

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des sciences alimentaires

Spécialité : production et transformation laitière



Réf :.....

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

MASTER

Thème

**Formulation et analyse d'un fromage frais à
base de feuilles de *Moringa oleifera* torréfié**

Présenté par :

DJAHNINE Walid & KHALDI Hamza

Soutenu le : **30 juin 2019**

Devant le jury composé de :

Mme. MEZIANI.S

MCB

Présidente

Mme. BOUDJOU.S

MCB

promotrice

Mme. HASSISSENE.N

MCA

Examinatrice

Année universitaire : 2018 / 2019

Remerciements

*Tout d'abord nous tenons à remercier **DIEU** tout puissant de nous avoir donnés le courage et la volonté de terminer ce travail.*

*En tout premier lieu, nous tenons à remercier notre promotrice **Mme BOUDJOU Souhila**, qui a fait l'honneur de poursuivre la réalisation de ce travail, son aide et ses conseils qu'elle nous a apportés.*

*Nous tenons à remercier **Mme MEZIANI S**, de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance et **Mme HASSISSENE N**, d'avoir gentiment accepté d'examiner et de juger notre mémoire, qu'ils trouvent ici notre sincère gratitude.*

*Nous tenons à remercier le personnel de laboratoires de la laiterie **AMIZOUR** pour leur aide précieuse et aussi toute l'équipe du laboratoire de **Nutrition et Alimentation**.*

Nous tenons également à remercier toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail, qu'ils trouvent ici notre sincère et profonde gratitude.

*Nous remercions de façon particulière nos **parents** pour leurs aides et leurs Encouragements durant toute la période de réalisation de ce travail.*

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à:

Celle qui tient le paradis sous ses pieds, à ma

Chère mère qui m'a entouré avec sa tendresse

Mon cher père qui m'a beaucoup aidé avec son

soutien tout au long de mes études

Mon trésor frère Mouloud et sa femme Hanane

Mon très chère frère Yacine

Mes deux adorables sœurs Hanane et Wissame

Ma chère tante Yamina

Toute ma famille cousins et oncles

Mon camarade et binôme Hamza et sa famille

Tous mes amis (es) Nabil et Fayçal en particulier

A tout l'équipe de l'laboratoire alimentation nutrition

A toute la promotion 2018-2019 de Sciences alimentaires

Tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin.

Walid

Dédicaces

Avec ma gratitude et tous mon amour, je dédie ce travail à :

Mes très chers parents, qui ont consacré leur vie pour bâtir la mienne, qui ont toujours été là pour mes joies ainsi que pour mes peines. C'est avec émotion que je leur exprime toute mon affection, mon admiration et mon profond respect. J'espère que par ce modeste travail, je vous rends un peu de ce sentiment de fierté que j'éprouve d'être votre fils.

*Mes très chers frères : nadir et abdelmoumen.
Ma cher sœur Nassima.*

Mes amis.

*A toute la promotion (production et transformation laitière) « 2018
2019».*

Hamza.

Sommaire

Liste des Abréviations

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Introduction Générale1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur *Moringa oleifera*

I. Généralités sur *Moringa oleifera*.....3

I.1. Historique et origine.....3

I.2. Description botanique.....3

I.2.1. Morphologie.....3

I.2.2. Systématique de *Moringa oleifera*.....4

I.2.3. Nomenclature de *Moringa oleifera*.....5

I.3. Ecologie de *Moringa oleifera*.....5

I.4. Composition chimique des feuilles de *Moringa oleifera*.....6

I.5. Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera*.....6

I.6. Domaine d'utilisation de *Moringa oleifera*7

I.6.1. Domaine alimentaire.....7

I.6.2. Domaine médical et pharmaceutique.....7

I.6.3. Fabrication du fromage.....7

I.6.5. Autre utilisation.....8

Chapitre II: Fromage

II. Fromage.....9

II.1. Historique.....9

II.2. Définition.....9

Sommaire

II.3. Classification des fromages.....	9
II.4. Technologie de fabrication du fromage	10
II.4.1. Coagulation du lait	11
II.4.2. Définition de la présure.....	11
II.4.3. Les mécanismes de la coagulation par la présure.....	12
II.4.4. Paramètres influant la coagulation présure.....	13
II.4.4.1. La concentration en enzyme.....	13
II.4.4.2. La température.....	13
II.4.4.3. Le pH.....	13
II.4.4.4. La concentration en ions Ca ²⁺	14
II.4.5. Egouttage.....	14
II.4.6. Salage	14
II.4.7. Affinage	15
II.5. Composition et valeur énergétique de fromage.....	15
II.6. La torréfaction.....	15

Partie pratique

Chapitre I: Matériel et méthodes

I. Matériel et méthodes.....	16
I.1. Origine et provenance des échantillons.....	16
I.2. Préparations des échantillons.....	16
I.2.1. Préparation de fines herbe de feuille de <i>Moringa oleifera</i>	16
I.2.2. Le lait.....	16
I.2.3. La présure	16
I.3. Analyses physicochimiques et microbiologiques du lait de vache.....	17

Sommaire

I.3.1. Analyses physicochimiques.....	17
I.3.1.1. Mesure de pH	17
I.3.1.2. Détermination de l'acidité titrable.....	17
I.3.1.3. Le test d'alcool	18
I.3.1.4. Mesure de densité	18
I.3.1.5. Détermination du taux d'humidité.....	19
I.3.2. Analyse microbiologique	19
I.3.2.1. Test d'antibiotique.....	19
I.4. Fabrication du fromage.....	20
I.5. Suivi au cours du stockage.....	21
I.5.1. Mesure du pH.....	21
I.5.2. Mesure de l'acidité.....	22
I.6. Composition physico-chimique de fromage.....	22
I.6.1. Détermination de taux de matières grasses de fromage.....	22
I.6.2. Le Brix.....	23
I.6.3. Mesure de la densité.....	23
I.6.4. Détermination du taux d'humidité.....	24
I.6.5. Détermination du taux d'extrait sec total (EST).....	24
I.6.6. Détermination du taux d'extrait sec dégraissé (ESD).....	25
I.6.7. Teneur en sucres totaux.....	25
I.6.7.1. Extraction	25
I.6.7.2. Dosage	26
I.7. Composés phénoliques et activité antioxydante.....	26
I.7.1 Composés phénoliques.....	26
I.7.1.1. Dosage des phénols totaux solubles.....	26

Sommaire

I.7.1.2. Dosage des tanins condensés	27
I.7.1.3. Dosage des flavonoïdes	28
I.7.2. Activité antioxydante.....	28
I.7.2.1. Chélation du fer ferreux.....	29
I.7.2.2. Pouvoir réducteur	30
I.7.2.3. Blanchiment de β -carotène.....	30
I.7.3. Mise en évidence des autres métabolites secondaires.....	31
I.7.3.1. Les tanins totaux.....	32
I.7.3.2. Alcaloïdes	32
I.7.3.3. Saponines.....	32
I.7.3.4. Terpenoïdes.....	32
I.8. Analyses microbiologiques.....	32
I.9. Analyse sensorielle.....	33
I.10. Analyse statistique.....	33

Chapitre II: Résultats et discussion

II.1. Analyses physico-chimiques et microbiologiques du lait de vache	34
II.1.1. Résultats d'analyse physico-chimique du lait de vache.....	34
II.1.2. Résultats d'analyse microbiologique du lait de vache	35
II.2. Evolution des paramètres fermentaires du fromage	35
II.3. Composition physico-chimique des différents fromages.....	37
II.4. Composés phénoliques et activité antioxydante.....	39
II.4.1. Composés phénoliques	39
II.4.1.1 Phénols totaux solubles.....	39
II.4.1.2 Tanins condensés	40

Sommaire

II.4.1.3 Flavonoïdes	40
II.4.2. Activité antioxydante.....	41
II.4.2.1. Chélation du fer ferreux	41
II.4.2.2. Pouvoir réducteur.....	42
II.4.2.3. Blanchiment de β -carotène	42
II.4.3. Mise en évidence des métabolites secondaires	43
II.5. Les analyses microbiologiques.....	43
II.6. Analyse sensorielle.....	44
II.6.1. Caractérisation des produits.....	44
II.6.1.1. Pouvoir discriminant par descripteur.....	44
II.6.1.2. Moyennes ajustées par produit.....	45
II.6.2. Analyse des composantes principales (ACP).....	47
II.6.3. Classification ascendante hiérarchique (CAH).....	47
II.6.4. Cartographie des préférences.....	48
II.7. Discussion générale	49
Conclusion et perspectives	51

Référence bibliographique

Annexes

Liste des abréviations

- **Abs** : Absorbance.
- **Abs C** : Absorbance du contrôle.
- **Abs Ech** : Absorbance de l'échantillon.
- **AFNOR** : L'Association française de normalisation.
- **BHA** : Butyl Hydroxyl Anisole.
- **BHT** : Hydroxytoluène Butylé.
- **°D** : Degré Dornic.
- **Ech** : Echantillon.
- **ED** : Eau distillée.
- **Eq Q** : Equivalent quercétine.
- **Eq. AA** : Equivalent Acide Ascorbique.
- **Eq. AG** : Equivalent Acide Gallique.
- **Eq CAT** : Equivalent Catéchine.
- **EST** : Extrait sec total.
- **ESD** : Extrait sec dégraissé.
- **FT** : Fromage témoin.
- **FMT** : Fromage avec *Moringa oleifera* torréfié.
- **FMNT** : Fromage avec *Moringa oleifera* non torréfié.
- **MG** : Matière grasse.
- **MO** : *Moringa oleifera*.
- **MS** : Matière sèche.
- **OGA** : Ordinary Gélose Agar.
- **PCA** : Plate Count Agar.
- **PH** : Potentiel d'hydrogène.
- **TTA** : Acidité titrable.
- **UFC** : Unité formant colonie.
- **VRBL** : Gélose Biliée au Cristal Violet et au Rouge neutre.

Liste des figures

Figure N°01 : Tronc (a), feuille (b), fleur(c), fruit(d), graine(e) de <i>Moringa oleifera</i>	4
Figure N°02 : Classification des fromages.....	10
Figure N°03 : Action de la présure sur les caséines kappa.....	12
Figure N°04 : Feuille de <i>Moringa oleifera</i> avant broyage (c) et fines herbes après broyage et tamisage avec torréfaction (b) et sans torréfaction (a).....	16
Figure N°05 : Appareil Beta Star.....	19
Figure N°06 : Diagramme de fabrication du fromage frais.....	21
Figure N°07 : Appareil de pH mètre.....	22
Figure N°08 : Protocole de détermination de la teneur en matière grasse du fromage.....	23
Figure N°09 : Protocole de détermination de brix.....	23
Figure N°10 : Protocole d'extraction des sucres totaux.....	25
Figure N°11 : Etapes de dosage des sucres totaux.....	26
Figure N°12 : Protocole de dosage des phénols totaux solubles.....	27
Figure N°13 : Protocole de dosage des tanins condensés.....	28
Figure N°14 : Protocole du dosage des flavonoïdes.....	28
Figure N°15 : Protocole de la chélation de fer ferreux.....	29
Figure N°16 : Protocole de pouvoir réducteur.....	30
Figure N°17 : Suivis de pH au cours du stockage.....	35
Figure N°18 : Suivis de l'acidité au cours du stockage.....	36
Figure N°19 : Composition physico-chimiques des fromages (MG, EST, humidité).....	37
Figure N°20 : Composition physico-chimique des fromages (glucide, Brix, EST, densité)...	38
Figure N°21 : Teneur en phénols totaux solubles des extraits des fromages.....	39
Figure N°22 : Teneurs en tanins condensés des extraits des fromages.....	40
Figure N°23 : Teneurs en flavonoïdes des extraits des fromages préparés.....	40
Figure N°24 : Pourcentage de chélation du fer ferreux des extraits des fromages et des standards (Vit E, BHA, BHT).....	41
Figure N°25 : Pouvoir réducteur des extraits des fromages et des standards (Vit E, BHA, BHT).....	42
Figure N°26 : % d'activité antioxydante de blanchiment de β -carotène.....	42
Figure N°27 : Pouvoir discriminant par descripteur.....	45
Figure N°28 : Corrélations entre les variables et les facteurs Par ACP.....	47
Figure N°29 : Profil des différentes classes créées.....	47
Figure N°30 : La cartographie des préférences.....	48

Liste des tableaux

Tableau N° I : Différentes nomenclatures de *Moringa oleifera* selon différentes langues.....5

Tableau N° II : Principales exigences écologiques de *Moringa oleifera*.....5

Tableau N° III : Composition chimique de différentes parties (gousses, feuilles fraîches et poudre de feuilles) du *M. oleifera*. (Quantité/portion de 100 grammes comestibles).....6

Tableau N° IV : Composition moyenne et valeur énergétique pour 100g (cas de fromage frais).15

Tableau N° V : Dénombrement et recherche des bactéries dans le fromage.....33

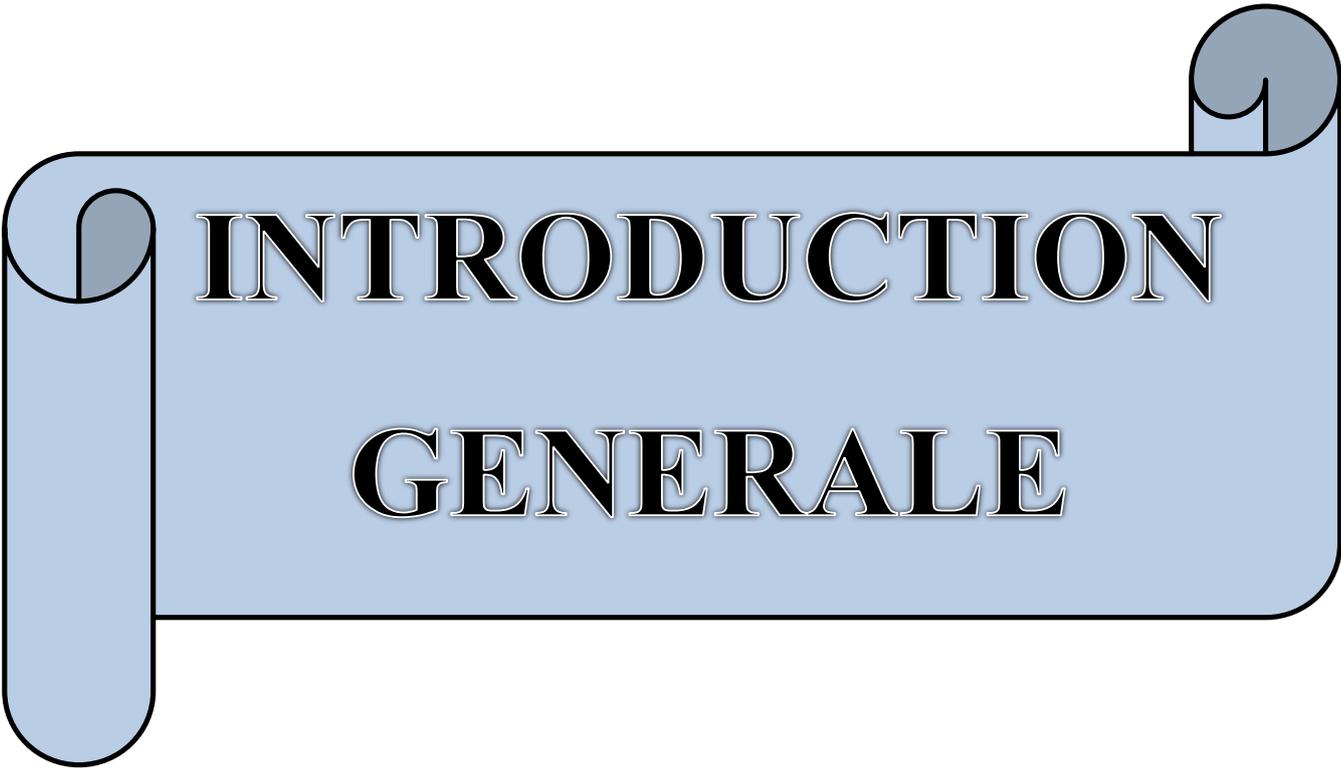
Tableau N° VI: Résultats d’analyses physico-chimiques du lait de vache.....34

Tableau N° VII: Résultats des analyses microbiologiques du lait.....35

Tableau N° VIII: Résultats de la mise en évidence des saponines, alcaloïdes, Terpénoïdes et tanins.....43

Tableau N° IX: Résultats d’analyse microbiologique des fromages élaborés.....43

Tableau N° X: Moyennes ajustées par produit.....46



INTRODUCTION

GENERALE

Introduction Générale

La transformation des aliments vise à assurer la conservation des éléments nutritifs et d'élaborer des produits présentant une grande diversité en termes de texture et d'arôme pour satisfaire les besoins sensoriels (**Jeantet *et al.*, 2007**).

Le fromage constitue une forme ancestrale de conservation des protéines, de la matière grasse ainsi que d'une partie du calcium et du phosphore, dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont appréciées (**Budza, 2011**).

Selon la nature du lait utilisé et les technologies mises en œuvre, il existe une très grande variété de fromages. Parmi eux, le fromage frais qui possède un goût crémeux ou acide peu prononcé (**Vignola, 2002**).

La qualité du fromage dépend de très nombreux facteurs liés non seulement aux techniques de fabrication, mais aussi à la qualité de la matière première et en particulier à sa composition biochimique. La teneur en protéines du lait et les caractéristiques de ces protéines sont ainsi des facteurs prépondérants du rendement fromager (**Remeuf, 1993**).

Néanmoins, il existe une autre variété de fromage qui est celle des fromages frais enrichis aux herbes, épices et autres condiments qui sont ajoutés aux fromages en vue d'améliorer leurs saveur, couleur et présentation, ainsi que leur attractivité vis-à-vis des consommateurs. De plus, ces herbes et épices sont une source de composés favorisant la santé et le bien-être des consommateurs (**Hayaloglu et Farkye, 2011**).

C'est dans cette optique que nous avons opté à la formulation d'un fromage frais enrichi aux fines herbes de feuilles de *Moringa oleifera* torréfiées, d'une part pour valoriser ces feuilles et d'autre part pour apporter au fromage les propriétés bénéfiques de cette plante.

Moringa oleifera est qualifié «d'arbre de vie», du fait de ses nombreuses potentialités nutritives, médicinales et industrielles (**Fuglie, 2001; Olson, 2001**).

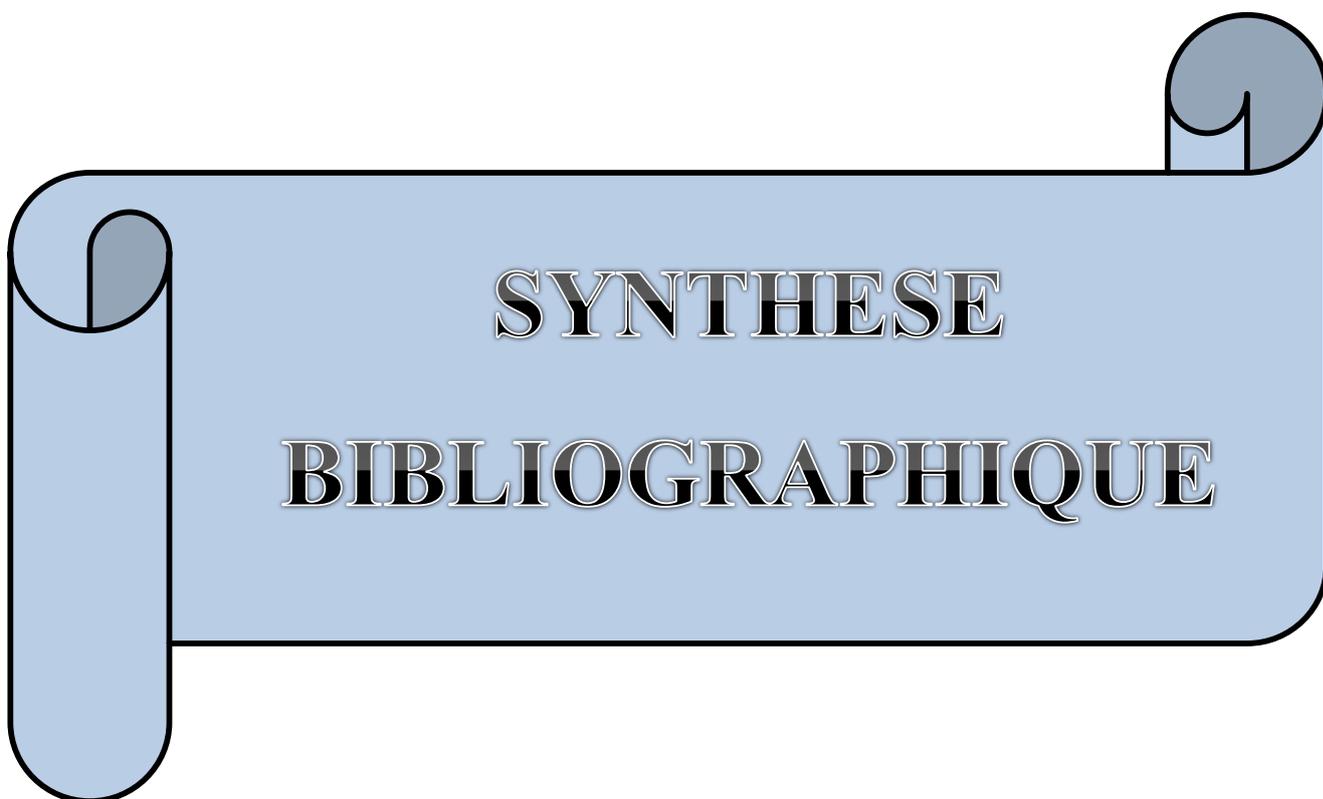
Les feuilles de *M. oleifera* sont une excellente source de protéines et de vitamines A, B, C. En somme, *Moringa oleifera* se caractérise par une forte teneur en nutriments,

Introduction

antioxydants, glucosinolates, composés phytochimiques et par ses qualités organoleptiques (Yang *et al.*, 2006).

Cette étude est divisée en deux parties :

- Une synthèse bibliographique comportant des généralités sur *Moringa oleifera* et sur le fromage.
- Une étude expérimentale visant tout d'abord à formuler un fromage frais à base de feuilles de *Moringa oleifera* torréfiées et non torréfiées avec différentes concentrations (1%, 1.5%, 2%), puis l'étude des caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques, sensorielles de ces fromages et la détermination de la teneur en composés phénoliques et de l'activité antioxydante de leurs extraits .



