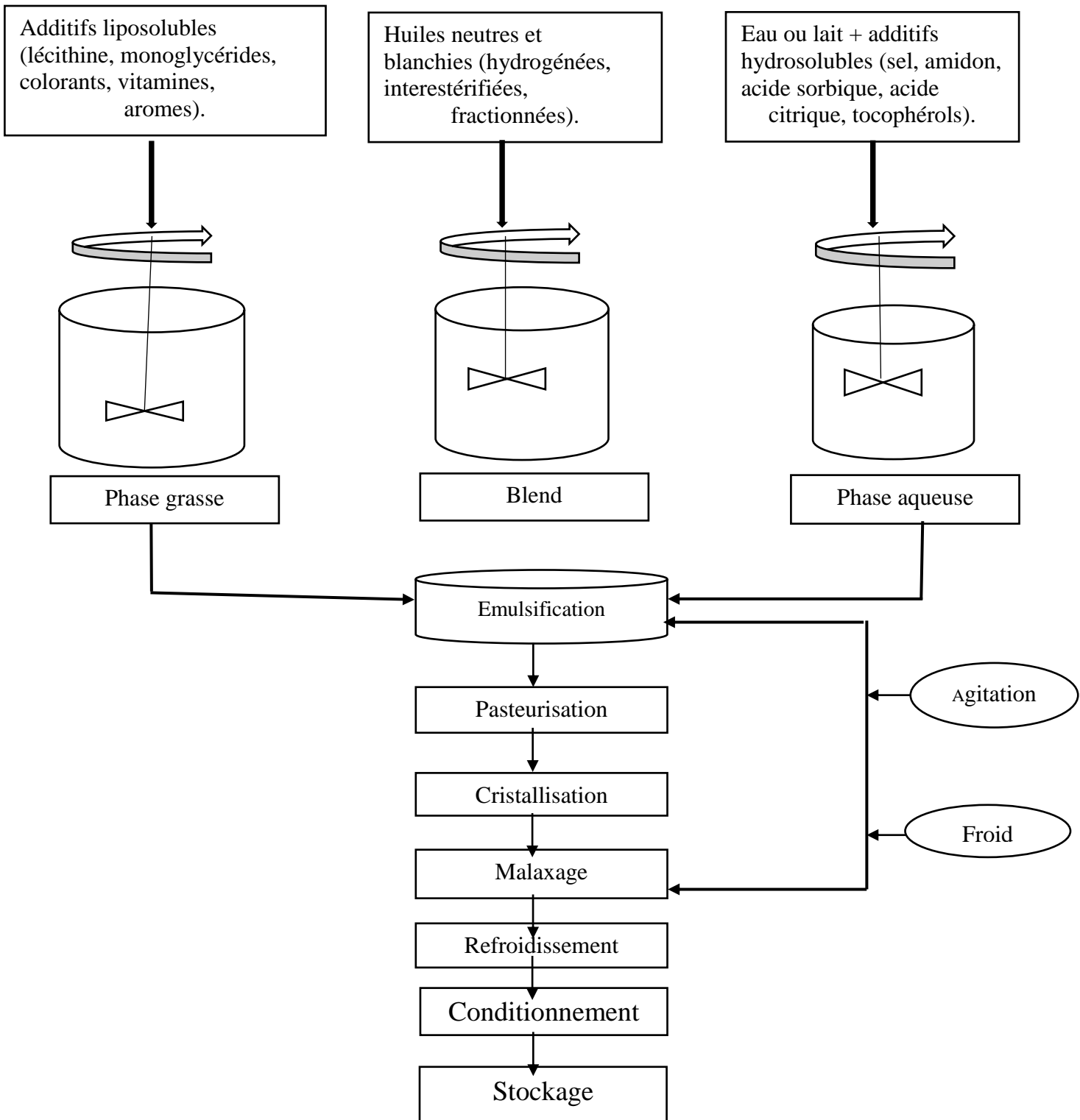


Fig.02 : Diagramme de fabrication de la margarine (Cossut *et al.*, 2002).

## RESUME

*Moringa oleifera* est un arbre miracle aux multiples vertus médicinales, nutritionnelles et industrielles. L'objectif principal assigné à ce travail consiste à explorer l'impact de la conservation de la margarine avec l'extrait de feuille (EFMO) et l'huile de *Moringa oleifera* (HMO) cultivé en Algérie à différentes doses (100, 400, 600 et 800 ppm).. Les margarines enrichies par EFMO et HMO se conservent plus au cours du stockage que les témoins (margarine sans incorporation et margarine avec Vitamine E) tout en gardant les mêmes propriétés physicochimiques, microbiologiques et sensorielles. Néanmoins la teneur en Polyphenols augmente pour les margarines enrichies par EFMO et HMO à 600 ppm avec un facteur d'augmentation de 2216 % et 240.01% respectivement. Pour les caroténoïdes le facteur d'augmentation est de 39,25% pour les margarines enrichies avec l'EFMO à 600 ppm et 11.60% pour celle enrichies avec l'huile à 600 ppm, Les données expérimentales démontrent une amélioration importante dans l'activité antiradicalaire DPPH des margarines enrichies en EFMO à 600 ppm avec un facteur de 1792,64 %, cette amélioration est moins importante dans les margarines enrichies avec HMO à 800 ppm (226,77 %). Le pouvoir réducteur accuse une augmentation uniquement dans les margarines enrichies avec l'EFMO à 400, 600 et 800 ppm (2.8, 4.5 et 5.1 mgEAA/100 g d'échantillon).

**Mots clés :** *Moringa oleifera*, margarine, antioxydant naturel, extrait de feuilles de moringa, huile de moringa, oxydation.

## ABSTRACT

*Moringa oleifera* is a miracle tree with many medicinal, nutritional and industrial virtues. The main objective assigned to this work is to explore the impact of the conservation of margarine with leaf extract (MOLE) and *Moringa oleifera* oil (MOO) grown in Algeria at different concentrations (100, 400, 600 and 800 ppm). The margarines enriched by MOLE and MOO were preserved more during the storage than the controls (margarine without incorporation and margarine with Vitamin E) while showing the same physicochemical, microbiological and sensory properties. Nevertheless, the polyphenol content increases for the margarines enriched with EFMO and MOO 600 ppm with a factor of 2216% and 240.01% respectively. For carotenoids, the factor is 39.25% for margarine enriched with MOLE at 600 ppm and 11.60% for that enriched with oil at 600 ppm. The experimental data show a significant improvement in antioxidant activity DPPH in margarine enriched with MOLE at 600 ppm with a factor of 1792.64% and this improvement is less important in margarines with MOO at 800 ppm (226.77%). The reducing power is only increased in margarine enriched with MOLE at 400, 600 and 800 ppm (2.8, 4.5 and 5.1 mgEAA / 100 g of sample).

**Key words:** *Moringa oleifera*, margarine, natural antioxidant, moringa leaf extract, moringa oil, oxidation.

# Introduction



# **Partie bibliographique**

**Chapitre I**  
**Généralités sur *Moringa***  
***oleifera***

# **Chapitre II**

## **Généralités sur la margarine**

# **Chapitre III**

## **Oxydation et antioxydants**

# **Partie pratique**

# **Chapitre I**

## **Matériel et méthodes**

# **Chapitre II**

## **Résultats et discussion**

# Conclusion



# **Références bibliographiques**

# **Annexes**