SYNTHESE

BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur *Moringa oleifera*

I.1. Historique et origine

Moringa oleifera Lam. (Synonyme: *Moringa pterygosperma* Gaertner) appartient à la famille monogénérique des arbustes et arbres des Moringaceae (Foidl *et al.*, 2001). Il est qualifié « d'arbre de vie », « d'arbre miracle » ou plante divine du fait de ses nombreuses potentialités nutritives, médicinales et industrielles (Fuglie, 2001 ; Olson, 2001). *Moringa oleifera* Lam. Est une espèce originaire des régions d'Agra et d'Oudh, au nord-est de l'Inde, au sud de la chaîne de montagne de l'Himalaya (Rajangam *et al.*, 2001). Il a été introduit en Afrique de l'Est au début du 20ème siècle (Foidl *et al.*, 2001). On peut rencontrer cette espèce sur trois continents et dans plus de cinquante pays tropicaux et subtropicaux (Afrique, Arabie, Sud-est asiatique, Iles du pacifique, Amérique du sud) (Fahey, 2005).

I.2. Description botanique

I.2.1. Morphologie

Moringa est un arbre pérenne, à croissance rapide, qui peut atteindre 7 à 12 mètres de hauteur (Olson, 2002).

Le tronc

Généralement droit (20 à 40 cm de diamètre) il atteint 1,5 à 2 mètres de haut avant de se ramifier, bien qu'il puisse parfois atteindre les 3 mètres (Laleye *et al.*, 2015).

Les feuilles

Elles sont alternes et bi ou tripennées, se développent principalement dans la partie terminale des branches. Elles mesurent 20 à 70 cm de long et sont recouvertes d'un duvet gris lorsqu'elles sont jeunes de plus, elles ont un long pétiole avec 8 à 10 paires de pennes composées chacune de deux paires de folioles opposés, plus un à l'apex, ovales ou en forme d'ellipse, et mesurant 1 à 2 cm de long (Laleye *et al.*, 2015).

Les fleurs

Elles mesurent 2,5 cm de large et se présentent sous forme de panicules axillaires et tombantes de 10 à 25 cm. Elles sont généralement abondantes et dégagent une odeur agréable. Elles sont blanches ou de couleur crème, avec des points jaunes à la base. Les sépales, au

nombre de cinq, sont symétriques et lancéolés. Les cinq pétales sont minces et spatulés, symétriques à l'exception du pétale inférieur, et entourent cinq étamines (Hédji *et al.*, 2014; Agroconsult, 2016).

Les fruits

Forment des gousses à trois lobes, mesurant 20 à 60 cm de long, qui pendent des branches. Lorsqu'ils sont secs, ils s'ouvrent en trois parties. Chaque gousse contient entre 12 et 35 graines (Laleye *et al.*, 2015).

Les graines

Elles sont rondes, avec une coque marron semi-perméable. La coque présente trois ailes blanches qui s'étendent de la base au sommet à 120 degrés d'intervalle. Un arbre peut produire 15000 à 25000 graines par an. Une graine pèse en moyenne 0,3 g et la coque représente 25% du poids de la graine (Laleye *et al.*, 2015).

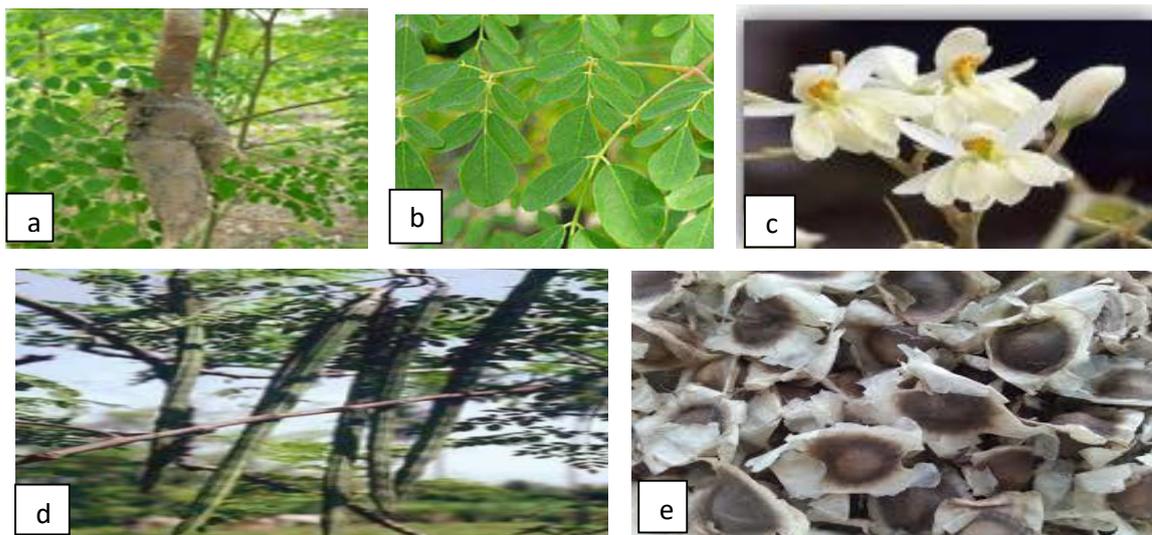


Figure N°01 : Tronc (a), feuille (b), fleur(c), fruit(d), graine(e) de *Moringa oleifera* (Fahey, 2005 ; De saint Sauveur et Broin, 2006 ; Price, 2007).

I.2.2. Systématique de *Moringa oleifera*

La systématique de *Moringa oleifera* est cité ci-dessous (Laleye *et al.*, 2015).

Règne: *Plantae*

Sous-règne: *Tracheobionta*

Classe: *Magnoliopsida*

Ordre: *Capparales*

Famille : *Moringaceae*

Division: *Magnoliopyte*

Genre: *Moringa*

Espèce: *Oleifera*

I.2.3. Nomenclature de *Moringa oleifera*

Il existe différentes nomenclature de l'arbre *Moringa oleifera* (**Tableau N°I**) selon différentes langues (**Fuglie, 2001 ; Yongabi et al., 2012**).

Tableau N°I : Différentes nomenclatures de *Moringa oleifera* selon différentes langues

Langue	Nomenclature	Langue	Nomenclature
Français	Bèn ailè, benzolive, moringa	Espagnol	Morango, moringa
Anglais	Drumstick tree, radish tree	Inde	Sajna, munaga, segra, shigru
Allemand	Behenbaum, behenussbaum	Brésil	Cedra
Italien	Sàndalo ceruleo	Arabe	Rawag, ou Shagara Al Ruwag

I.3. Ecologie de *Moringa oleifera*

Le *Moringa oleifera* est une plante qui s'adapte à des milieux différents. Cependant, certaines conditions du milieu favorisent son épanouissement (**De saint Sauveur et Broin, 2010**).

Tableau N° II : Principales exigences écologiques de *Moringa oleifera* (**De saint Sauveur et Broin, 2010**).

Paramètre	Valeur/Fourchette
Climat	Tropical ou subtropical
Altitude	0-2000 m
Température	25 et 35 ° C, pouvant tolérer momentanément jusqu'à 48 ° C
Pluviométrie	250mm et 2000 mm Irrigation nécessaire pour la production de feuilles si pluviométrie < 800 mm
Type de sol	Limoneux, sableux ou sablo-limoneux
pH du sol	5,0 et 9,0

I.4. Composition chimique des feuilles de *Moringa oleifera*

Les feuilles contiennent une concentration élevée en acide ascorbique, des flavonoïdes, des composés phénoliques (Anwar *et al.*, 2005). Les feuilles de *Moringa* sont un aliment riche en concentrations en macro et micronutriments (Thurber et Fahey, 2009 ; Dhakar *et al.*, 2011). Les feuilles sont également riches en divers phytostérols tels que stigmastérol, sitostérol et kampastérol, qui sont essentiels pour la production d'hormones (Dhakar *et al.*, 2011).

Tableau N° III : Composition chimique de différentes parties (gousses, feuilles fraîches et poudre de feuilles) du *M. oleifera*. (quantité/portion de 100 grammes comestibles) (Fuglie, 2002).

Elément analysé	Gousses	Feuilles	Poudre de feuille
Humidité (%)	86,9	75,0	7,5
Protéines (g)	2,5	6,7	27,1
Matière grasse (g)	0,1	1,7	2,3
Glucides (g)	3,7	13,4	38,2
Fibres (g)	4,8	0,9	19,2
Minéraux (g)	2,0	2,3	-
Acide oxalique (mg)	10	101	1600
Vit A- β -carotène (mg)	0,11	6,8	18,9
Vit B- choline (mg)	423	423	-
Vit C- acide ascorbique (mg)	120	220	17,3
Vit E-acétate d' α -tocophéryle (mg)	-	-	113

I.5. Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera*

En comparaison avec d'autres aliments, les feuilles de *Moringa* fournissent «7 fois plus de vitamine C que les oranges, 10 fois plus de vitamine A que les carottes, 17 fois plus de calcium que lait, 15 fois plus de potassium que les bananes et 25 fois plus de fer que d'épinards (Dhakar *et al.*, 2011 ; Gopalakrishnan *et al.*, 2016). Ces avantages ont suscité l'intérêt de la communauté internationale. Beaucoup organisations non gouvernementales telles que Trees for Life, Church World Service et la Commission européenne Bureau humanitaire ont promu les avantages du *Moringa* pour lutter contre la malnutrition et

l'appeler « nutrition naturelle » pour les tropiques » (Thurber et Fahey, 2009 ; Dhakar *et al.*, 2011).

I.6. Domaine d'utilisation de *Moringa oleifera*

I.6.1. Domaine alimentaire

La poudre de feuilles de *Moringa oleifera* est la forme la plus simple d'utilisation. Elle entre dans la composition de jus vert, de smoothies, elle se saupoudre sur les plats, s'ajoute en fin de cuisson dans une sauce, une soupe, se glisse dans la farine pour les gâteaux et les cakes salés (De saint Sauveur et Broin, 2010).

I.6.2. Domaine médicales et pharmaceutiques

M. oleifera est une plante couramment utilisée en médecine traditionnelle dans divers pays en voie de développement et en médecine moderne. Les diverses parties du *M. oleifera* telles que les feuilles, les racines, la graine, l'écorce, le fruit, les fleurs et les gousses non mûres sont utilisées par les tradipraticiens dans le traitement de diverses maladies (infections de la peau, etc.). Elles agissent comme des stimulants cardiaques et circulatoires et possèdent des activités antitumorales, antipyrétiques, antiépileptiques, anti-inflammatoires, antiulcèreux, antispasmodiques, antioxydantes, antidiabétiques, antibactériennes, antifongiques, anti-diarrhéiques, diurétiques et antihypertensives (Gilani *et al.*, 1992 ; Kerrharo, 1994 ; Fortin *et al.*, 1997 ; Fuglie, 2002). Au Sénégal et au Mali, les feuilles de *M. oleifera* sont utilisées pour traiter les enfants rachitiques, bronchitiques, fiévreux, souffrant de céphalées, névralgies et servent à stabiliser le taux de sucre dans les cas de diabète chez les adultes (Kerrharo, 1994).

I.6.3. Fabrication du fromage

L'utilisation potentielle de *Moringa oleifera* comme agent de coagulation de différents types de lait (lait entier, écrémé et lait de soja) a été étudiée par Sánchez-Muñoz *et al.*, (2017). L'extrait de graines de *M. oleifera* a montré une forte activité de coagulation du lait. Cet extrait des graines est composé des enzymes, il génère une activité de coagulation du lait appropriée pour la fabrication du fromage, il peut être utilisé comme source potentielle d'un substitut de présure, puisque cet extrait de la graine a démontré une forte activité de coagulation du lait sur les laits entiers, écrémés et de soja. Cette étude a conclu que l'extrait de graines de *M. oleifera* peut être utilisé avec succès pour la fabrication du fromage avec des

avantages nutritionnels, ainsi que plusieurs applications industrielles (**Sánchez-Muñoz et al., 2017**).

I.6.5. Autres utilisations

Plusieurs parties de l'arbre *Moringa oleifera* ont un intérêt nutritionnel qui permet son utilisation dans divers domaines.

- Utilisé comme activateur naturel de la croissance des plantes ; en effet, les feuilles sont riches en zéatine (une hormone végétale au groupe cytokinine) (**Popoola et Obembe, 2013**).
- Les extraits de feuilles peuvent stimuler la croissance des plantes et augmenter le rendement des cultures (**Popoola et Obembe, 2013**).
- La poudre de graines de Moringa peut être utilisée pour purifier l'eau, remplaçant ainsi les produits dangereux et coûteux tels que le sulfate d'aluminium (**Popoola et Obembe, 2013**).
- Les extraits de feuilles et les extraits de graines montrent une activité de biopesticide, efficace contre les larves adultes de *Trigoderma granarium* et peuvent réduire l'incidence de champignons sur les graines d'arachide (**Ashfaq et al., 2012**).

II. Fromage

II.1. Historique

Non seulement le lait se consomme à l'état naturel, il peut également subir différentes biotransformations qui contribue à élargir considérablement ses qualités sensorielles et nutritionnelles. L'un des dérivés de ces transformations est le fromage, de l'ancien français : formage, du latin : *formaticus*, c'est-à-dire fait dans une forme (**Vignola et al., 2002**).

La première occurrence de l'utilisation d'un fromage comme aliment est inconnue. Les technologues tiennent la preuve que l'homme connaît depuis longtemps le phénomène de coagulation de lait depuis la découverte, sur les rives de lac Neuchâtel, de moules à caillé datant de plus de 7000 ans. Cependant, l'origine exact de la transformation du lait en fromage est incertaine. On s'entend pour dire que le fromage serait originaire du sud-ouest asiatique et daterait d'environ de 8000 ans. Les romains auraient stimulé le développement de nouvelles variétés durant leur invasion de l'Europe entre 60 av. J-c et 300 apr. J-C (**Eck et Gillis, 1997**).

II.2. Définition

Le fromage est le produit frais ou affiné, de consistance solide ou semi solide, dans lequel le rapport protéines de sérum/ caséine ne dépasse pas celui du lait et qui est obtenu :

- a) par coagulation complète ou partielle des matières premières suivantes : du lait écrémé, du lait partiellement écrémé, de la crème, de la crème de lactosérum résultante de cette coagulation (**Gillis, 1997**).
- b) par l'emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou de matière provenant du lait, de façon à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques similaires à celle du produit défini au paragraphe (a) (**Gillis, 1997**).

II.3. Classification des fromages

La classification des fromages dépends du caillé (lactique ou présure), du mode d'égouttage et du type d'affinage.

La **figure N°02** montre la classification des fromages les différents types de coagulations et d'égouttages.

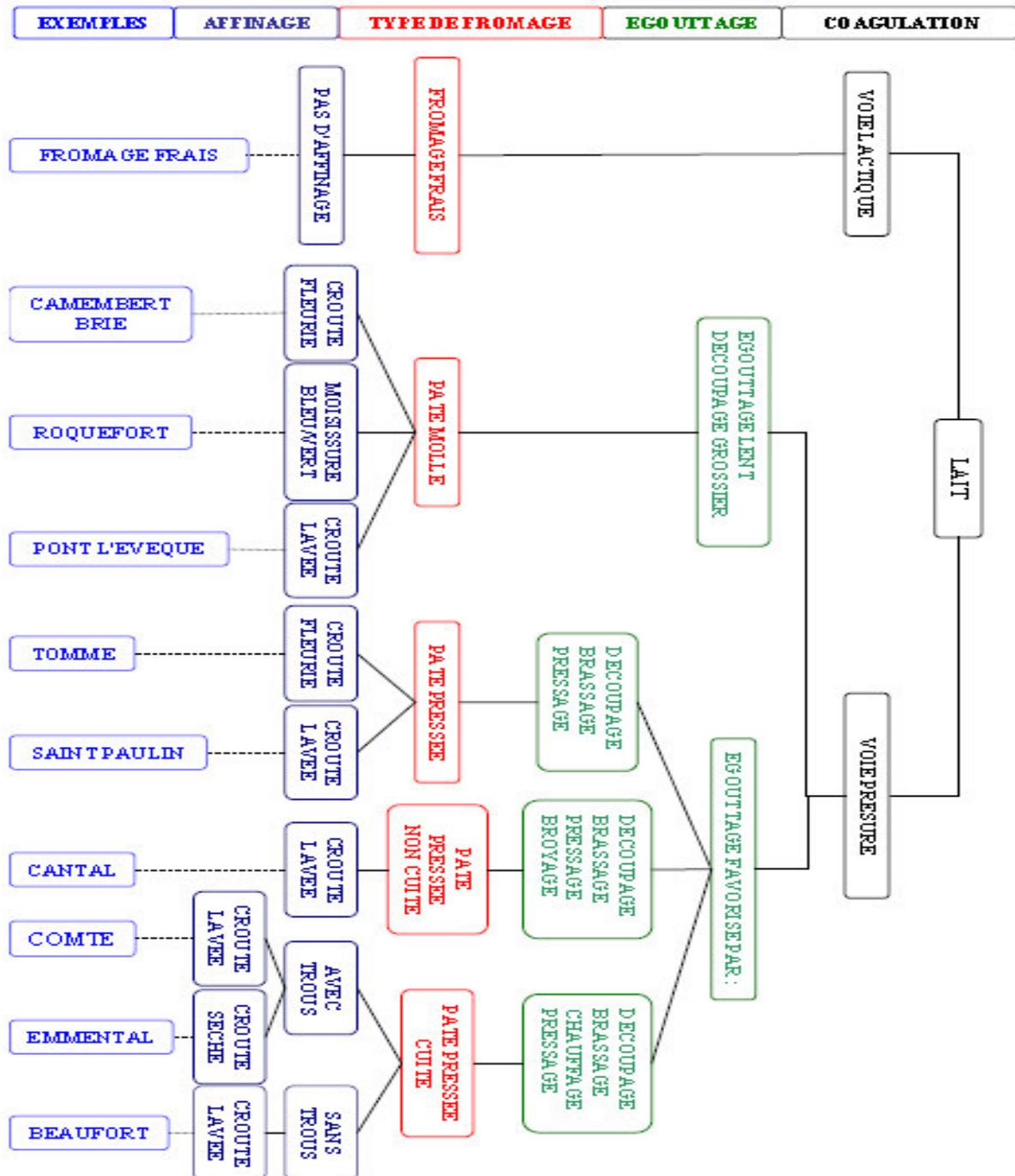


Figure N°02 : Classification des fromages selon Lenoir *et al.*, (1983).

II.4. Technologie de fabrication du fromage

Habituellement, la fabrication du fromage comprend trois étapes : La formation d'un gel de caséines, c'est la coagulation du lait ; la déshydratation partielle du gel, c'est l'égouttage qui aboutit à un caillé et le salage. Ces étapes concernent les fromages frais. Le reste des fromages (Camembert, Roquefort, Gouda et Tulum) subissent en plus une étape d'affinage, ce sont les fromages affinés (Luquet, 1990).

II.4.1. Coagulation du lait

La fabrication du fromage nécessite une phase de coagulation du lait qui correspond à un changement d'état physique irréversible ou un lait au repos, initialement liquide, passé à l'état semi-liquide généralement appelé gel ou plus spécifiquement coagulum, elle résulte plus précisément de modification physicochimique intervenant au niveau des micelles de caséine, toute modification de la micelle ou de son environnement aura des répercussions sur sa stabilité, et pourra entamer le phénomène de coagulation, cette déstabilisation du système colloïdale est à la base de l'ensemble de technologie particulièrement utilisée en fromagerie, (Mahaut, 2000). On distingue donc trois types de coagulation :

La coagulation par acidification

Sous l'action des bactéries lactique, qui dégradent le lactose en acide lactique ou par acidification chimique, le lait s'acidifie progressivement (Jeantet *et al.*, 2008).

La coagulation par voie enzymatique

Un certain nombre d'enzymes d'origine animale, végétale ou microbienne ont la propriété de coaguler le lait. La plus couramment utilisée est la présure sécrétée par la caillette des jeunes ruminant non sevrés (Mahaut, 2000).

Coagulation Par voie mixte

C'est le résultat de l'action conjointe de la présure et de l'acidification lactique dans la pratique industrielle. Cependant, la formation du coagulum se fait généralement sous l'action dominante de la présure (FAO, 1998).

II.4.2. Définition de la présure

La présure est un mélange de chymosine et de pepsine. C'est un extrait liquide ou pâteux provenant des caillettes des jeunes ruminants (Mahaut *et al.*, 2000 ; D'Ambrosio *et al.*, 2003; Anema *et al.*, 2005). Selon la législation française, l'extrait de présure doit contenir au minimum 520 mg de chymosine active par litre et le rapport chymosine/pepsine doit être supérieur ou égal à 1,38, ce qui signifie que 75 à 80% de l'activité coagulante est due à la chymosine. La chymosine est donc l'enzyme majeure de la coagulation du lait (Dalgleish, 1992; Walstra et Jenness, 1992).

II.4.3. Les mécanismes de la coagulation par la présure

La présure (préparation enzymatique coagulante) dans le lait libère le caséinomacropeptide (CMP) (**Figure N°03**) et induit une diminution de l'hydratation des micelles de caséine (passage de 2,5 g d'eau par gramme de caséine à 1,6 – 1,7 g/g à pH 6,60, et de la charge nette des micelles de caséine (cette charge passe de -15 -20 mV à -5 -8 mV) (**Mietton *et al.*, 2004**).

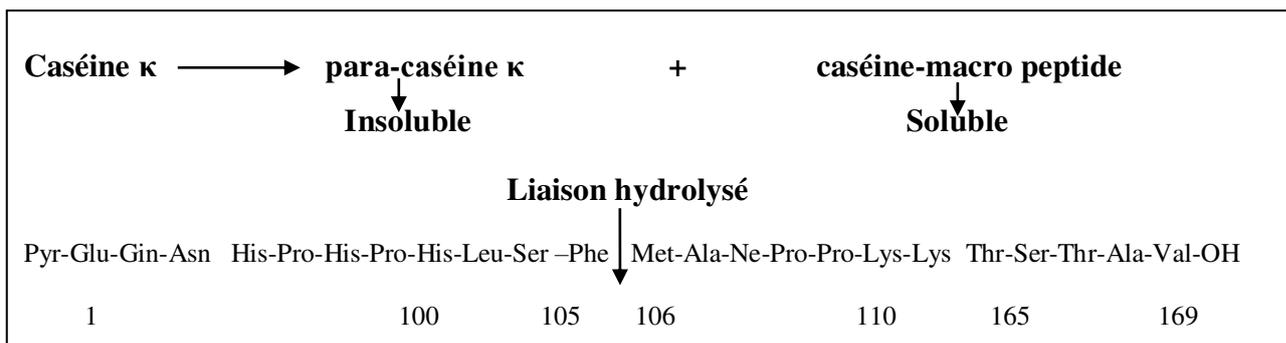


Figure N°03 : Action de la présure sur les caséines kappa.

Le mécanisme se déroule en trois phases principales :

Phase primaire

La présure attaque la composante qui stabilise la micelle de caséine (la caséine κ) au niveau de la liaison Phe105-Met106 (**Vignola, 2002**). Il y a alors coupure de la chaîne peptidique en deux segments inégaux : le segment 1-105 est la paracaséine- κ et le segment 106-169, le caséinomacropeptide (CMP). La paracaséine- κ liée aux caséines α et β reste intégrée à la micelle hydrophobe et le CMP contenant tous les glucides est libéré et passe dans le lactosérum (**Cayot et Lorient, 1998**).

Phase secondaire

Lors de cette phase, les micelles déstabilisées peuvent se rapprocher et former des liens hydrophobes par intervention des ions calcium qui s'unissent à la partie chargée négativement des micelles diminuant ainsi les forces de répulsion électrostatiques auxquelles elles sont soumises ce qui favorise leur agrégation. Cette phase est observable par la formation du gel. Le démarrage de cette phase nécessite qu'au moins 85 à 90% de la caséine κ soit hydrolysée (**Desobry–Banon., 1991., Abi-Azar., 2007**).

Phase tertiaire

Les micelles agrégées subissent de profondes réorganisations par la mise en place de liaisons phosphocalciques et peut-être des ponts disulfures entre les paracaséines (**Mahaut *et al.*, 2000**).

II.4.4. Paramètres influant la coagulation présure

Plusieurs facteurs influencent la coagulation par la présure : parmi ces facteurs, on peut citer la concentration en enzyme, la température, le pH et la concentration en ions Ca²⁺.

II.4.4.1. La concentration en enzyme

Comme toute réaction enzymatique, la concentration en enzyme a une grande influence sur le processus de coagulation présure (**Van Hooydonk et Walstra, 1987**). Le temps de coagulation diminue avec l'augmentation de la concentration en enzyme (**McMahon *et al.*, 1984**; **Carson *et al.*, 1987**).

II.4.4.2. La température

La coagulation enzymatique du lait est fortement dépendante de la température. La vitesse de formation du coagulum augmente progressivement de 20 à 40-42 °C. En dessous de 10 °C, la gélification ne se produit pas (**Alloggi *et al.*, 2000**).

L'effet le plus important de la baisse de la température est la solubilisation du phosphate de calcium micellaire à une température plus élevée, le processus de coagulation ralentit. Il s'arrête à 55 °C (**Najera *et al.*, 2003**).

II.4.4.3. Le pH

L'influence du pH sur le temps de coagulation et la vitesse de raffermissement du caillé est très forte (**Pires *et al.*, 1999** ; **Awad, 2005**). Le pH optimal d'hydrolyse de la κ -caséine se situe entre 5,1-5,3 (**Humme, 1972**; **Lopez *et al.*, 1998**; **Zbikowska *et al.*, 2004**).

L'effet le plus important de l'abaissement du pH est la solubilisation du phosphate de calcium micellaire (**Visser *et al.*, 1980** ; **Le Graet et Brule, 1993**). Ainsi que la diminution de la charge nette de la molécule de caséine, suivi de la dissociation de la caséine des micelles. L'abaissement du pH augmente la vitesse de raffermissement du caillé (**Daviau *et al.*, 2000**).

II.4.4.4. La concentration en ions Ca²⁺

L'addition de calcium (Ca²⁺) diminue le temps de coagulation par la présure (McMahon *et al.*, 1984; Moutilla *et al.*, 1995). Cette addition de CaCl₂ au lait ou à une suspension micellaire entraîne un abaissement du niveau de protéolyse de la caséine κ nécessaire à l'agrégation (Famelart, 2004). L'agrégation des caséines est ainsi accélérée par l'addition de calcium. Cette accélération est due à la réduction du potentiel des micelles (Dagleish, 1983 ; Holt, 1997).

II.4.5. Egouttage

L'égouttage est un phénomène dynamique qui se caractérise par la quantité de lactosérum éliminé durant le temps. En effet, il fixe les caractéristiques physiques (pH et a_w) et chimique du caillé et par conséquent l'affinage du fromage (Weber, 1987).

Le processus d'égouttage est lié à des facteurs directs correspondant à des traitements de types mécanique et thermique, des facteurs indirects (acidification et coagulation enzymatique) et des facteurs liés à la matière première (richesse en caséine laitière, en protéines solubles et en matière grasse) (Ramet, 1997).

II.4.6. Salage

On utilise deux procédés de salage

- Le salage à sec des fromages par saupoudrage à la main ou à la machine, par frottage ou par incorporation dans le caillé. Ce procédé est utilisé pour les fromages à couté fleurie (brie, camembert) ou le persillage des fromages bleus (roquefort, gorgonzola). Il s'agit de pulvériser du sel fin sec additionné de *penicillium* spécifiques d'entreposage (Mahaut *et al.*, 2000).
- Le salage en saumure généralement saturée (318g/litre à 20 °C). La plupart des fromages ont une teneur en sel de 1,5 à 2,5 pour cent. Certains fromages orientaux (féta) conservés en saumure ont un taux de sel de 8 à 15 pour cent sont généralement dessalés avant leur consommation (Mahaut *et al.*, 2000).

II.4.7. Affinage

L'affinage est l'étape la plus complexe de la fabrication des fromages maturés qui dépend de chaque caractéristique physico-chimique ou microbiologique du fromage (**Bennett et Johnston, 2004**).

C'est un processus biochimique complexe et long qui correspond à une phase de digestion enzymatique des constituants du caillé par les différents agents (**Jeantet et al., 2008**). Le fromage devient donc le siège de différentes dégradations qui s'effectuent simultanément ou successivement aboutissant à la libération de substances sapides et odorantes en même temps que la modification de la texture (**Choisy et al., 1997**).

La durée d'affinage varie selon le fromage, elle dure quelques semaines à deux ans ou plus à des températures spécifiques pour les différents types de fromages (**Fox et al., 1994**).

II.5. Composition et valeur énergétique de fromage

La composition du fromage (**Tableau IV**) dépend de la composition du lait d'origine et de la technologie mise en œuvre (**Eck, 1987**).

Tableau IV : Composition moyenne et valeur énergétique pour 100g (cas de fromage frais)

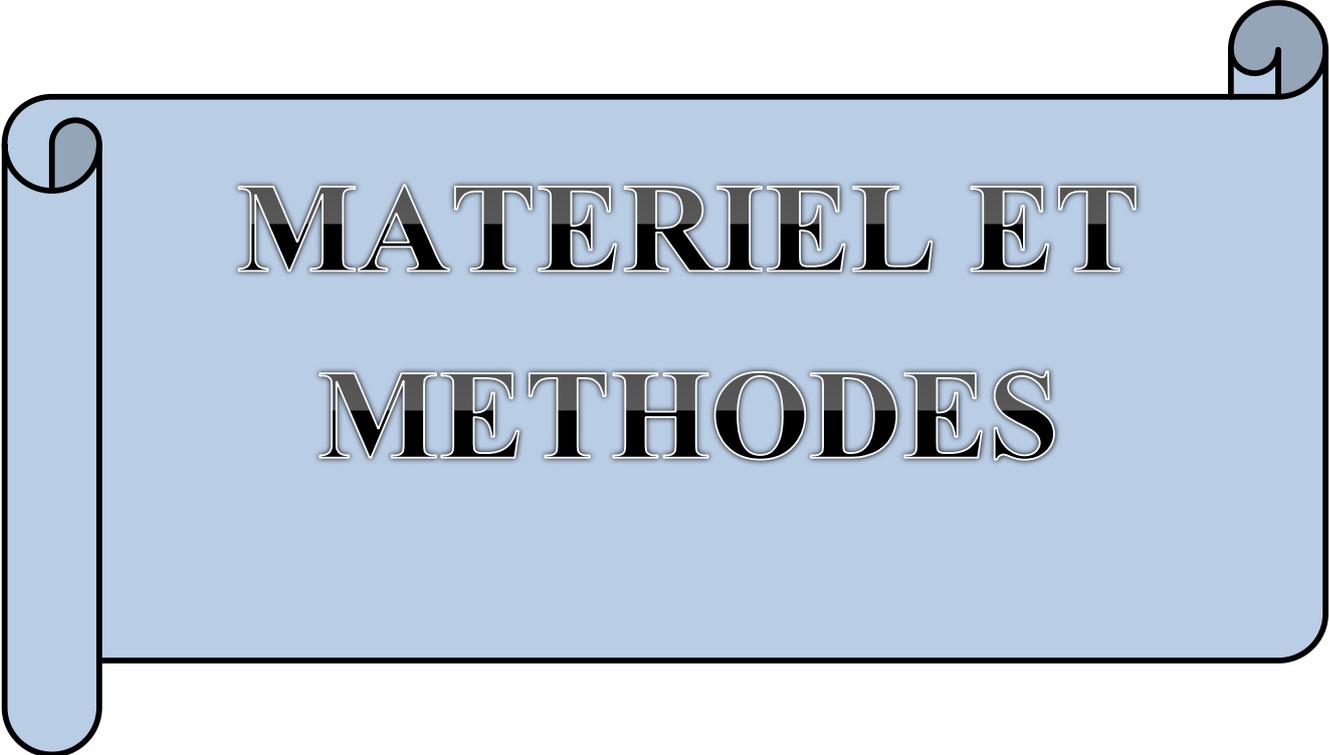
Composition	Valeur pour 100g	Composition	Valeur pour 100g
Eau	79 g	Magnésium (mg)	10
Energie	118 K cal	Potassium (mg)	130
Glucide (g)	4	Sodium (mg)	40
Lipide (g)	7.5	Zinc (mg)	0.5
Protéine (g)	8.5	Vitamine A (U.I)	170
Calcium (mg)	100	Thiamine (mg)	0.03
Phosphore (mg)	140	Riboflavine (mg)	0.15

II.6. La torréfaction

La torréfaction est un traitement thermique visant à améliorer la couleur et l'arôme de certains produits tel que le café (**Hernandez, 2002**). Cette opération se fait en général à des températures supérieures à 100 °C selon les produits.



**PARTIE
PRATIQUE**



**MATERIEL ET
METHODES**

I. Matériel et méthodes

I.1. Origine et provenance des échantillons

L'échantillon utilisé dans cette étude (feuilles de *Moringa oleifera*) a été récolté dans la wilaya de Jijel en novembre 2018.

I.2. Préparations des échantillons

I.2.1. Préparation de fines herbes de feuille de *Moringa oleifera*

Les feuilles de MO ont été triées et nettoyées. Ces échantillons ont subi un léger broyage à l'aide d'un broyeur électrique. Les fines herbes obtenues ont été ensuite tamisées à l'aide d'un tamis électrique (Retsch-AS 200) afin d'avoir des fines herbes de taille des particules inférieure à 2mm. Une quantité de ces fines herbes obtenue est torréfiée à 180°C/5min (**Figure N°4**) et conservée dans des bocaux en verre à l'abri de la lumière pour éviter toute détérioration de l'échantillon.



Figure N°4: Feuilles de *Moringa oleifera* avant broyage (c) et fines herbes après broyage et tamisage avec torréfaction (b) et sans torréfaction (a).

I.2.2. Le lait

Le lait utilisé est le lait de vache cru, qui provient de laiterie AMIZOUR, collecté dans les fermes. Il a été transporté dans une glacière.

I.2.3. La présure

Un mélange de 2 ml d'eau distillée, 0,0254 g de NaCl et 0,26 g de poudre de présure est préparée juste avant emprésurage (volume de présure suffisant pour coaguler 1L de lait).

I.3. Analyses physicochimiques et microbiologiques du lait de vache

I.3.1. Analyses physicochimiques

I.3.1.1. Mesure de pH

- **Principe**

Le pH dépend de la concentration d'un milieu en protons; il est le logarithme de la concentration molaire de l'ion hydronium (H_3O^+) (Jaques, 1998). La mesure de pH d'un aliment nous renseigne sur sa fraîcheur (Carol et Vignola, 2002).

- **Mode opératoire**

La sonde d'un pH-mètre est directement introduite dans les échantillons (lait et fromage) et la valeur du pH sera directement affichée sur l'écran de l'appareil (AFNOR, 1980).

La mesure du pH doit se faire à 20 °C.

I.3.1.2. Détermination de l'acidité titrable

- **Principe**

L'acidité titrable représente la somme des acides minéraux et organiques présents dans le produit. Elle est exprimée en fonction de l'acide dominant. Elle est déterminée par titration avec une solution d'hydroxyde de sodium (0,1N) en présence de la phénolphtaléine comme indicateur coloré (Shori et Baba, 2013).

- **Mode opératoire**

Quelques gouttes de phénolphtaléine sont ajoutées à 10mL de lait, puis titrées avec une solution de NaOH (0,1N) jusqu'à l'apparition d'une couleur rose pale.

- **Expression des résultats**

Acidité (°D) = $V(\text{NaOH}) \times 10$.

I.3.1.3. Le test d'alcool

- **Principe**

Le test d'alcool est utilisé pour l'évaluation rapide de la stabilité du lait à la transformation, en particulier pour le traitement thermique, utile comme indication de l'équilibre minéral du lait. La stabilité du lait à l'alcool est utilisée aussi pour déterminer leur aptitude à la coagulation par la présure (**Metro et al., 1979 ; Pierre, 1985**).

- **Mode opératoire**

Le test de stabilité est réalisé avec l'éthanol à 68°, 72° et 80°. En effet, à l'aide d'une seringue, 2 ml du lait sont prélevés et versés dans 3 béchers, puis 2 ml d'alcool de 68°, 72° et 80° sont ajoutés séparément. Les solutions sont mélangées par de légers mouvements de retournement.

- **Expression des résultats**

Si une coagulation s'est produite, de fines particules de caillé seront visibles sur la surface interne, la présence de floculations ou de caillé indique un test d'alcool positif. Si le test est positif à 80°, le lait est conforme, dans le cas contraire c'est un signe de présence de substances anormales. Un test positif à 72° doit être confirmé avec un test à 68°, si la coagulation persiste, le lait est jeté.

I.3.1.4. Mesure de densité

- **Principe**

La densité est déterminée à une température de 20 C°, au moyen du thermo-lactodensimètre mené d'une tige graduée (**Pointurier, 2003**).

- **Mode opératoire**

- Remplir une éprouvette avec du lait à analyser.
- Rincer le lactodensimètre avec l'échantillon de lait.
- Introduire le lactodensimètre dans l'éprouvette en le tenant par l'extrémité de la tige graduée puis le laisser se stabiliser

- **Expression des résultats**

La densité correspond à la graduation de la stabilisation du lactodensimètre.

I.3.1.5. Détermination du taux d'humidité

- **Principe**

Le taux d'humidité est déterminé à l'aide d'un dessiccateur à infrarouge. Cet appareil émet des radiations infrarouges qui permettent l'évaporation de l'eau dans l'échantillon. Le poids de l'échantillon est contrôlé à l'aide d'une balance intégrée (AFNOR, 1985).

- **Mode opératoire**

Placer une coupelle dans le dessiccateur, tarer et introduire 2g d'échantillons à analyser dans cette dernière, étaler le long de la surface de la coupelle jusqu'à l'obtention d'une surface plane et homogène puis mettre le dessiccateur en marche.

- **Expression des résultats**

Le taux d'humidité s'affiche sur l'écran de dessiccateur, qui est exprimé en pourcentage.

I.3.2. Analyse microbiologique

I.3.2.1. Test d'antibiotique

- **Principe**

C'est un test rapide et fiable de détection des antibiotiques, La présence d'antibiotiques dans le lait et les produits laitiers fermentés ralentit ou inhibe la croissance des ferments lactiques qui aura un effet sur l'acidification et le caillage du lait et causera de graves problèmes de texture. L'appareil **BetaStar®** (Figure N°5) sert à la détection des antibiotiques. Il détecte les β -lactamines (pénicillines et céphalosporines) et les tétracyclines (oxytétracycline, chlortétracycline et doxycycline) (Grosseron, 2018).



Figure N°5: Appareil Beta Star

- **Mode opératoire**

- Sortir un flacon de récepteurs du coffret et s'assurer que tout le lyophilisat se trouve au fond du flacon.
- Enlever la capsule et le bouchon du flacon de récepteur.
- Placer un embout neuf sur la seringue.
- Prélever 0,2ml de lait à tester.
- Distribuer les 0,2ml de lait dans le flacon de récepteur.
- Reboucher le flacon et agiter doucement en tournant le flacon afin de dissoudre tout le lyophilisat.
- Mettre le flacon dans un des puits de l'incubateur stabilisé à la température de 47,8°C.
- Au bout de 2 minutes, ouvrir le flacon blanc et prendre une bandelette.
- Introduire la bandelette dans le flacon. Laisser en incubation à 47,8°C.
- 3 minutes après l'introduction de la bandelette dans le flacon, retirer la bandelette et lire immédiatement.

- **Expression des résultats**

L'apparition de trois traits roses horizontaux sur la bandelette indique que le test est négatif, c'est-à-dire, le lait ne contient pas d'antibiotiques.

L'apparition de deux traits roses horizontaux sur la bandelette indique que le test est positif, c'est-à-dire le lait contient des antibiotiques.

- ❖ Les autres analyses microbiologiques effectuées sur le lait sont illustrés dans le **(tableau N°V)**, elles sont porté sur, le dénombrement et recherche des coliformes totaux et les coliformes fécaux, de la flore totale mésophile lactique, des levures et moisissures et de bactéries pathogènes (*Salmonelle* et *staphylococcus aureus*).

I.4. Fabrication du fromage

Le fromage a été préparé au sein du laboratoire (Alimentation et nutrition) selon le diagramme présentés ci-dessous **(Figure N°6)**, avec incorporation des fines herbes de feuille de MO torréfiées à 180 C°/5 min et non torréfiées avec des différents pourcentages (1%, 1.5%, 2%).

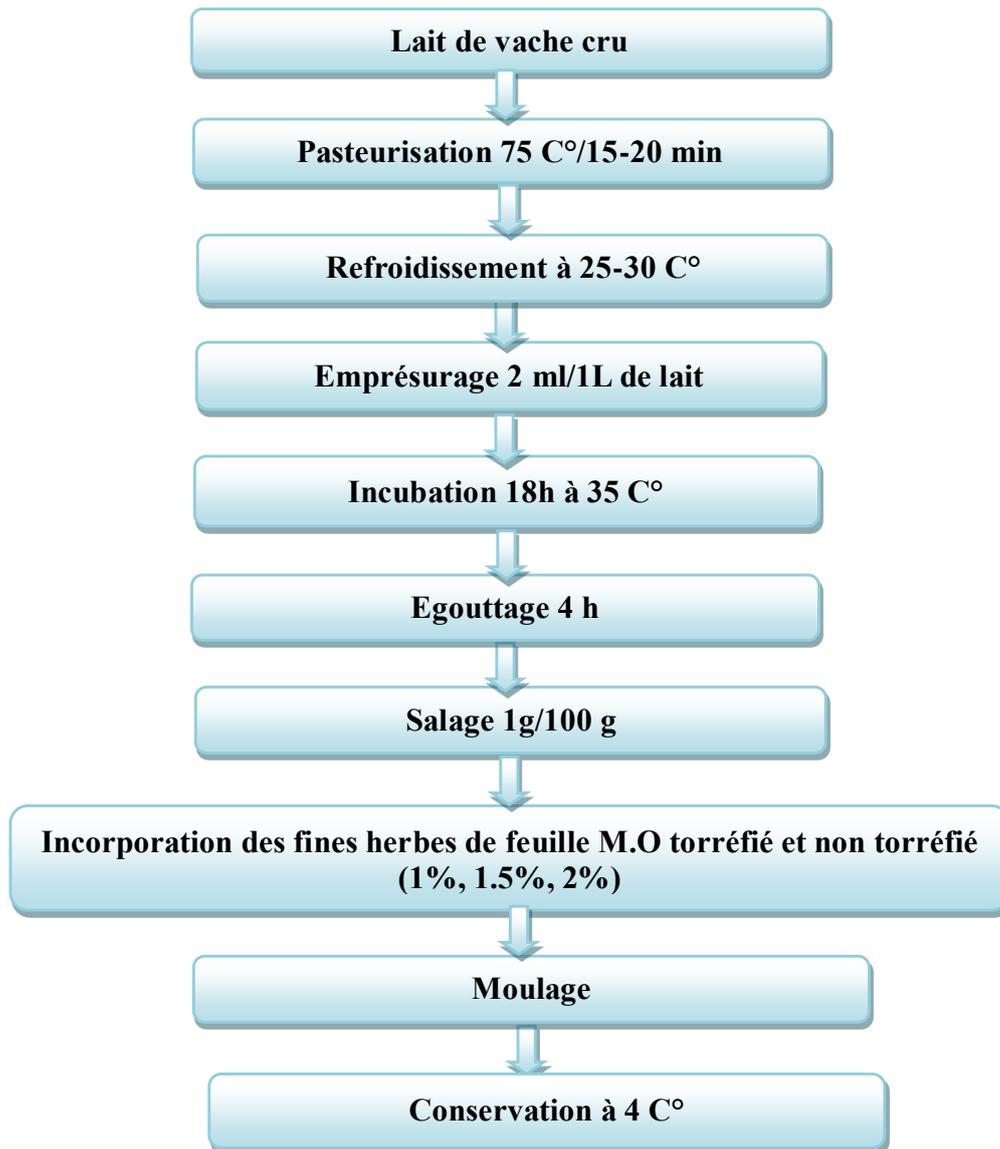


Figure N°6 : Diagramme de fabrication du fromage frais

I.5. Suivis au cours du stockage

I.5.1. Mesure du pH

- Principe

Les valeurs de pH ont été mesurées à l'aide d'un pH mètre (**Figure N°7**) le 1^{er}, 7^{ème}, 14^{ème}, 21^{ème}, et le 28^{ème} jour.



Figure N°7 : Appareil de pH mètre

I.5.2. Mesure de l'acidité

Pour le fromage, une dilution est d'abord effectuée en ajoutant 9 ml d'eau distillée à 1g de fromage (Shori et Baba, 2013).

L'acidité des différents fromages préparés est calculée chaque semaine jusqu'au 28^{ème} jour, comme suit :

L'acidité en degré Dornic est égale :

$$\text{TTA (\%)} = \frac{V(\text{NaOH}) \times 0,1 \times 0,009 \times 10 \times 100}{1000}$$

Acidité D° = TTA × 100 OÙ :

V (NaOH) : Volume de NaOH en ml utilisé pour la titration.

0,1 : Représente la concentration du NaOH (0,1N).

10 : Le facteur de dilution (10^{-1}).

100 : Le pourcentage.

0.0090 : Coefficient correspondant à l'acide lactique.

I.6. Composition physico-chimique de fromage

I.6.1. Détermination de taux de matières grasses de fromage

- **Principe**

Le taux de la matière grasse est déterminée (**Figure N°8**) par la méthode butyrométrique Van-Gulik. Les protéines du fromage sont dissoutes par l'acide sulfurique (densité : 1,5) et La séparation de MG est favorisée par l'addition de l'alcool iso-amylque (**Granville Desmet 1951**).

- **Mode opératoire**

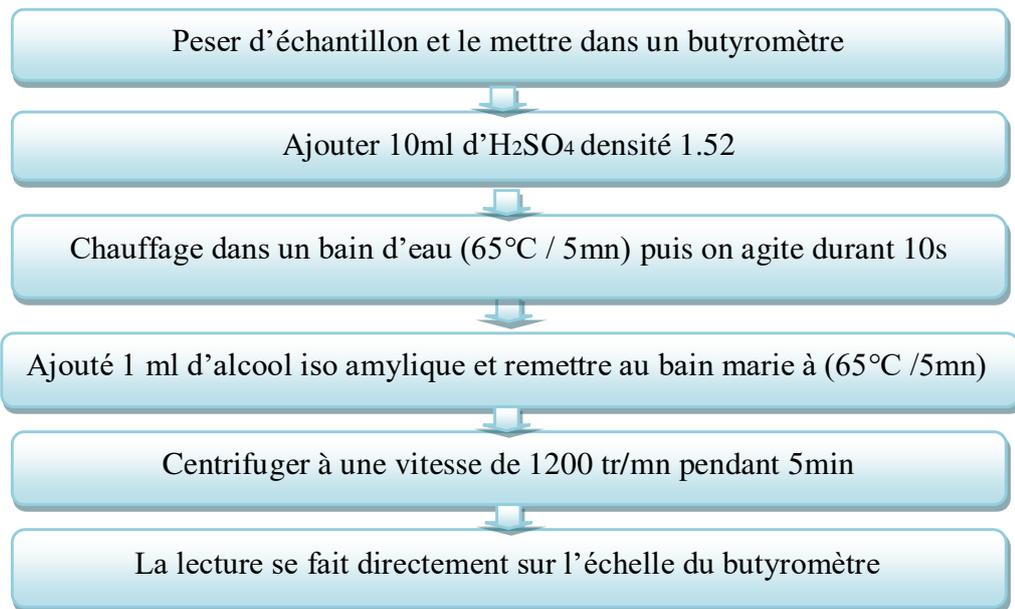


Figure N° 8 : Protocole de détermination de la teneur en matière grasse du fromage.

- **Expression de résultats**

La teneur de la matière grasse est exprimée en % et obtenue par la lecture de la graduation de butyromètre, elle est exprimée par la formule suivante :

$$\text{MG (\%)} = (B - A)$$

A: valeur correspondant à l'extrémité inférieure de la colonne grasse.

B : la valeur correspondant à l'extrémité supérieure de la colonne grasse.

I.6.2. Le Brix

- **Principe**

Le degré de Brix est déterminé à l'aide d'un réfractomètre. Il représente la matière sèche soluble présente dans échantillon et corrélé à la teneur en sucres (**Roussos *et al.*, 2011**).

- **Mode opératoire**

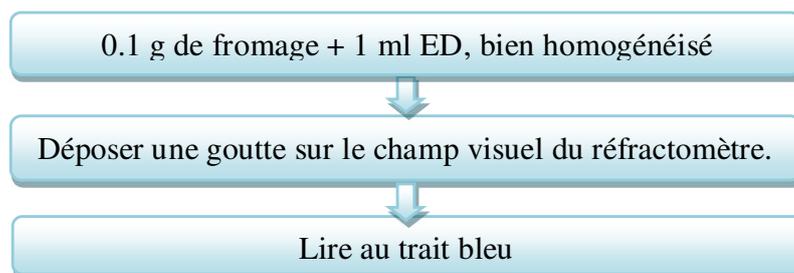


Figure N°9 : Protocole de détermination de brix.

- **Lecture des résultats**

La valeur lue correspond au pourcentage en sucre.

I.6.3. Mesure de la densité

La densité est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné du liquide considéré et la masse du même volume d'eau on a :

$$d = \rho_{\text{Fromage}} / \rho_{\text{Eau}} \text{ (Pointurier et al., 2003).}$$

La masse volumique de l'eau à 4°C est pratiquement égale à 1000Kg.m⁻³

- **Mode opératoire :**

Peser un pycnomètre vide (P_0), remplir le pycnomètre avec le fromage (P_1), peser le tout et diviser sur le volume de pycnomètre (V).

$$\text{Masse volumique de fromage} = (P_1 - P_0) / V$$

I.6.4. Détermination du taux d'humidité

- **Principe**

Le taux d'humidité est déterminé à l'aide d'un dessiccateur à infrarouge. Le mode opératoire est le même pour le lait, les résultats sont exprimés en pourcentage.

I.6.5. Détermination du taux d'extrait sec total (EST)

- **Principe**

EST est la quantité de matière sèche totale contenue dans un volume de produit, elle est exprimée en pourcentage. L'échantillon subit une dessiccation pour la détermination de taux d'humidité. Un échantillon est pesé et évaporé au moyen d'un dessiccateur à infrarouge, muni d'une balance de précision, le résultat s'affiche en pourcentage (AFNOR, 1985).

- **Expression des résultats**

$$\text{EST \%} = 100 - \text{taux d'humidité \%}$$

I.6.6. Détermination du taux d'extrait sec dégraissé (ESD)

- **Principe**

Le taux de l'extrait sec dégraissé exprime la teneur en éléments secs débarrassés de la matière grasse, beaucoup plus constante que la matière sèche totale (Veisseyre, 1975).

- **Expression des résultats**

Le taux ESD est calculé comme suit :

$$\text{ESD} = \text{EST} - \text{MG}$$

ESD : Extrait sec dégraissé.

EST : Extrait sec total.

MG : Matière grasse.

I.6.7. Teneur en sucres totaux

I.6.7.1. Extraction

La détermination des glucides totaux est réalisée par la méthode colorimétrique à l'antrone décrite par Osborne et Voogt, (1986).

- **Principe**

Dissout en milieu sulfurique concentré, l'antrone donne une couleur jaune claire, et la réaction avec les solutions des glucides une gamme assez lumineuse allant du vert au bleu-vert, en fonction de la concentration en glucide (Morris, 1948 ; Bachelier, 1966).

- **Mode opératoire**

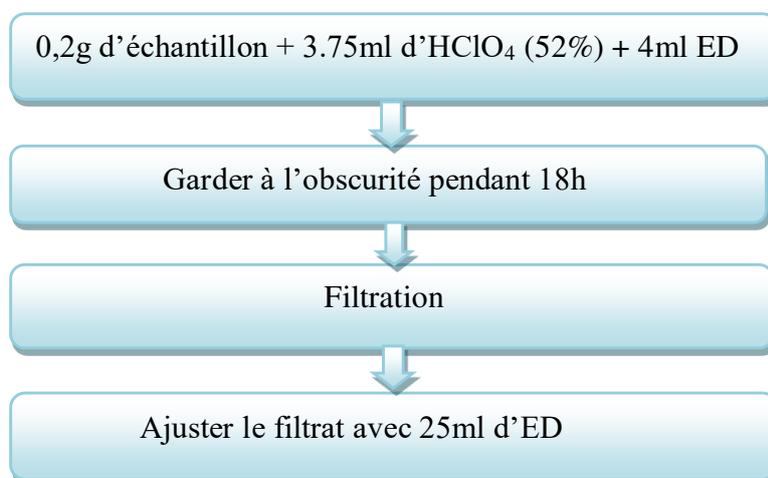


Figure N°10 : Protocole d'extraction des sucres totaux.

I.6.7.2. Dosage

Le dosage est effectué par la méthode colorimétrique à l'antrone décrite par **Osborne et Voogt, (1986)**.

Les extraits collectés sont utilisés pour le dosage des glucides totaux comme suit :

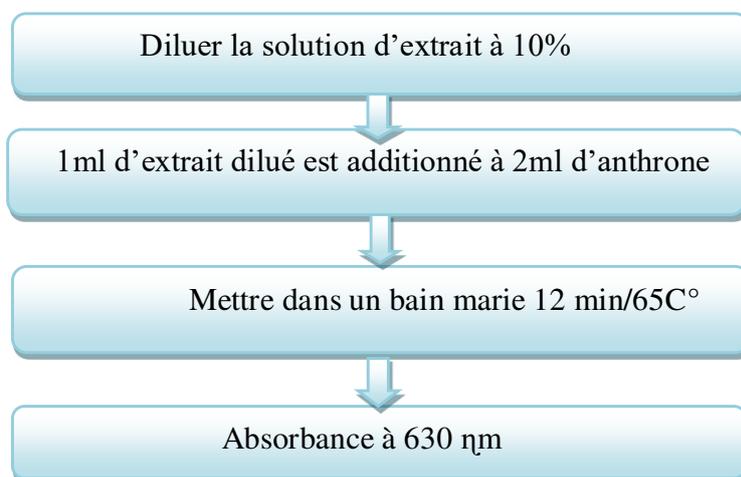


Figure N°11 : Etapes de dosage des sucres totaux.

Les concentrations en sucre totaux sont déterminées par référence à une courbe d'étalonnage obtenue avec le glucose. Les résultats sont exprimés en mg Eq G/100g MS.

I.7. Composés phénoliques et activité antioxydante

Pour l'extraction nous avons suivi la méthode décrite par **Pereira *et al.*, (2013)**. 3g de fromage ont été extraits avec 60 ml d'éthanol 80% sous agitation à 25 °C pendant 1 h suivi d'une centrifugation à 4000 g pendant 10 min. Après filtration sur papier Whatman, le surnageant a été récupéré puis stocké à 4°C.

I.7.1 Composés phénoliques

I.7.1.1. Dosage des phénols totaux solubles

- **Principe**

Le réactif de Folin-Ciocalteu mélange de l'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMo₁₂O₄₀), est réduit en présence de polyphénols en un mélange d'oxyde bleu de tungstène (W₈O₂₃) et de molybdène (Mo₈O₂₃). La coloration bleue produite est proportionnelle au taux des composés phénoliques présents dans le milieu réactionnel (**Lapornik *et al.*, 2005 ; Ribéreau-Gayon, 1968**).

- **Mode opératoire**

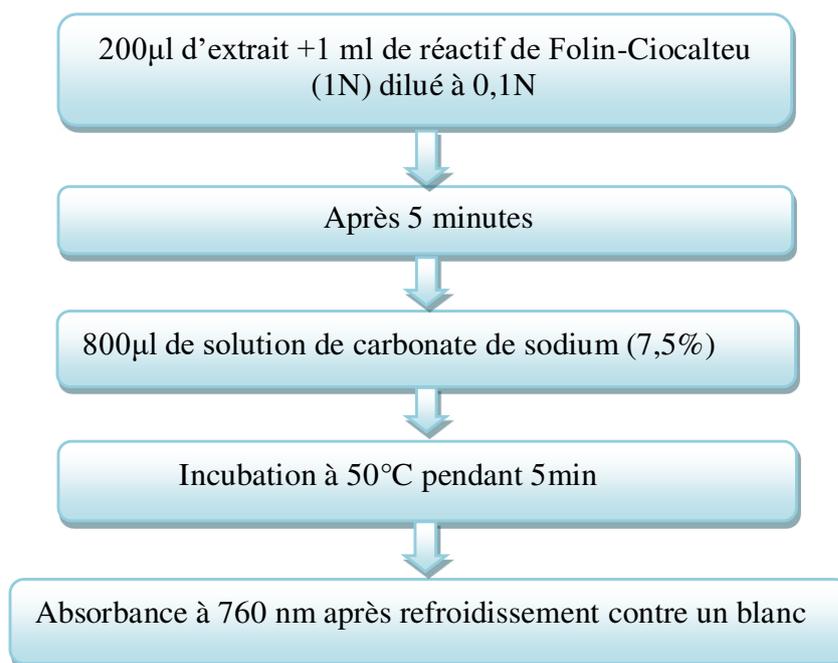


Figure N°12 : Protocole de dosage des phénols totaux solubles (Škerget *et al.*, 2005).

Les concentrations en phénols totaux solubles sont déterminées par référence à une courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique. Les résultats sont exprimés en mg Eq AG/100g MS.

I.7.1.2. Dosage des tanins condensés

Le dosage des tanins condensés est réalisé selon la méthode à la vanilline décrite par Deshpande *et al.*, (1986).

- **Principe**

Cette méthode est basée sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités des tanins condensés dans un milieu acide pour produire un complexe rouge mesuré à 500 nm (Hagerman et Butler 1989).

- **Mode opératoire**

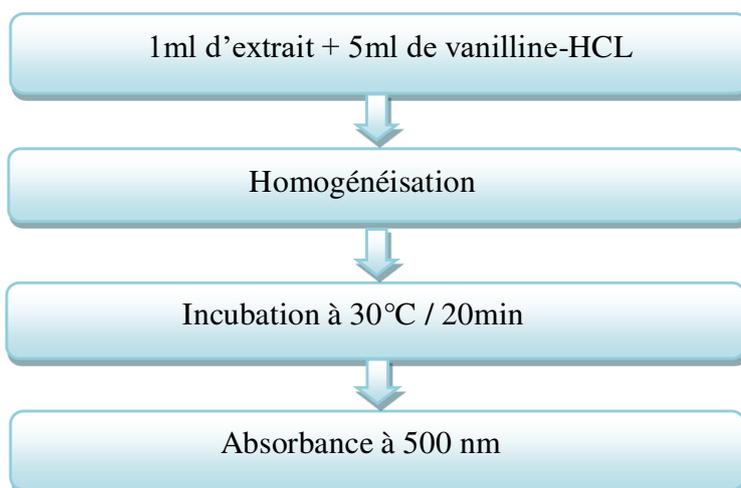


Figure N°13: Protocole de dosage des tanins condensés selon **Deshpande *et al.*, (1986)**.

La teneur en tanins condensés est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue avec la catéchine. Les résultats sont exprimés en mg Eq CAT/100g MS.

I.7.1.3. Dosage des flavonoïdes

- **Principe**

Le dosage des flavonoïdes est basé sur la formation d'un complexe jaunâtre par chélation de l'ion Al^{+3} par la réaction chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) avec les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre. La coloration jaune produite est proportionnelle à la quantité des flavonoïdes présente dans l'extrait (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

- **Mode opératoire**

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode de **Djeridane *et al.*, (2006)**. Le protocole a été réalisé comme suit :

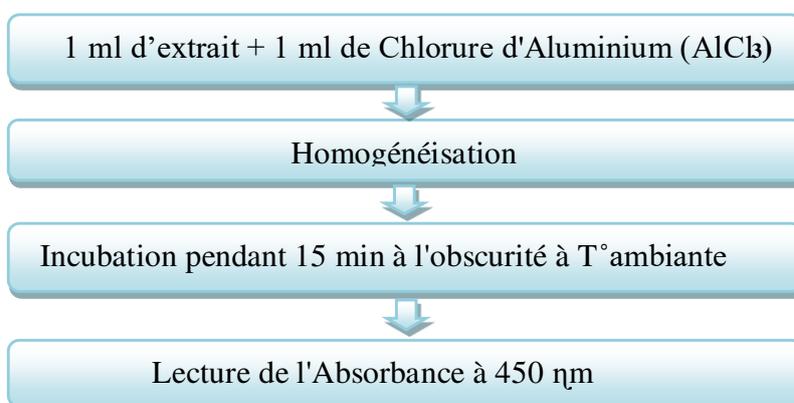


Figure N°14 : Protocole du dosage des flavonoïdes (**Djeridane *et al.*, 2006**).

La concentration en flavonoïdes a été estimée en référant à une courbe d'étalonnage préparée avec la quercétine. Les résultats sont exprimés en mg équivalent de quercétine (mg Eq Q/100g MS).

I.7.2. Activité antioxydante

I.7.2.1. Chélation du fer ferreux

- **Principe**

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

- **Mode opératoire**

La chélation du fer ferreux (**Figure N°15**) a été estimée selon la méthode décrite Par **Brand-Williams et al., (1995)**.

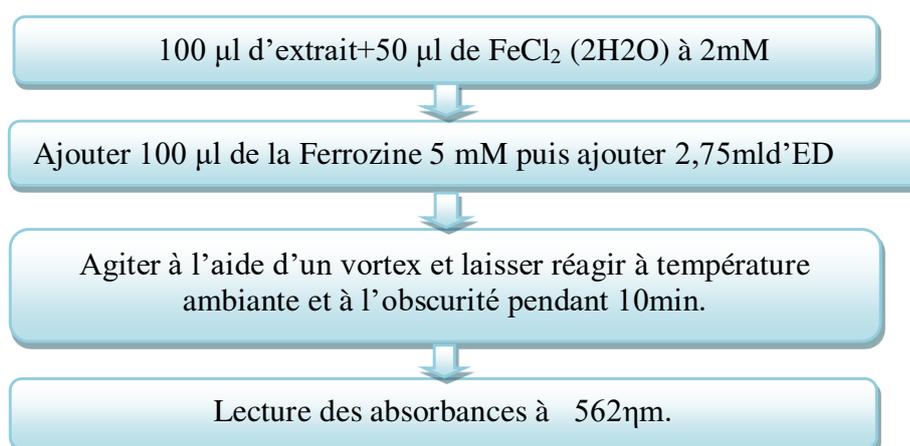


Figure N°15: Protocole de la chélation de fer ferreux

Le contrôle est préparé comme suit : 100 µl d'extrait + 50 µl ED +100 µl de la Ferrozine 5 mM + 2,75ml d'ED.

Les standards BHA, BHT, Vitamine E, sont utilisés comme chélateur de référence à une concentration de 0.002g/ml. Le pourcentage de chélation du fer est calculé selon l'équation suivante :

$$\text{Chélation (\%)} = (\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon} / \text{Abs contrôle}) \times 100$$

Abs C : Absorbance du contrôle

Abs Ech : Absorbance Échantillon.

I.7.2.2. Pouvoir réducteur

- **Principe**

Le pouvoir réducteur est estimé par l'aptitude des antioxydants présents dans les extraits à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) du complexe ferricyanure en fer ferreux (Fe^{2+}). La forme réduite de ce complexe donne une couleur verte (Ozturk, 2007).

- **Mode opératoire**

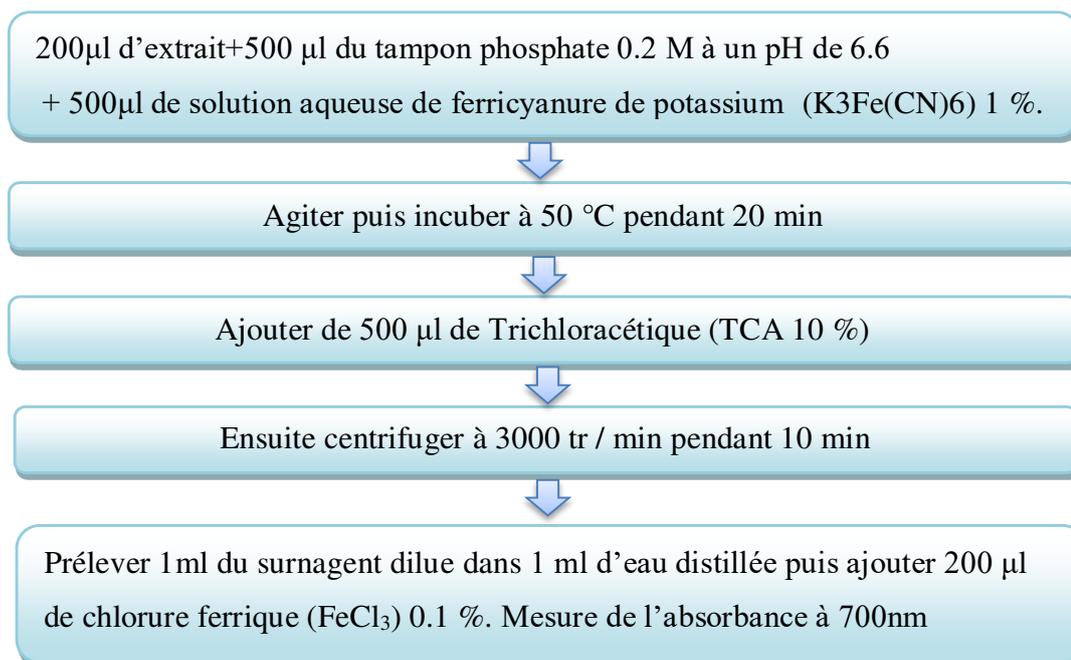


Figure N°16 : Protocole de pouvoir réducteur

La méthode décrite par **li et al., (2009)** est utilisée pour l'évaluation du pouvoir réducteur de nos extraits (**Figure N° 16**).

Le pouvoir réducteur a été déterminé en se référant à une courbe d'étalonnage préparée avec l'acide ascorbique. Les résultats sont exprimés en mg équivalents d'acide ascorbique par 100g de matière sèche (mg EAA/100g MS).

I.7.2.3. Blanchiment de β -carotène

Le test de blanchissement de β -carotène est réalisé par la méthode de **Sun et Ho, (2005)**.

- **Principe**

L'acide linoléique qui est dans un système d'émulsion aqueuse génère des radicaux peroxydes qui vont par la suite oxyder le β -carotène hautement insaturé entraînant ainsi la disparition de sa couleur rouge. La présence des antioxydants réduit l'intensité de la

destruction du β -carotène en neutralisant les radicaux libres dérivés et permet donc de prévenir l'oxydation et le blanchissement du β -carotène (Unten *et al.*, 1997).

- **Mode opératoire**

Une quantité de 0.3 mg de β -carotène est dissoute dans 1.5 ml de chloroforme. 1 ml de cette solution est additionné à 200 mg de tween 80 et 20 μ l d'acide linoléique. Le chloroforme est éliminé ensuite par évaporation et 100 ml de l'eau oxygénée diluée à 1% sont ajoutés et le mélange résultant est agité vigoureusement.

Un volume 0,1 ml de chaque extrait ou de l'antioxydant de synthèse BHA, BHT, Vitamine E est ajouté à un volume de 2 ml de l'émulsion du β -carotène/acide linoléique. Le témoin est préparé de la même manière sauf que l'extrait est remplacé par le solvant d'extraction (éthanol 80%).

La cinétique de décoloration de l'émulsion en présence et en absence d'antioxydant (contrôle remplacé par le solvant d'extraction) est suivie à 470 nm à des intervalles de temps réguliers (20 min) pendant 2 heures.

Le taux de dégradation est donné par la formule suivante :

$$\text{Taux de dégradation de } \beta\text{-carotène} = \ln (A_{t=0} / A_{t=t}) * 1/t$$

Où $A_{t=0}$ est l'absorbance initiale (470nm) à temps 0 min ; $A_{t=t}$ est l'absorbance (470nm) à 20, 40, 60, 80, 100 et 120 min, et (t) est le temps en min.

L'activité antioxydante (AA), exprimée en % d'inhibition par rapport au contrôle, est donnée par la formule suivante :

$$\text{AA} = [(\text{taux de dégradation du contrôle} - \text{taux de dégradation de l'échantillon}) / \text{taux de dégradation du contrôle}] * 100.$$

I.7.3. Mise en évidence des autres métabolites secondaires

I.7.3.1. Les tanins totaux

2 à 3 gouttes de chlorure ferrique (FeCl_3 à 2%) sont ajoutées à 1ml d'échantillon. L'apparition d'une coloration vert foncée indique la présence de tanins catéchiques, et une coloration bleue verdâtre indique la présence simultanée des types de tanins (Soulama *et al.*, 2014).

I.7.3.2. Alcaloïdes

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

I.7.3.3. Saponines

La détection des saponines est réalisée au moyen du test de **Yadav et Agarwala (2011)**. 1ml d'échantillon est ajouté à 3ml d'eau distillée. Après agitation pendant 2 min, la formation d'une mousse persistante indique la présence des saponines.

I.7.3.4. Terpenoïdes

La méthode **Kao et al., (2014)** permet de mettre en évidence la présence de terpénoïdes. 2,5 ml d'échantillons est ajouté à 1ml de chloroforme. Après homogénéisation, 1.5 ml d'H₂SO₄ concentré sont ajoutés au mélange. La formation d'une couleur brun-rouge à l'interface indique la présence de ces composés.

I.8. Analyses microbiologiques

Une solution physiologique est utilisée comme diluant dans la préparation des différentes dilutions décimales (9g de NaCl / 1l d'eau distillé). La préparation d'une solution mère par prélèvement de 1g d'échantillon dans 9ml d'eau physiologique, et les dilutions destinées à l'analyse sont réalisées à partir de la solution mère jusqu'à 10⁻⁴.

Tableau N° V : Dénombrement et recherche des bactéries dans le fromage (Guiraud et Galzy, 1980).

Germe	Milieux de culture	Dilution	Ensemencement	Incubation
Coliforme Totaux	VRBL	10 ⁻¹ 10 ⁻²	En masse	37°C/ 24h -48h
Coliforme Fécaux	VRBL	10 ⁻¹ 10 ⁻²	En masse	44°C/24h-48h
Flore totale mésophile Lactique	PCA	10 ⁻³ 10 ⁻⁴	En surface	30°C/24h
Levure et Moisissure	OGA	Solution mère	En surface	25°C/ 5jours
<i>Staphylococcus Aureus</i>	Chapman	Solution mère	En surface	37°C/24h-48h
<i>Salmonelle</i>	Hecktoen	Solution mère	En surface	37°C/24h-48h

UFC/ml = Nombre de colonies/ Volume étalé (ml) x facteur de dilution (Sun Waterhouse *et al.*, 2013).

I.9. Analyse sensorielle

Cette analyse est réalisée par un panel de sujets experts sensoriels, préalablement sélectionnés et entraînés, qui vont évaluer les produits de façon objective et répétable (Bauer *et al.*, 2010).

L'évaluation sensorielle des sept fromages frais fabriqués a été réalisée au niveau du laboratoire alimentation et nutrition de l'Université de Bejaia, par un jury expert composé de 8 sujets. Les sujets sont invités à se manifester sur les caractéristiques : couleur, odeur, goût et la texture des différents fromages. Ces sujets sont également invités à exprimer leur préférence comme illustré dans le questionnaire (Annexe V).

I.10. Analyse statistique

Toutes les déterminations ont été menées en triple et les résultats sont exprimés par la moyenne ± écart type. Les résultats ont fait l'objet d'une analyse de la variance (FACTORIAL ANOVA), suivie d'une comparaison multiple des moyennes (Test LSD) au moyen du logiciel Statistica version 5.5. Les différences sont significatives à ($p < 0,05$). Pour l'analyse sensorielle c'est XL-STAT qui a été utilisé.



**RESULTATS ET
DISCUSSION**

II.1. Analyses physico-chimique et microbiologique du lait de vache

II.1.1. Résultats d'analyse physico-chimique du lait de vache

Les résultats d'analyses physico-chimiques du lait de vache sont montrés dans le tableau suivant :

Tableau N° VI: Résultats d'analyses physico-chimiques du lait de vache.

Paramètre	Valeurs	N.A
pH (à 20°C)	6.61± 0.02	6.6 – 6.8
Acidité (°D)	16.66± 0.5	16 - 18
Humidité (%)	88.01± 0.2	-
Test d'alcool	Negatif	-
Densité	1.029 ± 0.0005	1.028 – 1.032

➤ **N.A** : Norme Algérienne du **JORA N°69 du 27 octobre 1993**.

- Un lait frais dont le lactose n'a pas encore été transformé en acide lactique a une acidité de l'ordre de 16°D (**Mathieu, 1998**), qui correspond à 1,6g d'acide lactique, cette évaluation n'est qu'une fiction, l'acidité originelle du lait n'est pas due à l'acide lactique mais à sa richesse en caséines, phosphates et citrate. C'est la raison pour laquelle on distingue l'acidité naturelle d'une acidité développée issue de la transformation du lactose en acide lactique par divers types de microorganismes (**Mathieu, 1998**).
- Les données analytiques du pH et de l'acidité du lait sont conformes aux normes du journal officiel algérien, et indiquent sa fraîcheur et sa stabilité, aussi l'absence d'altération par les microorganismes.
- La densité du lait varie entre 1,028 et 1,030 selon la NA, ce paramètre est fortement lié au taux butyreux. Plus un lait contient un pourcentage élevé en matière grasse, plus sa densité sera basse (**Vignola, 2002**).
- Le test d'alcool (68°, 72° et 80°) est négatif, (absence de coagulation dans le lait cru), cela nous renseigne que notre lait a une stabilité au traitement thermique et l'aptitude à la coagulation par la présure.

II.1.2. Résultats d'analyse microbiologique du lait de vache

Les résultats d'analyses microbiologiques du lait de vache sont montrés dans le tableau suivant :

Tableau N° VII : Résultats des analyses microbiologiques du lait.

Germes	Résultats	NA (JORA N°35 1998)
Coliforme totaux	Absence	10 UFC/ml
Coliforme fécaux	Absence	1 UFC/ml
Flore totale mésophile lactique	5.10^5 UFC/ml	$(3-300).10^5$
Levure et Moisissure	Absence	Absence
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence	10^2 UFC/ml
<i>Salmonelle</i>	Absence	Absence
Test d'antibiotique	Négatif	Négatif

- Les résultats obtenus pour le test d'antibiotique est négatif, (absence des résidus d'antibiotique dans le lait cru), cela nous renseigne que notre lait est issu d'une vache saine, non traité par les antibiotiques.
- Les résultats obtenus sont conformes aux normes algériennes (JORA N°35 1998). La législation fixe, pour chacun d'entre eux, une absence ou un seuil tolérable ; c'est à dire sans danger pour la santé humaine.

II.2. Evolution des paramètres fermentaires du fromage

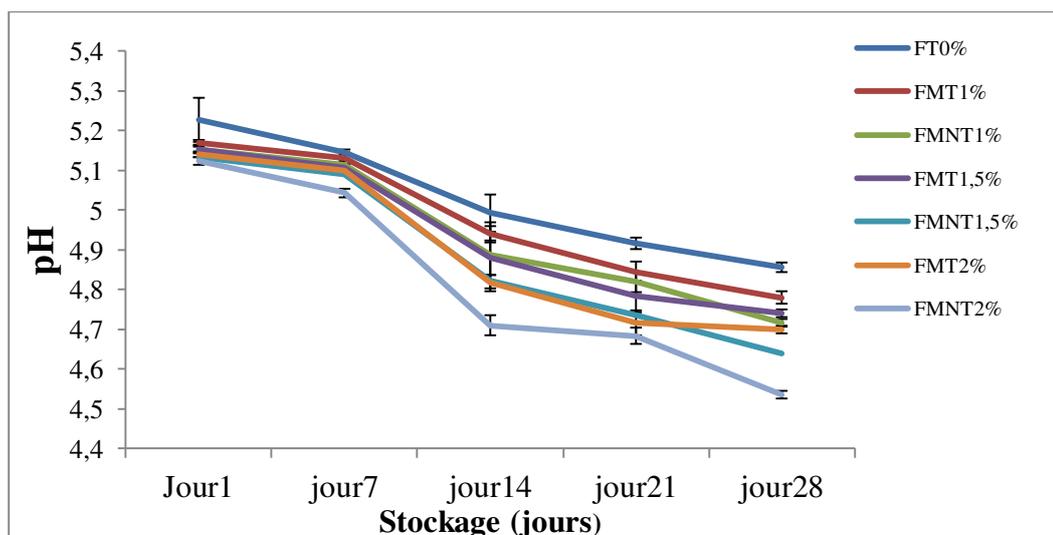


Figure N° 17: Suivis de pH au cours du stockage.

Les données résumées par la **Figure N°17**, montrent une variabilité de pH entre les différents fromages préparés au cours des 28 jours de stockage.

L'analyse statistique ne montre aucune différence significative ($p>0,05$) (**Annexe IV**) de pH au jour 1 entre les fromages incorporés aux fines herbes de feuille MO torréfié (FMT) et non torréfié (FMNT). Par contre on note une différence significative ($p<0,05$) entre le FT (fromage non incorporé) et les fromages incorporés.

La deuxième semaine (J7- J14) de conservation des fromages se caractérise par une forte baisse des pH des différents échantillons (5.14-4.99) pour le témoin, (5.1-4.81) pour FMT2% et (5.04-4.71) pour FMNT2%.

Au cours des deux dernières semaines de stockage (J14 – J28), le pH continu de diminuer progressivement, Pour atteindre une valeur de (4.99-4,85) pour le (FT), contre (4.81-4.70) pour le FMT 2% et (4.71-4,53) pour FMNT 2%.

On remarque que le pH diminue avec l'augmentation du taux d'incorporation.

Les valeurs de pH des FMNT sont plus basses que celles des FMT.

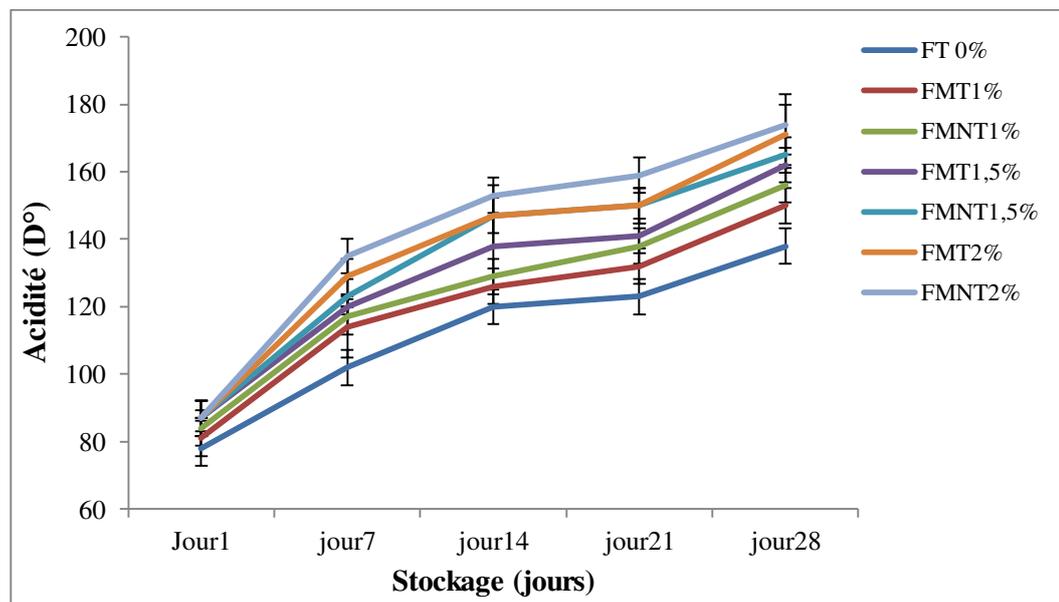


Figure N°18 : Suivis de l'acidité au cours du stockage.

Les données de l'acidité enregistré dans la **figure N°18**, le jour 1 ne révèlent pas de différence significative ($p>0,05$) entre les échantillons.

A partir du 7 au 28^{ème} jour, on observe qu'il y a une augmentation significative ($p<0,05$) de l'acidité des sept échantillons.

L'acidité des fromages incorporés aux fines herbes de feuille de *Moringa oleifera* non torréfié (1%, 1,5%, 2%), accusent une élévation de (84-156, 87-165, 87-174) D° contre (81-150, 87-162, 87-171) D° pour les fromages incorporé en MO torréfié, au cours de 28 jours de stockage.

L'acidité la plus élevée est notée pour le FMNT à 2% dans le 28^{ème} jour (174D°) alors que la plus faible est pour le fromage témoin non incorporé (138 D°) jour 28.

II.3. Composition physico-chimique des différents fromages

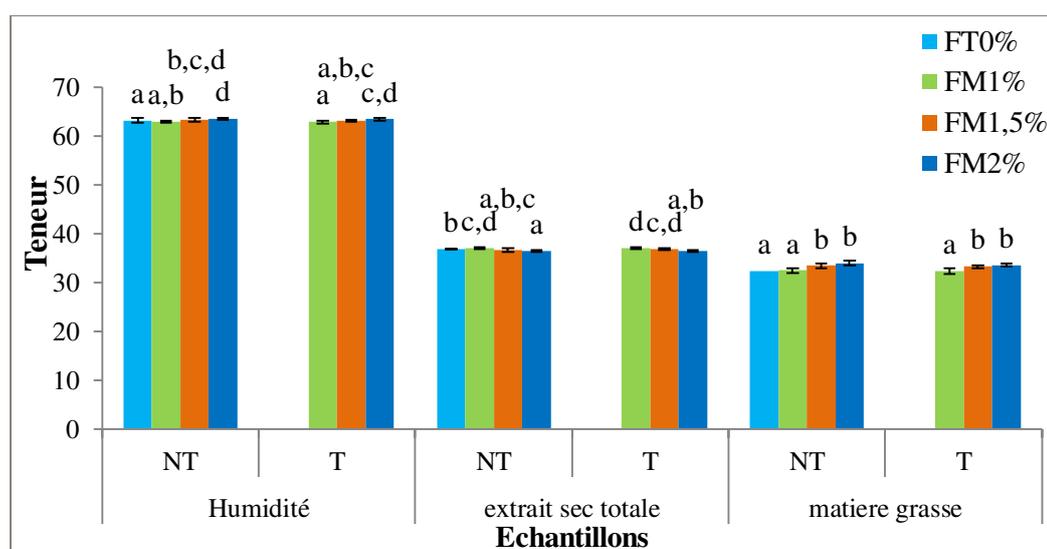


Figure N°19: Composition physico-chimiques des fromages (MG, EST, Humidité).

La **figure N°19** récapitule les résultats de la composition physico-chimique (humidité, extrait sec totale et matières grasse) des fromages incorporés avec différents pourcentage (1%, 1,5%, 2%) aux fines herbes de feuille de *Moringa oleifera* torréfiés (FMT) et non torréfiés (FMNT).

L'analyse statistique (**Annexe IV**) ne révèle pas de différence significative ($p > 0,05$) pour le taux d'humidité entre les FMT et ceux de FMNT qu'on la même concentration.

Le taux d'humidité le plus élevé est noté pour le FM 2% non torréfié (63.56%) alors que le plus faible est pour le FM 1% torréfié (62.91%).

Le taux de matière grasse augmente de 32.33 % (le témoin) à 33.66 % (FM 2% torréfié) et à 34 % (FM 2% non torréfié).

L'amplitude de ces augmentations dépend du taux d'incorporation (1%, 1,5%, 2%) et de traitement (torréfaction).

L'extrait sec total varie de 36,43 % pour le FMNT 2% à 37,088 % pour FMT 1%.

Les différentes lettres indiquent qu'il existe une différence significative ($p < 0,05$).

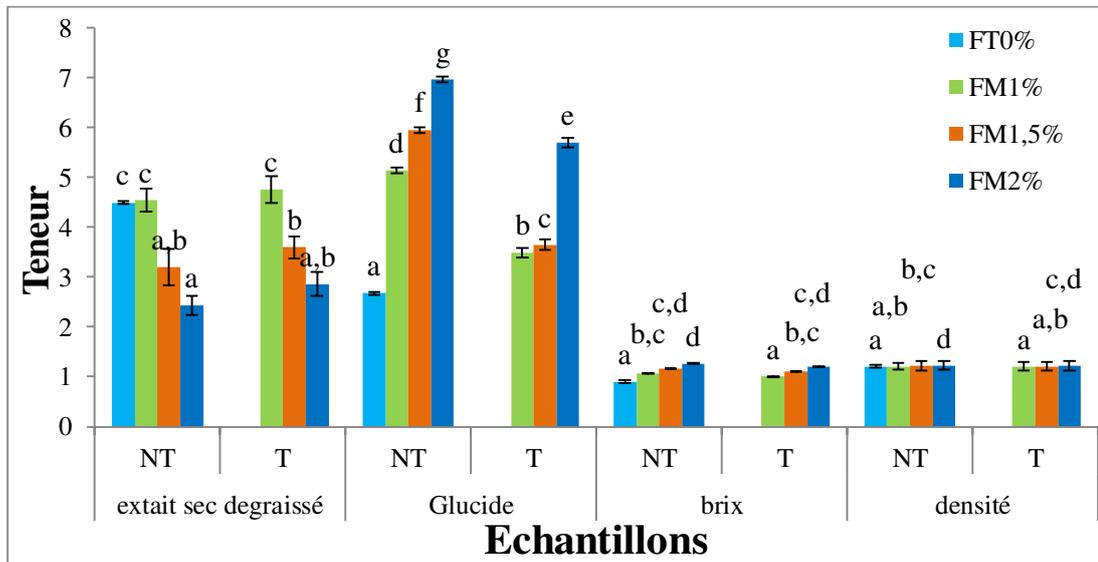


Figure N°20: Composition physico-chimique des fromages (glucose, Brix, EST, densité).

La **figure N°20** illustre les résultats de la composition physico-chimique (ESD, Glucose, Brix et la densité) des fromages enrichis avec différentes concentrations (1%, 1.5%, 2%) aux fines herbes de feuille *Moringa oleifera* torréfié et non torréfié.

L'étude statistique (**Annexe IV**) montre une augmentation significative ($p < 0,05$) de la teneur en glucose et le taux du brix pour les FM torréfié et non torréfié, en augmentant le taux d'incorporation (1%, 1.5%, 2%).

La teneur en glucides augmente significativement ($p < 0,05$), de 2.67 (FT) à 5.69 mg Eq G/100 g MS pour le (FM 2% torréfié) et 6.96 mg Eq G/100 g MS (FM 2% non torréfié), il en est de même pour le Brix qui accuse une élévation de 0.9 % pour FT (fromage non incorporé) à 1.2 % (FM 2% torréfié) et 1.26% pour (FM 2% non torréfié).

Les valeurs de la densité varient entre 1.20 pour FT à 1.22 pour FMNT et FMT 2%.

Le pourcentage de l'extrait sec dégraissé est inversement proportionnel au taux d'incorporation.

Les différentes lettres indiquent que les résultats sont significativement différents ($p < 0,05$).

II.4. Composés phénoliques et activité antioxydante

II.4.1. Composés phénoliques

II.4.1.1 Phénols totaux solubles

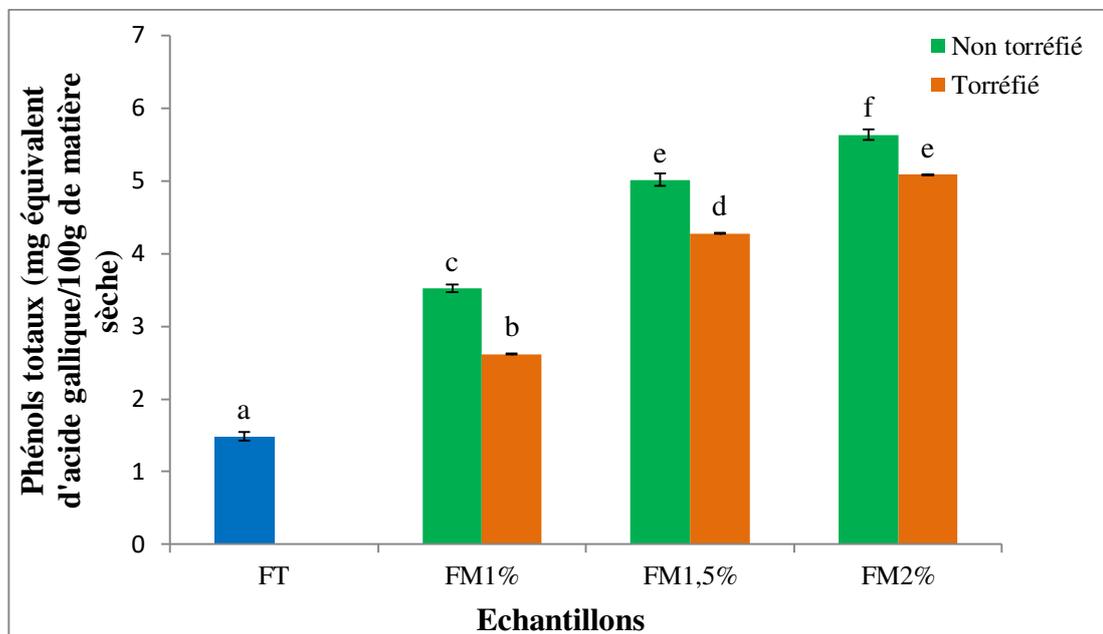


Figure N°21: Teneur en phénols totaux solubles des extraits des fromages

Les résultats présentés par la **figure N°21** révèlent une augmentation de la teneur en phénols totaux solubles dans les différents extraits des fromages enrichis, ces teneurs varient de 1,48 mg EAG/100g de MS pour l'extrait du témoin à 5,63 pour l'extrait fromage incorporé aux fines herbes de MO non torréfié à 2%.

Nos données expérimentales montrent une différence significative ($P < 0,05$) entre les sept échantillons, à l'exception des échantillons FMNT 1.5% et FMT 2% qui présentent des valeurs très proches (5.01, 5.08) respectivement.

Les extraits des échantillons incorporés en MO torréfié, ont des teneurs de phénols totaux solubles inférieures à celles trouvées pour les extraits des fromages incorporés en MO non torréfié.

II.4.1.2 Tanins condensés

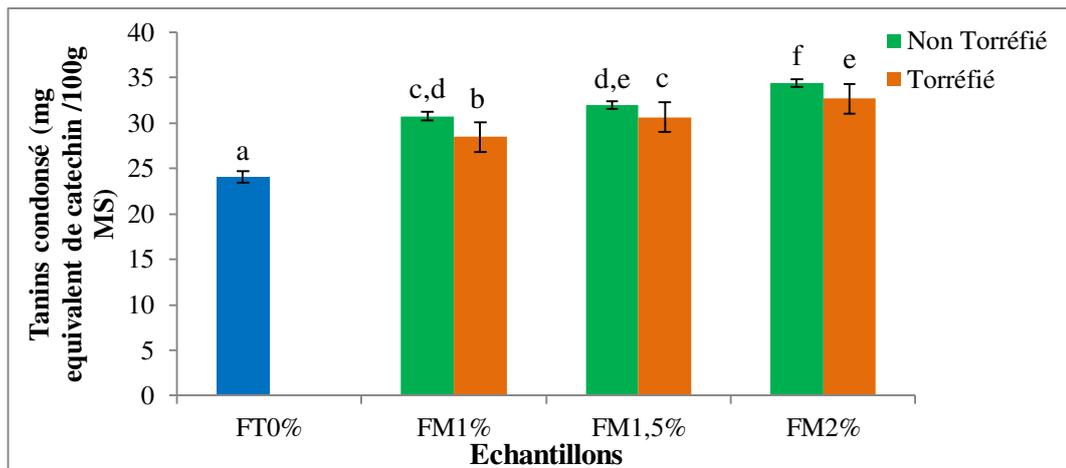


Figure N°22 : Teneurs en tanins condensés des extraits des fromages

La **figure N°22** montre que la teneur en tanins condensés est proportionnelle au taux d'incorporation aux fines herbes des feuilles de *Moringa oleifera*.

Les données statistiques des tanins condensés (**Annexe IV**) affichent une différence significative ($P < 0,05$) entre l'extrait du fromage témoin (non incorporé en MO) et les autres extraits des fromages enrichis aux fines herbes de *Moringa oleifera* torréfié et non torréfié.

La teneur la plus élevée est notée pour le fromage enrichi en MO non torréfié à 2% (34.40 mg Eq de CAT/100g de matière sèche).

II.4.1.3 Flavonoïdes

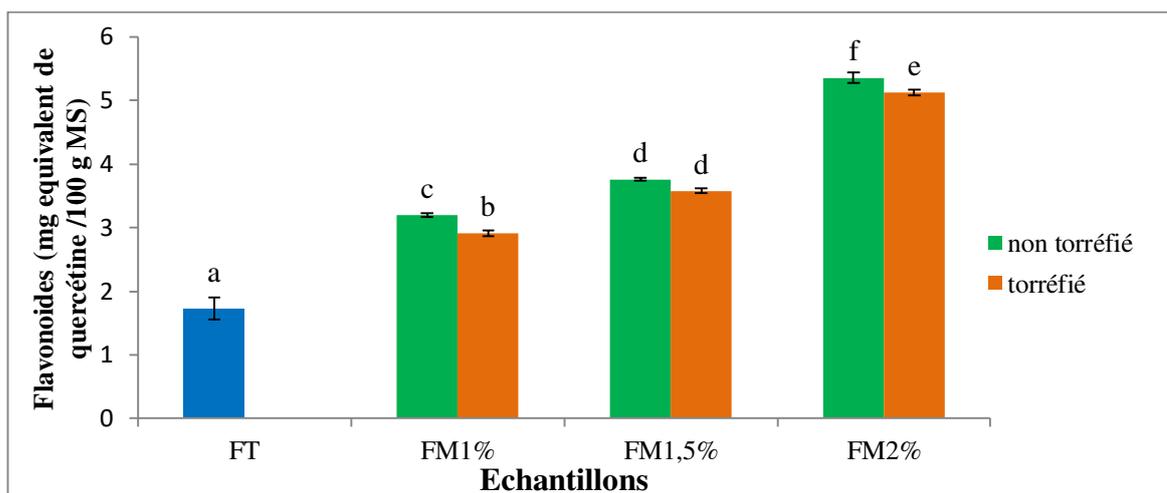


Figure N°23: Teneurs en flavonoïdes des extraits des fromages préparés

Les teneurs en flavonoïdes des sept extraits (FT), (FMNT, FMT à 1%, 1.5%, 2%) varient de 1,72 à 5,35 mg Eq Q/ 100 g de MS (**figure N°23**).

Nous observons que la teneur en flavonoïdes des extraits des fromages enrichis aux fines herbes de feuille de *Moringa oleifera* non torréfié, sont significativement ($P < 0,05$) différentes à celle des fromages enrichis par MO torréfié, sauf les fromages incorporés au même pourcentage (1,5%) qui ne sont pas différents significativement ($p > 0,05$).

L'extrait du fromage témoin se caractérise par la plus faible teneur de tous les extraits.

II.4.2. Activité antioxydant

II.4.2.1. Chélation du fer ferreux

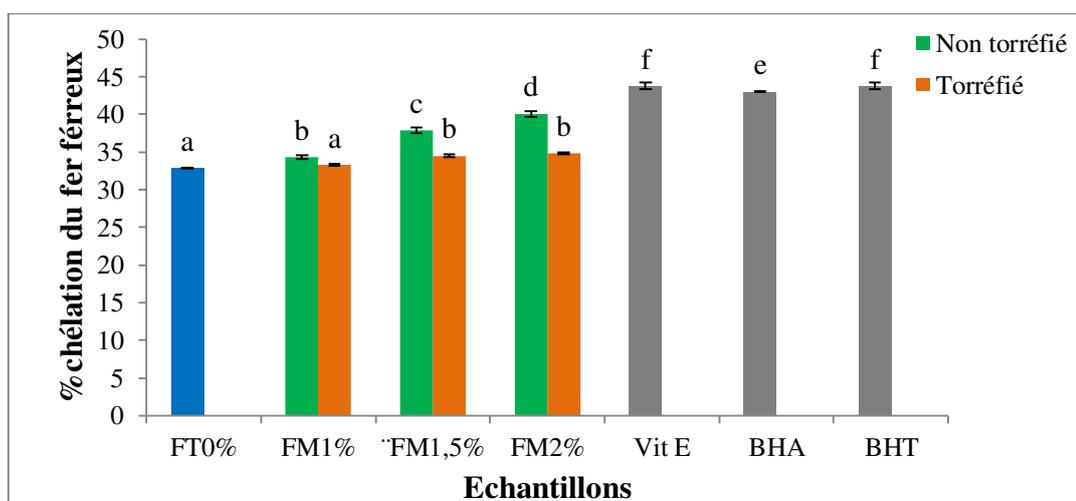


Figure N°24 : Pourcentage de chélation du fer ferreux des extraits des fromages et des standards (Vit E, BHA, BHT).

La **Figure N°24** représente le taux de chélation du fer ferreux des sept échantillons, comparé aux standards (Vit E, BHA, BHT).

L'analyse statistique (**Annexe IV**) montre que l'activité chélatrice du fer ferreux des standards est significativement ($P < 0,05$) élevée par rapport aux autres extraits.

On observe que le taux de chélation du fer ferreux des FMNT 1%, 1,5%, 2%, augmente significativement ($P < 0,05$), on augmentant le taux d'incorporation.

Les résultats statistiques n'affichent pas de différence significative entre l'extrait du témoin et l'extrait du FMT 1%.

Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

II.4.2.2. Pouvoir réducteur

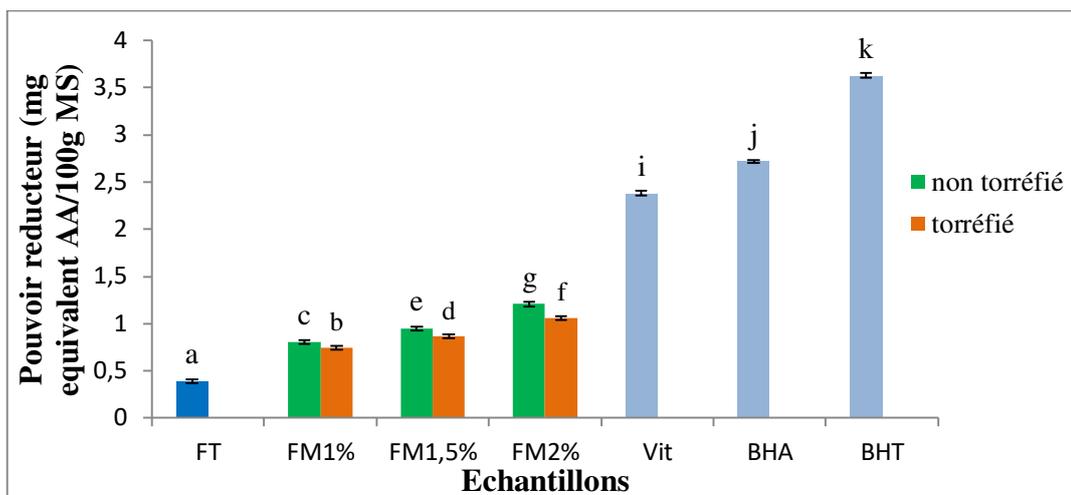


Figure N°25 : Pouvoir réducteur des extraits des fromages et des standards (Vit E, BHA, BHT).

L'analyse de la variance (**Annexe IV**) affiche une différence significative ($P < 0,05$) entre tous les échantillons.

Les standards manifestent un pouvoir réducteur significativement ($P < 0,05$) supérieur, par rapport aux sept échantillons.

Nous constatons que les valeurs de pouvoir réducteur des fromages enrichis par MO torréfié, sont significativement inférieurs à celles des FMNT.

II.4.2.3. Blanchiment de β -carotène

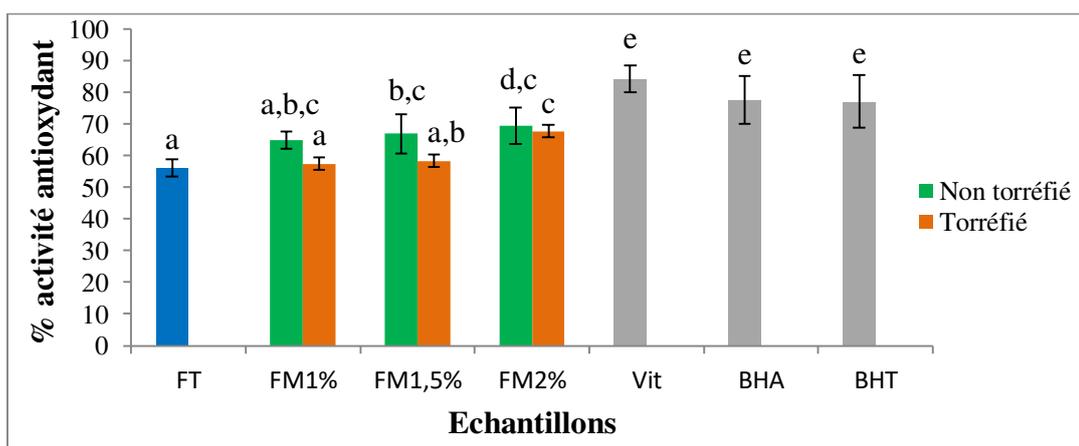


Figure N°26 : % d'activité antioxydant de blanchiment de β -carotène.

L'analyse statistique de nos données montre que le % d'activité antioxydante de blanchiment de β -carotène de nos échantillons sont significativement inférieurs ($P < 0,05$) à ceux des standards.

D'après la **figure N°26** nous constatons que, Quel que soit le taux d'incorporation, par *Moringa oleifera* soit torréfié ou non torréfié, les extraits du fromage enrichi, manifestent un % d'inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique couplée à celle du β -carotène supérieur au % du témoin.

Les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent pas une différence significative ($P > 0,05$).

II.4.3. Mise en évidence des métabolites secondaires

Tableau N° VIII : Résultats de la mise en évidence des saponines, alcaloïdes, Terpénoïdes et tanins.

	Tanins	Alcaloïdes	Saponines	Terpénoïdes
Observation	Absence de la couleur vert foncé	Absence d'un anneau brun noir	Absence de mousse persistante	Absence d'un anneau brun rouge à l'interface
Résultats	Absence	Absence	Absence	Absence

II.5. Les analyses microbiologiques

Tableau N° IX : Résultats d'analyse microbiologique des fromages élaborés

Echantillon	FT 0%	FMT 1%	FMT 1,5%	FMT 2%	FMNT 1%	FMNT 1,5%	FMNT 2%	NA (JORA N°35 1998)
Germes								
Coliforme totaux	-	-	-	-	-	-	-	10 UFC/g
Coliforme fécaux	-	-	-	-	-	-	-	1 UFC/g
Flore totale mésophile lactique	15 (10 ⁵)	18 (10 ⁵)	18,26 (10 ⁵)	18,37 (10 ⁵)	17 (10 ⁵)	17,66 (10 ⁵)	17,33 (10 ⁵)	(3-300) .10 ⁵
Levure et Moisissure	-	-	-	-	-	-	-	Absence
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	-	-	-	-	-	-	10 ² UFC/g
<i>salmonelle</i>	-	-	-	-	-	-	-	Absence

➤ (-) = Absence

Nos résultats ne mettent pas en évidence de contamination par les bactéries pathogènes qui se sont avérées absentes. La flore totale mésophile lactique des fromages incorporés et le témoin s'intègrent dans l'intervalle des normes recommandées.

Les sept fromages sont de qualité microbiologique satisfaisante, suivant les normes fixées par le **J.O.R.A, (1998)**, ceci confirme le respect des bonnes pratiques d'hygiène lors de la manipulation.

II.6. Analyse sensorielle

Avant d'effectuer les différents tests sur XL STAT, un plan d'expérience a été réalisé. Une fois les données des jurés experts sont rapportées sur un logiciel, la procédure des générations d'un plan d'expérience est lancée.

- Caractérisation du produit.
- Analyse en composantes principales (ACP).
- Classification ascendante hiérarchique (CAH).
- Cartographie de préférence.

II.6.1. Caractérisation des produits

Ce test permet de caractériser et d'identifier rapidement les produits perçus par le jury. Il s'agit d'identifier, dans le cadre de l'analyse sensorielle, les descriptions qui discriminent le mieux les produits et de déterminer leurs caractéristiques importantes.

L'apparition de la couleur bleu, indique que le coefficient du descripteur est positif (apprécié), en rouge, le coefficient est significativement négatif (non apprécié). Alors que la couleur blanche, signifie que les caractéristiques n'ont pas été détectées (**Annexe V**).

II.6.1.1. Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet d'afficher les descripteurs ordonnés de celui qui a le plus fort pouvoir discriminant sur les produits à celui qui a le plus faible. Les valeurs de la p-value sont aussi affichées.

Les résultats du test sont présentés dans la figure ci-dessous:

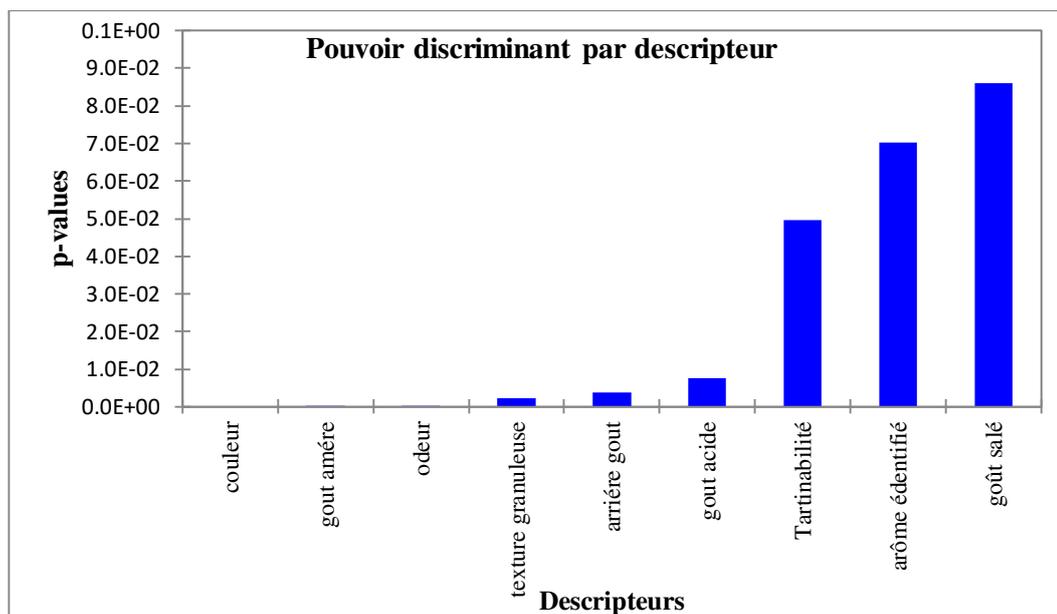


Figure N°27: Pouvoir discriminant par descripteur.

D'après la **figure N°27**, qui montre les descripteurs ordonnés de plus discriminant au moins discriminant sur les sept échantillons de fromage.

Les caractères goût salé, arôme identifié, tartinabilité, gout acide, ont un pouvoir discriminant faible. Alors on déduit que les experts n'ont pas constaté des divergences des descripteurs énumérés pour les sept échantillons dégustés.

Concernant les caractères arrière-goût et texture granuleuse, ils ont un pouvoir légèrement discriminant.

Cependant, les caractères odeur, gout amère, couleur, sont les plus discriminants. Cela prouve que les experts ont constaté des divergences de ces descripteurs pour les sept échantillons préparés avec les différents pourcentages aux fines herbes de feuille de MO.

II.6.1.2. 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.

Les résultats des moyennes ajustées par produit sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau N°X : Moyennes ajustées par produit.

	couleur	gout amère	texture granuleuse	odeur	arrière- gout	gout acide	arôme identifié	Tartinabilité	goût salé
A	4,875	4,750	3,125	3,125	4,250	3,250	4,125	3,500	3,000
B	3,250	4,000	2,625	2,875	4,000	3,125	4,250	3,250	3,250
C	2,750	3,875	2,625	2,125	4,000	3,125	3,500	3,375	3,000
E	2,500	3,625	2,625	2,125	3,875	3,000	3,875	3,625	3,250
F	2,500	3,875	2,375	2,375	3,500	2,500	3,875	3,625	2,875
D	1,750	3,625	2,500	2,125	3,250	3,125	3,875	3,125	3,125
G	1,875	3,250	2,250	2,125	3,750	2,500	4,125	3,375	3,125

Le **Tableau N°X** des moyennes ajustées par produit, permet de faire ressortir les moyennes lorsque les différents produits et les caractéristiques sont croisés. Les cellules en bleu ont une intensité très importante et supérieure à la moyenne, et celles en couleur blanche présentent une intensité moyenne, tandis que pour les cellules rouges, elles ont une intensité négative.

Les caractères couleur, gout amère, texture granuleuse, odeur et arrière-goût du fromage (A) présentent une intensité positive et très importante.

Les caractères couleur et odeur pour le fromage (B), ressemblent à ceux du fromage (A), mais, les moyennes sont moins intenses.

Pour les fromages (C) et (E), toutes les caractéristiques ont une intensité moyenne. En effet la moyenne de fromage (E) est moins intense que le fromage (C).

Pour le fromage (F), toutes les caractéristiques ont une intensité moyenne. En effet la caractérisation de gout acide ressemble à celle de fromage (G).

Pour le fromage (D), toutes les caractéristiques ont une intensité moyenne, sauf la couleur et le gout ont une intensité négative.

Les caractères couleur, gout amère, texture granuleuse et gout acide du fromage (G) présentent une intensité négative à l'inverse des caractères : odeur, arrière-gout, arôme identifié, tartinabilité et gout salé.

II.6.2. Analyse des composantes principales (ACP)

La **Figure N° 28** permet de présenter les corrélations entre les variables et les facteurs Par ACP.

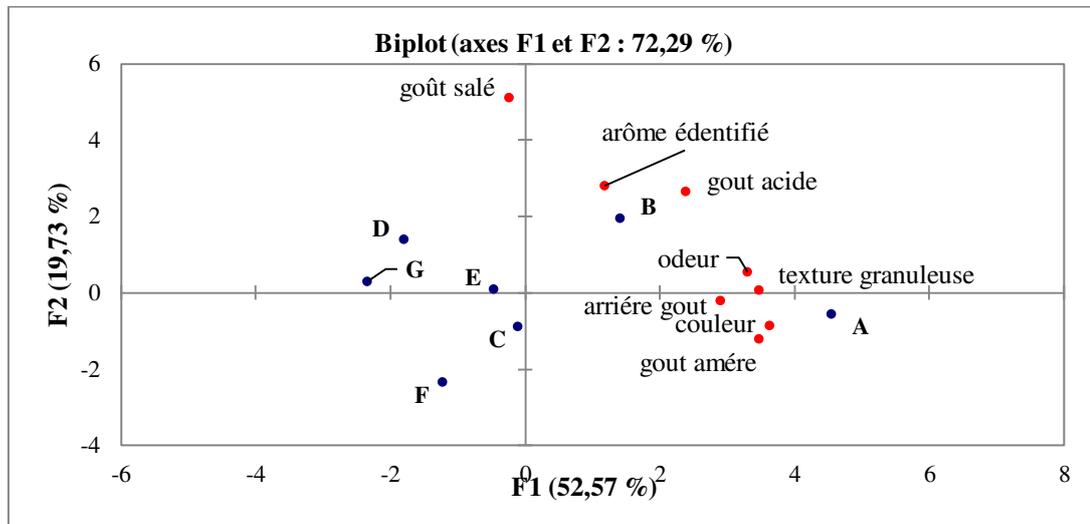


Figure N° 28 : Corrélations entre les variables et les facteurs Par ACP.

Il a été constaté que les produits ont été perçus par les dégustateurs comme assez différents vu que tous les descripteurs sont présentés dans le cercle et qu'un niveau de 72,29 % de la variabilité a été enregistré.

II.6.3. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

La classification ascendante hiérarchique est une méthode de classification qui permet 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.

Le graphe donné dans la **figure N°29** permet de représenter le profil des classes :

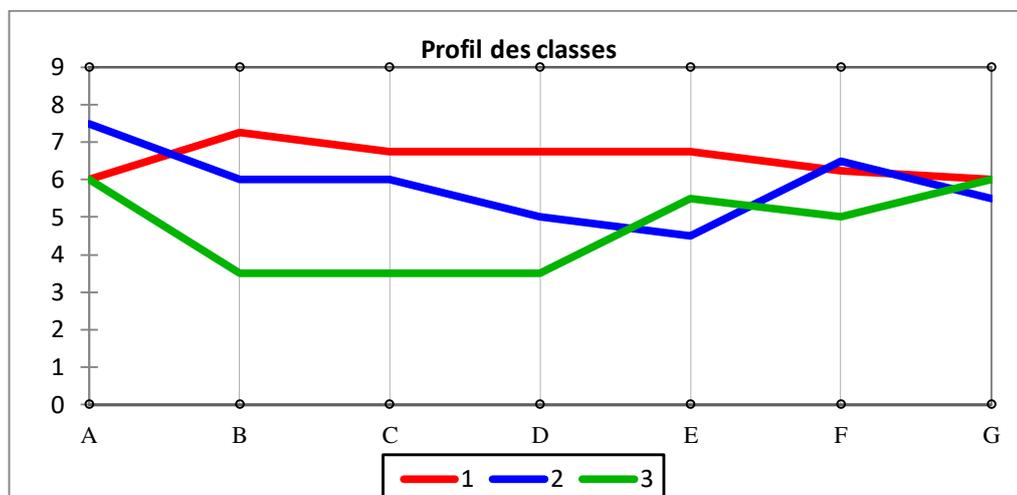


Figure N°29 : Profil des différentes classes créées.

Le graphe du profil des classes permet de comparer visuellement les moyennes des trois classes créées.

II.6.4. Cartographie des préférences

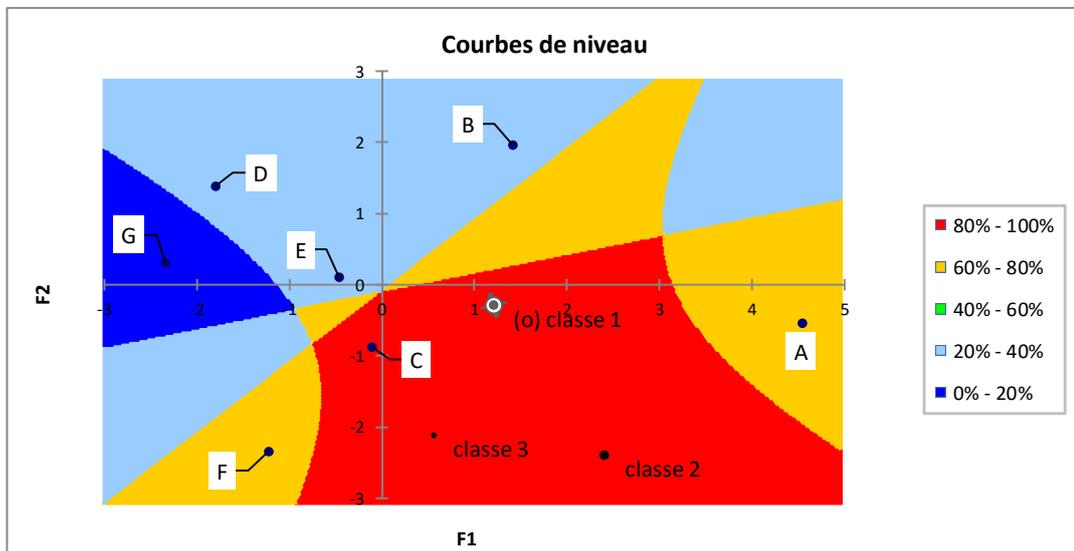


Figure N°30: La cartographie des préférences.

D'après la **figure N°30**, et les résultats de l'ACP (**figure N°28**), on remarque que les dégustateurs des trois classes favorisent le fromage (C) (80% - 100%) qui correspond au fromage frais incorporé à 1.5% aux fines herbes de feuille de *Moringa oleifera* torréfié, qu'est caractérisé par une couleur (verte clair), faible amertume, texture granuleuse (moyenne), faible odeur, arrière-gout (faible), gout acide (moyen), arôme identifier (persil), tartinabilité (moyenne) et gout salé (moyen).

Le fromage le moins apprécié (0%-20%) est le (G), qui correspond au fromage frais incorporé à 2% aux fines herbes de feuille de *Moringa oleifera* non torréfiées, qui se caractérise par une texture granuleuse (granuleuse) et un gout acide (intense).

II.7. Discussion générale

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet d'incorporation de différents taux (1% ,1.5% 2%) des fines herbes de feuille de *Moringa oleifera* et le traitement thermique (torréfaction) sur la composition physico-chimique, composés phénoliques, activité antioxydante et la qualité microbiologique et sensorielle d'un fromage formulé au laboratoire.

L'incorporation des fines herbes de feuilles *Moringa oleifera* torréfié et non torréfié a induit une diminution du pH et une augmentation de l'acidité, nos résultats sont similaires à ceux apportés par **Salama et al.,2014 ; Hassan et al., (2017) et Binjan, (2017)**. Notons que plus un lait de fromagerie est riche (caséines, protéines sériques et minéraux), plus son pouvoir tampon est élevé et plus les bactéries lactiques doivent produire de l'acide lactique à partir du lactose pour réussir à abaisser le pH. Selon **Metwalli et al., (1983)**, le facteur majeur qui induit l'augmentation de l'acidité dans un fromage frais est la production d'acide lactique.

Selon **Emilie, (2005)**, la teneur en matière grasse varie entre 0 à 60 g dans 100g de fromage frais, ce qui concorde avec nos résultats obtenus (32,33) g/100 g pour le témoin. Pour la teneur en MG des fromages enrichis nous avons constaté une augmentation de 1.67g/100g pour le FMNT 2% (34g/100g) par rapport au témoin, nos résultats correspondent à ceux obtenue par **Angela, (2006) et Hassan et al (2016)**.

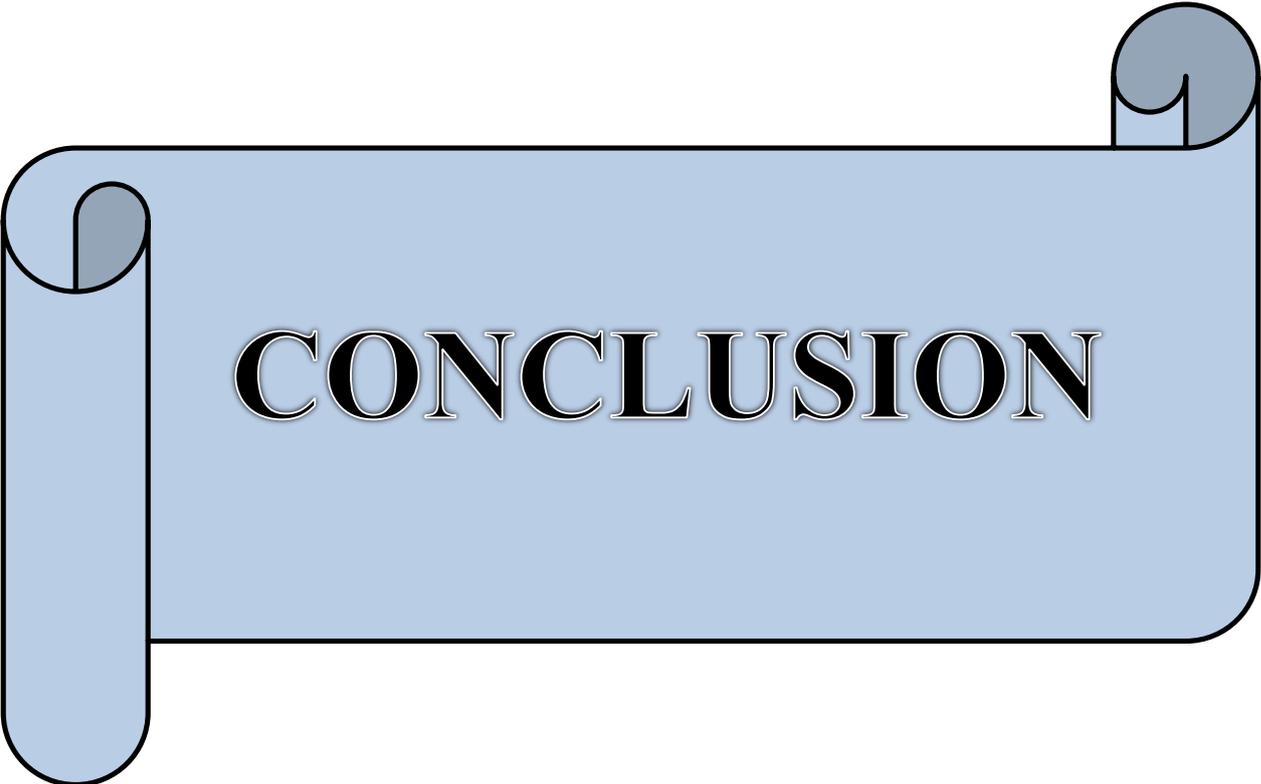
Nos données analytiques montrent une augmentation significative ($p < 0,05$) de la teneur en sucres totaux de tous les fromages enrichis, par rapport au témoin, qui sont comparables à ceux rapportés par **Hassan et al., (2017)**.

En accord avec **Salem et al., (2013) et Taiwo, (2018)** nous avons relevé que les extraits bruts des fromages à base de *Moringa oleifera* se caractérisent par une augmentation ($p < 0,05$) de leur teneurs en phénols totaux solubles, flavonoïdes et tanins condensés et manifestent une meilleure ($p < 0,05$) activité antioxydante, ce que nous amène à déduire que *Moringa oleifera* présente une source importante en composés phénoliques (**Baba et al., 2015**) et aussi une meilleure activité antioxydante (**Sumathy et al., 2013**) ; (**Awa et al., 2018**).

Nous avons relevé une diminution de teneur en sucres totaux, MG, composés phénoliques et d'activité antioxydante des extraits des fromages incorporés en *Moringa oleifera* torréfié (FMT) par rapport aux fromages incorporés en MO non torréfié (FMNT), Cette diminution nous fait dire que la torréfaction diminue la teneur en sucres totaux, MG, composés phénoliques et l'activité antioxydante comme été rapporté par **Ismail et al., (2004)** ; **Buruleanu et Manea, (2006)** et **Sboui et al., (2016)**.

Les résultats des analyses microbiologiques des sept fromages montrent clairement leur conformité aux normes et exigences réglementaires.

L'analyse sensorielle réalisée sur nos échantillons révèle que l'incorporation de *Moringa oleifera* dans le fromage a amélioré le goût sans nuire à la qualité, ces résultats sont comparable à ceux observés par **Badoms et al., (2014)** ; **Nirina, (2015)** et **Salem et al., (2015)** Notant que le fromage incorporé en *Moringa oleifera* torréfié à 1,5 % est fortement apprécié par les 8 jurés experts. À partir de ces résultats nous ne concluons que la torréfaction à améliorer la qualité organoleptique des fromages enrichis.



CONCLUSION

Conclusion et perspectives

Le présent travail a pour but d'étudier l'effet d'incorporation des fines herbes de feuille de *Moringa oleifera* traité (torréfié), cultivée dans la wilaya de Jijel dans la formulation et préparation d'un fromage frais.

L'addition de feuilles de *Moringa oleifera* au fromage favorise l'activité bactérienne productrice d'acide lactique et s'accompagne d'une diminution du pH (5.22 pour le FT, 4.53 pour FMNT2%) et augmentation de l'acidité titrable (78 D° pour FT, 174 D° pour FMNT2%).

Grace à la qualité de sa composition biochimique, les feuilles de *Moringa oleifera* a induit un enrichissement qualitatif et quantitatif significatif du contenu du fromage en éléments nutritifs (matière grasse, sucres totaux).

Cette étude révèle que *Moringa oleifera* a conféré au fromage élaboré une richesse en composés phénoliques : phénols totaux solubles (5.63 mg Eq AG/100g de MS pour FMNT 2%), tanins condensés (34.40 mg Eq CAT/100 g MS pour FMNT 2%), flavonoïde (5.35mg Eq Q/100g MS pour FMNT 2%) accompagnée d'une augmentation de son activité antioxydante obtenue, pouvoir réducteur (1.20mg Eq AA/100g MS pour FMNT 2%), chélation de fer ferreux (40.09% pour FMNT2%) et blanchiment de β -carotène (69.33% d'activité antioxydante pour FMNT 2%).

Cette étude montre que la torréfaction fait diminuer la teneur en sucres totaux, MG, composés phénoliques et l'activité antioxydante des fromages enrichis, par contre elle améliore la qualité sensorielle.

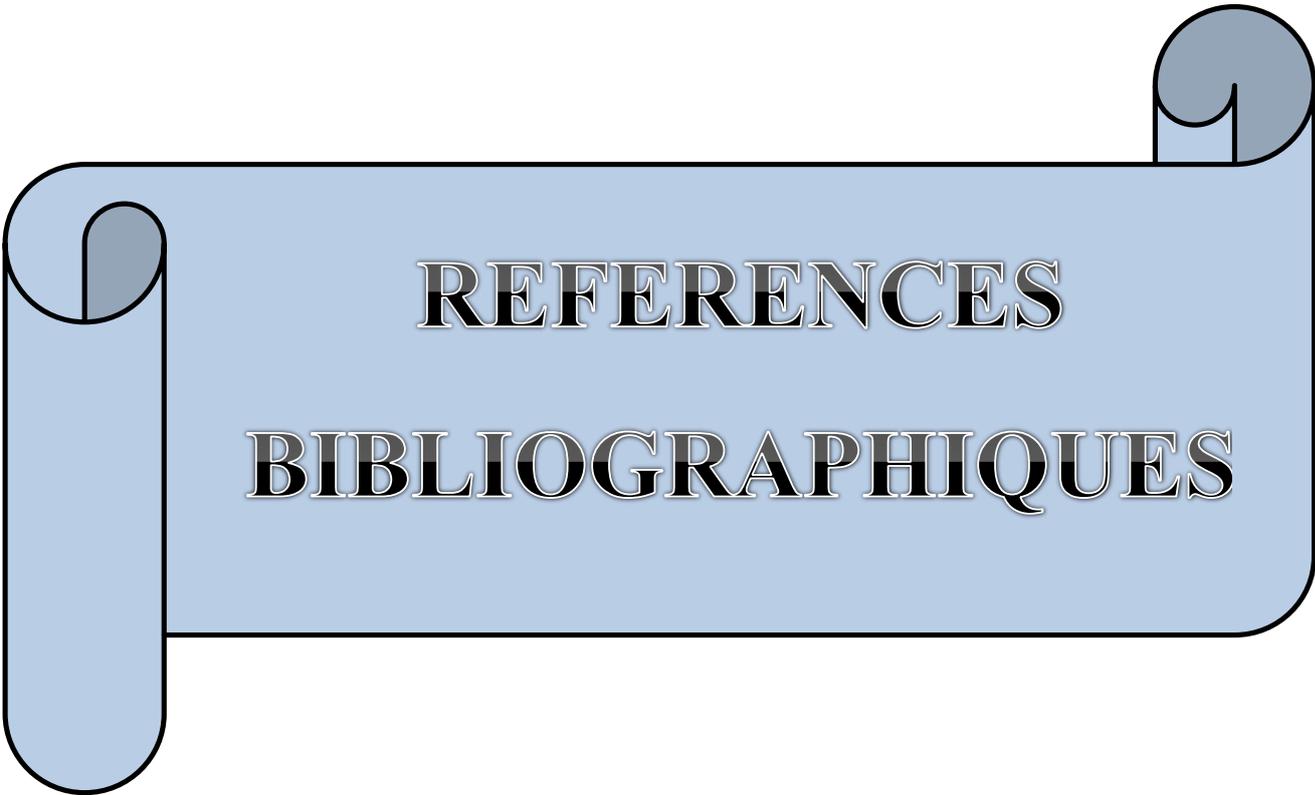
La qualité microbiologique du fromage enrichi est satisfaisante et ne présente pas de pathogénicité particulière.

Toutefois l'analyse sensorielle nous a révélé une forte appréciation pour le fromage enrichi en feuilles de *Moringa oleifera* torréfié par rapport au non torréfié.

Conclusion et perspectives

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

- Application de *Moringa oleifera* à d'autres modèles de fromage (fromages affinés).
- Réaliser l'incorporation des feuilles de *Moringa oleifera* avant l'emprésurage.
- Suivre l'évolution de la composition chimique du fromage au cours de la conservation du 1er jour au 28ème jour ; voir les acides aminés essentiels, la solubilité des protéines, l'influence de la teneur en fibres, évaluation qualitative du fromage pendant la durée d'un mois.



REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Référence bibliographique

A

- **Abi-azar R. (2007).** Complication des protéines lactières par les extraits de gousses vertes de caroubier Propriétés technologiques des coagulums obtenus. Thèse de doctorat. Agroparistech, 197p.
- **Afnor. (1980).** Contrôle de qualité des produits laitiers. Analyses physiques et chimiques, Ed, AFNOR, Paris, 205p.
- **Afnor. (1985).** Contrôle de la qualité des produits laitiers –Analyses physiques et chimiques, 3ème édition : 107-121-125-167-251(321 pages).
- **Agroconsult. (2016).** Analyse des Potentialités de l'Exploitation du Moringa en Haïti, ministère de l'agriculture, des ressources naturelles et du développement rural (marndr).P 211, Haïti.
- **Alloggi V., Caponio F., Pasqualone A., Gomes Tommaso. (2000).** Effect of heat treatment on the rennet clotting time of goat and cow milk. Food Chemistry, 70: 51-55.
- **Amana K. (2007).** Les anacardiaceae du togo : les études botaniques, écologiques et Propriétés antifongiques. Thèse de doctorat de l'université de reims champagne ardenne.182.Antioxydant activity of stem and root of extract of rhubarb (*Rheumribes*): An edible medicinal plant. Food chemistry, 103: 623-630.
- **Anema S.G., Lee S.K., Klostermeyer H. (2005).** Effect of pH at heat treatment on the hydrolysis of κ -casein and the gelation of skim milk by chymosin. LWT Food Science and Technology, 40: 99-106.
- **Angela R. M. (2006).** La *Moringa*, Antanarivo (Madagascar).
- **Anwar F., Ashraf M., Bhangar M.I. (2005).** Interprovenance variation in the composition of *Moringa oleifera* oil seeds from Pakistan. J. Am. Oil Chem. Soc., 82: 45–51.
- **Ashfaq M., Basra S.M., Ashfaq U. (2012).** Moringa: A Miracle Plant for Agro-forestry. J. Agric. Soc. Sci, 8 : 115–122.
- **Awad S. (2005).** Effect of sodium chloride and pH on the rennet coagulation and gel firmness. LWT – Food Science and Technology, 40: 220-224.
- **Awa N. SY., Alioune D.F., Mamadou N., Khadim N., Rokhaya S.G., Emmanuel B., Amadou M.D et Guata Yoro S.Y. (2018).** Evaluation de l'activité antioxydante des feuilles de *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) du Sénégal. Int. J. Biol. Chem. Sci, 12(4): 1816-1823.

Référence bibliographique

B

- **Baba M. D., Yakubu G., Yelwa J. M., and Haruna L. (2015).** "Costs and Returns of Moringa (*Moringa oleifera*) Production in Zuru Local Government Area of Kebbi State, Nigeria." *New York Science Journal*, 8(1) : 36-40.
- **Bachelier G. (1966).** Les sucres dans le sol et leur dosage global. Cah. ORSTOM. sér. Pgdol., IV, 1.
- **Bauer W.J., Badoud R., Loliger J., Etaurnaud A. (2010).** Science et ère Technologie des Aliments, chap. 3 Lipides, chap. 11 Analyse Sensorielle, 1 éd. Presses polytechniques et universitaires, Italie, ISBN : 978-2-288074-754-1, p. 636-643, p. 167-168.
- **Bennett R.J. and Johnston K.A. (2004).** General Aspects of Cheese Technology. Pp 23-50. In *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 2 Major Cheese Groups*. Third edition, Ed. P.F. FOX, P.L.H. MCsweeney, T M. Cogan and T.P. guinee. amsterdam. 434p.
- **Binjan K. P., Sunil M. P. and Suneeta V., Pinto. (2017).** Development of unique buttermilk by incorporation of *Moringa*. *Journal of Applied and Natural Science*, 9 (1): 466 – 475.
- **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.
- **Budza K.M. (2011).** Evaluation de la qualité physico-chimique du lait cru produit par les petits éleveurs du territoire de Kabare, Sud-Kivu, TFE, Université Evangélique en Afrique, Bukavu, RD Congo, 54 p.
- **Buruleanu L., Manea I. (2006).** Influence des traitements thermiques sur la composition des jus vegetaux substrats pour la fermentation lactique. scientific study & research Vol. VII (3).

C

- **Carson A., Hill C., Olson N.F. (1987).** Kinetics of milk coagulation: III mathematical modelling of the kinetics of curd formation following enzymatic hydrolysis of kappa-casein-parameter estimation. *Biotechnology and Bioengineering*, 29: 601-611.

Référence bibliographique

- **Carole L., Vignola. (2002).** science et technologie du lait : transformation du lait. Presses internationales polytechnique. Canada. 54-55p.
- **Cayot P., Lorient D. (1998).** Structures et Technofonctions des Protéines du Lait. TEC & DOC Lavoisier: Paris, 363 p.
- **Choisy C., Desmaeaud M., Gueguen M., Lenoir J., Schmidt J., et Tourneur C. (1997).** Les phénomènes microbiens, Dans Le fromage (Coord., Eck A. et Gillis J.C.), 3ème ed., Tec et Doc. Lavoisier. pp 377.

D

- **Dalgleish D. G. (1983).** Coagulation of renneted bovine casein micelles: dependence on temperature, calcium ion, concentration and ionic strength. Journal of Dairy Research, 50: 331-340.
- **Dalgleish D.G. (1992).** The enzymatic coagulation of milk. Advanced Dairy Chemistry Proteins, 1: 579–619.
- **D'Ambrosio A., Rossano R., Ungaro N. and Riccio P. (2003).** Proteolytic and milk clotting activities in extracts obtained from crustaceans Munida. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, 22:145-150.
- **Daviau C., Famelart M.H., Pierre A., Gougedranche H., Mauboi J.L. (2000).** Rennet coagulation of skim milk and curd drainage: effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment. Lait, 80: 397-415.
- **De saint Sauveur A. et Broin M. (2006).** L'utilisation des feuilles de Moringa oleifera contre les carences alimentaires : un potentiel encore peu valorisé. Stratégies, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique. Accra, Ghana. www.moringanews.org.
- **De saint sauveur A. et Broin M. (2010).** Produire et transformer les feuilles de Moringa, imprimerie Horizon à Gémenos, 69p. Disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 12/04/2019.
- **Desobry-Banon S. (1991).** Modification de la structure des micelles de caséine lors de l'acidification du lait par hydrolyse de Glucono-Delta-Lactone. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine. 170p.

Référence bibliographique

- **Deshpande S. S., Cheryan M., Salunkhe., D. K. et Luh B. S. (1986).** Tannin analysis of food products. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 24(4): 401-449.
- **Dhakar R. C., Maurya S. D., Pooniya B. K., Birwa N., Gupta M. and Sanwarmal. (2011).** Moringa: the herbal gold to combat malnutrition. *Chronicles Young Sci.* 2:119–125.
- **Djeridane A., Yousfi M., Nedjmi D., Boutassouna D., Stoker P., Vidal N. (2006).** Antioxidant activity of some medical plants extracts containing phenolic compounds *foods chemistry*, 97: 654-660.

E

- **Eck A. (1987).** Le fromage. Lavoisier, 2eme édition, Paris. P. 529.
- **Eck A. et Gillis J.C. (1997).** Le fromage. Technique et documentation Lavoisier, paris. 886p.
- **Emilie F. (2005).** Connaissance des aliments : bases alimentaire et nutritionnelles de la diététique. Institut de commerce et de gestion (ICOGES), Edition TEC & DOC, Lavoisier, paris.p49.

F

- **Famelart M.H. (2004).** Environnement minéral et propriétés de gélification des caséines. In *Minéraux et Produits Laitiers*. TEC & DOC Lavoisier: Paris. 585-613.
- **FAO. (1998).** Le Lait et les Produits Laitiers dans la Nutrition Humaine.
- **Fahey J.W. (2005).** Moringa oleifera: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. *Trees Life J* 1: 1–15.
- **Fuglie L.J. (2002).** Le Moringa dans la médecine traditionnelle (141-148) In : *L'arbre de la vie, Les multiples usages du Moringa*.-Wageningen : CTA; Dakar: CWS.-177p.
- **Foidl N., Makkar H. and Becker K. (2001).** "Potentiel de Moringa oleifera en agriculture et dans l'industrie." *Potentiel de développement des produits de Moringa*. Dar es-Salaam, Tanzanie.
- **Fortin D., Lô M. et Maynard G. (1997).** *Plantes médicinales du Sahel*.- Dakar : Enda-Editions. 280p.

Référence bibliographique

- **Fox P.F., Snigh T.R. and Sweney M.C. (1994).** Proteolysis in cheese during ripening. In : Biochemistry of milk products. (ed. Fox P.F.) p. 1-31, The Royal Society of chemistry.

G

- **Gilani A.H., Aftab K. et Shaheen F., (1992).** Antispasmodic activity of active principle from *Moringa oleifera*. In Natural Drugs and the Digestive Tract, Capasso F., Mascolo N (eds). EMSI: Rome: 60-63.
- **Gillis J.C. (1997).** Définition du fromage et normalisation. In : Le fromage de la science à l'assurance qualité, 3^{ème} édition, Paris, PP. 846-849.
- **Guiraud J. et Galzy P. (1980).** L'analyse microbiologique dans l'industrie alimentaire. Edition : l'Usine Nouvelle. Paris. 234p.
- **Granville A. et Desmet F. (1951).** "Détermination de la teneur en matière grasse des fromages, au moyen du butyromètre Gerber." Le lait, 31(308) : 501-505.
- **Grosseron. (2018).** Beta Star, Beta-starS, antibiotique dans le lait (détection), Matériel & consommable, Equipements, consommables, réactifs pour laboratoires. https://www.grosseron.com/beta-star-beta-star-combo_48-747-1-1338-1-13946.html
Consulté le 13 /05/2019.
- **Gopalakrishnan L., Doriya K. and Kumar D. S. (2016).** *Moringa oleifera*: a review on nutritive importance and its medicinal application. Food Sci. Hum. Wellness, 5:49–56.

H

- **Hagerman A.E, Butler L.G, (1989).** Choosing appropriate methods and standards for assaying tannin. Journal of chemical ecology, 15:1795-1810.
- **Hassan F.A.M., Bayoumi S.M., Mona A.M., Abd El-Gawad A.K., Enab and Youssef Y.B. (2016).** Utilization of *Moringa oleifera* Leaves Powder in Production of Yoghurt. International Journal of Dairy Science, 11 (2): 69-74.
- **Hassan F.A.M., Enab A.K., Abdel-Gawad M.A.M., Hala M. B et Youssef Y.B. (2017).** Utilisation de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* dans la production de fromage blanc à pâte molle. Journal international de la science laitière, 12: 137-142.
- **Hayaloglu A. A et Farkye N. Y. (2011).** Cheese with Added Herbs, Spices and Condiments. Encyclopedia of dairy sciences, p: 783-789.

Référence bibliographique

- **Hernandez P.J. A. (2002).** Étude de la torréfaction : modélisation et détermination du degré de torréfaction du café en temps réel. Thèse de doctorat, Ensia, Massy, 109p.
- **Humme H.E. (1972).** The optimum pH for the limited specific proteolysis of κ -caséine by rennin (primary phase of milk clotting). Netherlands Milk Dairy Journal, 26: 180-158.
- **Holt C. (1997).** The milk salts and their interaction with caseins. In Advanced in Dairy Chemistry: Lactose, Water, Salts and Vitamins (Vol. 3). Chapman & Hall: London: 233-256.
- **Hêdji C. C., Kpoguè Gangbazo D.N.S., Houinato M. R. et Fiogbé E .D. (2014).** Valorisation de Azolla spp, Moringa oleifera, son de riz et de coproduits de volaille et de poisson en alimentation animale, Journal of Applied Biosciences 81:7277 – 7289, pp.7277-7289, Benin, ISSN 1997–5902.

I

- **Ismail A., Zamaliah M., Marjan., Chin W. F. (2004).** Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. Food Chemistry, 87 : 581–586.

J

- **Jacques M, (1998).** Initiation à la physico-chimie du lait. Technique et documentation. p338.
- **Jeantet R., Croguennec T., Schuch P. et Brulé G. (2007).** Science des aliments : Biochimie Microbiologie - Procédés - Produits, Vol 2 : Technologie des produits alimentaires, Tech et Doc, Paris. 456 pp.
- **Jeantet R., Groguennec T., Mahaut M., Schuck P. et Brulé G. (2008).** Fromage, Les produits laitiers, 2ème édition, Tec & Doc, Lavoisier, pp. 37-54.
- **Journal officielle de la république algérienne. (1998).** (Journal officiel de la république algérienne). Arrêté interministériel du 27 mai 1998 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées. Ministère du commerce N°35.
- **Journal officielle de la république algérienne. (1993).** Arrêté interministériel du 29 Safar 1414 correspondant au 18 août 1993 relatif aux spécifications et à la présentation de certains laits de consommation, N° JORA : 069 du 27-10-1993.

Référence bibliographique

K

- **Kao J. C., Sung W.P. and Chen R. (2014).** Green Building, Materials and Civil Engineering: CRC Press.
- **Kerrharo J. (1994).** La Pharmacopée Sénégalaise traditionnelle : Plantes médicinales et toxiques.-Paris : Vigot Frères.1011p.

L

- **Laleye O.A.F., Ahissou H., Olounlade A.P., Azando E.V.B. et 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). *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 9(5): 2682-2700.
- **Lapornik B., Prošek M. and Wondra A. G. (2005).** "Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time." *Journal of Food Engineering*, 71(2) : 214-222.
- **Le Graet Y., Brule G. (1993).** Les équilibres minéraux du lait: influence du pH et de la force ionique. *Lait*, 73: 51-60.
- **Le K., Chiu F. and Ng K. (2007).** "Identification and quantification of antioxidants in *Fructus lycii*." *Food Chem*, 105(1) : 353-363.
- **Lenoir J., Lamberet G., Schmidt J.L. (1983).** L'élaboration d'un fromage : l'exemple du camembert. *Pour La Science*, 69 : 30-42.
- **Li R., Yue D., Liu J. and Nie Y. (2009).** "Size fractionation of organic matter and heavy metals in raw and treated leachate." *Waste management*, 29(9) : 2527-2533.
- **Lopez M.B., Lomholt S.B., Qvist K.B. (1998).** Rheological properties and cutting time of rennet gels. Effects of pH and enzyme concentration. *International Dairy Journal*, 8: 289-293.
- **Luquet F.M. (1990).** Lait et produits laitiers : vache, brebis chèvre. Tome II, Tech. Et Doc, 2ième édition, Lavoisier, Paris. 100p.

M

- **Mahaut M. (2000).** Initiation à la technologie fromagère. Ed. Tec & Doc.192p.
- **Mahaut M., Jeantet R., Brule G. (2000).** Initiation à la Technologie Fromagère. TEC & DOC Lavoisier : Paris. 194 p.

Référence bibliographique

- **Mathieu J. (1998).** Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris/NRA/ Agrocampus Rennes. 107p.
- **Metro F., Desmazeaud M. J., Cerf O. (1979).** Facteurs influant sur la validité de l'épreuve à l'alcool utilisée pour la sélection des laits stables à la chaleur. INRA, pp. 431-448.
- **Metwalli N.H., Shalabi S.I., Zahran A.S. and EI-Demenlash O. (1983).** The use of soybean in soft cheese making. *Journal of Food Technology*, 17: 297-305.
- **McMahon D.J., Brown R.J., Ernstrom C.A. (1984).** Enzymatic coagulation of milk casein micelles. *Journal of Dairy Science*, 67: 745-748.
- **Mietton B., Gaucheron F., Salaun F. (2004).** Minéraux et transformations fromagères. In *Minéraux et Produits Laitiers*, Gaucheron F (ed). Lavoisier: Paris : 471-563.
- **Moutilla A., Balcones E., Olano A., Calvo M.M. (1995).** Influence of heat treatments on whey protein denaturation and rennet clotting properties of cow's and goat's milk. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 43: 1908-1911.
- **Morris D. L. (1948).** Quantitative determination of carbohydrates with Dreywcd's hthme reagent. *Science*, 5 mars 1948, 107 : 254-255.

N

- **Najera A.I., Renobales M., Barron L.J.R. (2003).** Effects of pH, temperature, CaCl₂ and enzyme concentrations on the rennetclotting properties of milk: a multifactorial study. *Food Chemistry*, 80: 345-352.
- **Nirina H.A., Céline L., Rémi S., et Louissette Julia. R. (2015).** Analyse du profil de texture (tpa) et caractérisation physicochimiques des pâtes de tamarin enrichies en feuilles de *Moringa oleifera*. *Afrique science*, 11(2): 66 – 75.

O

- **Olson M.E. (2001).** Introduction to Moringa family (11-28). In: Fuglie L.J (editor). *The miracle tree: the multiple attributes of Moringa.*-Wageningen: CTA; Dakar: CWS.-177p.
- **Olson M.E. (2002).** Intergeneric Relationships within the Caricaceae-Moringaceae Clade (Brassicales) and Potential Morphological Synapomorphies of the Clade and Its Families. *Syst. Bot*, 27: 55–73.
- **Osborne D. R., Voogt P. (1986).** Análisis de los nutrientes de los alimentos Zaragoza. Ed. Acribia. (p 258).

Référence bibliographique

- **Ozturk I. (2007).** "The textual organisation of research article introductions in applied linguistics: Variability within a single discipline." *English for Specific Purposes*, 26(1): 25-38.

P

- **Pereira O. R., Macias R. I., Perez M. J., Marin J. J. and Cardoso S. M. (2013).** "Protective effects of phenolic constituents from *Cytisus multiflorus*, *Lamium album* L. and *Thymus citriodorus* on liver cells." *Journal of Functional Foods*, 5(3): 1170-1179.
- **Pierre A. (1985).** Etude de la stabilité du lait à l'alcool, Solubilité du phosphate et du calcium du lait en présence d'alcool, *Le Lait*. INRA, pp.201-212.
- **Pires M.S., Orellana G.A., Gatti C.A. (1999).** Rennet coagulation of casein micelles and heated casein micelles: action of Ca²⁺ and pH. *Food Hydrocolloids*, 13: 235-238.
- **Pointurier F., Baglan N., et al., (2003).** "Determination of organically bound tritium background level in biological samples from a wide area in the south-west of France." *Journal of environmental radioactivity*, 68(2): 171-189.
- **Popoola J.O., Obembe O.O. (2013).** Local knowledge, use pattern and geographical distribution of *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) in Nigeria. *J. Ethnopharmacol*, 150 : 682–691.

R

- **Ramet J.P. (1997).** L'égouttage du coagulum. Dans *Le fromage* (Coord. Eck A. et Gillis J.C.). 3ème édition, Ed. Tec et Doc. Lavoisier. p. 43.
- **Rajangam J., Azahakia M. R. S., Thangaraj T., Vijayakumar A., Muthukrishan N. (2001).** Production et utilisation du *Moringa* en Inde: la situation actuelle, 9p. Disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 9/04/2019.
- **Remeuf F. (1993).** Influence du polymorphisme génétique de la caséine fs1 caprine sur les caractéristiques physico-chimiques et technologiques du lait, *Lait* 73 (19) : 549–557.
- **Ribéreau-Gayon P. (1968).** "Métabolisme et propriétés des composés phénoliques." *Les Composés Phénoliques des Végétaux*, 202-231.

Référence bibliographique

- **Roussos, P. A., Sefferou V. et al., (2011).** "Apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different crop load." *Scientia horti culturae*, 129(3): 472- 478.

S

- **Sánchez-Muñoz M. A., Valdez-Solana M.A., Avitia-Domínguez C., Ramírez-Baca P., Candelas Cadillo M.G., Aguilera-Ortíz M. et al., (2017).** Utility of Milk Coagulant Enzyme of *Moringa oleifera* Seed in Cheese Production from Soy and Skim Milks: 6 -62, p15.
- **Salama W.M., Aida S.S. and Eman T.Y. (2014).** Development of innovative beverage based on milk permeate fortified with dried leaves of *Moringa oleifera*. *Arab Univ. J. Agric. Sci*, 22: 3-12.
- **Salem A.S., Salama W.M., Hassanein A., El Ghandour H. (2013).** Enhancement of nutritional and biological values of Labneh by adding dry leaves of *Moringa oleifera* as innovative dairy products. *World Appl. Sci. J*, 22: 1594–1602.
- **Sboui A., Arroum S., Hayek N., Mekrazi H. et Khorchani T. (2016).** Effet du traitement thermique sur la composition physicochimique du lait de chèvre. Napoléone M. (ed.) , Ben Salem H. (ed.) , Boutonnet J.P. (ed.) , López-Francos A. (ed.) , Gabiña D. (ed.) . The value chains of Mediterranean sheep and goat products. Organisation of the industry, marketing strategies, feeding and production systems. Zaragoza : CIHEAM. 2016 pages 481- 485.
- **Shori A. et Baba A. S. (2013).** "Antioxidant activity and inhibition of key enzymes linked to type-2 diabetes and hypertension by *Azadirachta indica*-yogurt." *Journal of Saudi Chemical Society*, 17(3): 295-301.
- **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.
- **Soulama S., Sanon H. O., Meda R. and Boussim J. I. (2014).** "Teneurs en tanins de 15 ligneux fourragers du Burkina Faso." *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 10(4) : 180-.190.
- **Sun T., Ho C. T. (2005).** Antioxidant activities of buckwheat extracts. *Food Chemistry*, 90:743–749.

Référence bibliographique

- **Sun-Waterhouse D., Zho J. et Wadhwa S. S. (2013).** Drinking yoghurts with berry polyphenols added before and after fermentation. *Food Control*, 32(2): 450-460.
- **Sumathy R., Sankaranarayanan S., Bama P., Ramachandran J., Vijayalakshmi M. and Deecaraman M. (2013).** "Antibacterial & antioxidant activity of flavanoid rich fraction from the petals of cassia auriculata—an in-vitro study." *Int J Pharm Pharm Sci*, 5(3): 492-497.

T

- **Taiwo A. A. (2018).** Nutritional, Antioxidant and Quality Acceptability of Smoothies Supplemented with Moringa oleifera Leaves. *Journal Beverages*, 4: 104.
- **Thurber M. D. and Fahey J. W. (2009).** Adoption of Moringa oleifera to combat under-nutrition viewed through the lens of the “diffusion of innovations” theory. *Ecol. Food Nutr*, 48: 212–225.

U

- **Unbs. (2013).** Raw goat milk –Specification, draft Uganda standard first edition. Uganda National Bureau of Standards (UNBS). DUS 1548, pp. 1-17.
- **Unten L., Koketsu M. et Kim M. (1997).** Antidiscoloring activity of green tea polyphenols on β -carotene. *J. Agric. Food Chemistry*, 45 (6), P: 2009–2012.

V

- **Van hooydonk A.C.M. et Walstra P. (1987).** Interpretation of the kinetics of the renneting reaction in milk. *Netherlands Milk Dairy Journal*, 41: 19-47.
- **Veisseyre R. (1975).** Technologie du lait : Principes des techniques laitières 3ème éd, Paris, SEPAIC. 714 p.
- **Vignola C.L., Michel J.C., Paquin P., Moineau M. et Simpson R., (2002).** Science et technologies de lait : transformation de lait. Technique et documentation Lavoisier. 600p.
- **Vignola C.L. (2002).** Science et Technologie du Lait. Transformation du Lait. Fondation et Technologie Laitière du Québec. Presses Internationales Polytechnique: Québec. 600 p.
- **Visser S., Van Rooyen P.J., Slangen C.J. (1980).** Peptide substrates for chymosin (rennin). Isolation and substrate behaviour of two tryptic fragments of bovine κ -casein.

Référence bibliographique

W

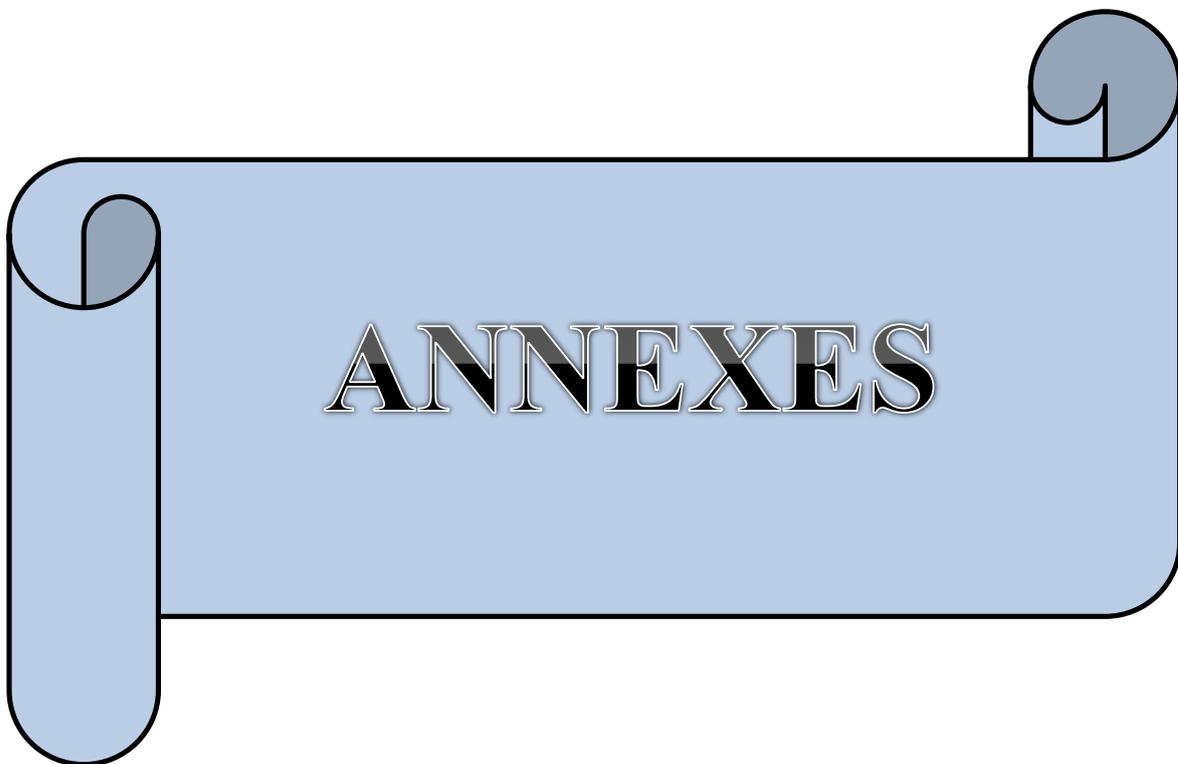
- **Weber F. (1987).** L'égouttage du coagulum. Dans le fromage (coord. ECK A), 2eme édition. p122.
- **Walstra P. et Jenness R. (1992).** Casein micelles. In Dairy Chemistry and Physics. John: New York: 229–253.

Y

- **Yadav R. and Agarwala M. (2011).** "Phytochemical analysis of some medicinal plants." Journal of phytology, 3(12).
- **Yang R.Y., Chang L.C., Hsu J.C., Weng Brian B.C., Palada Manuel C., Chadha M.L. et Yongabi K. A. (2012).** A sustainable Low-Cost phytodisinfectant sand filter alternative for water purification, thèse de doctorat en sciences, université d'Adelaide, Australie, p 207.

Z

- **Zbikowska A., Szerszunowicz I., Smyk B. (2004).** Effect of pH on the composition and surface hydrophobicity of proteins forming the gel matrix during enzymatic coagulation of heated milk reconstituted from nonfat dry milk. *Milchwissenschaft*, 59(7/8): 417-420.



ANNEXES

Annexe I

Les courbes d'étalonnage :

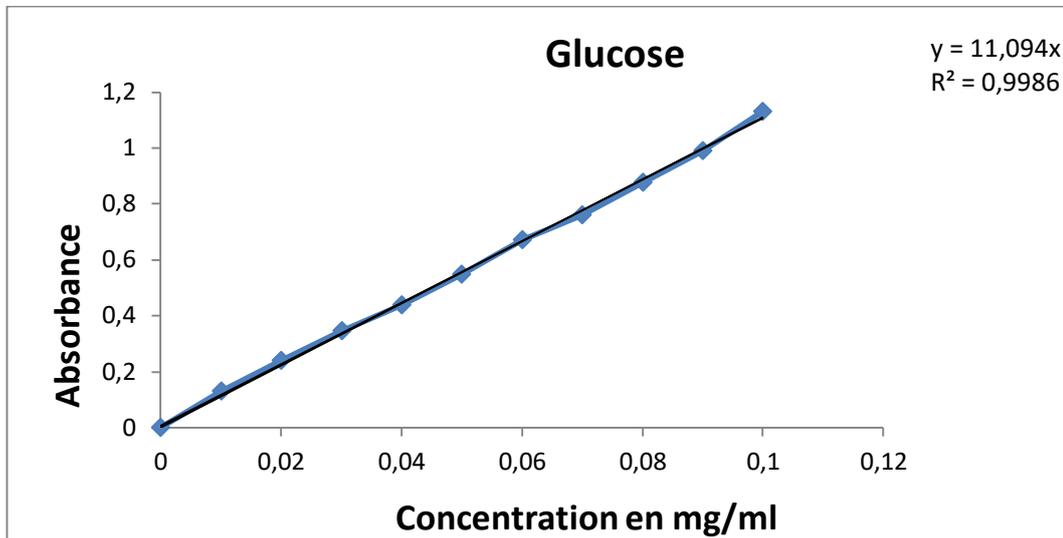


Figure N°01 : Courbe d'étalonnage de dosage de sucres totaux

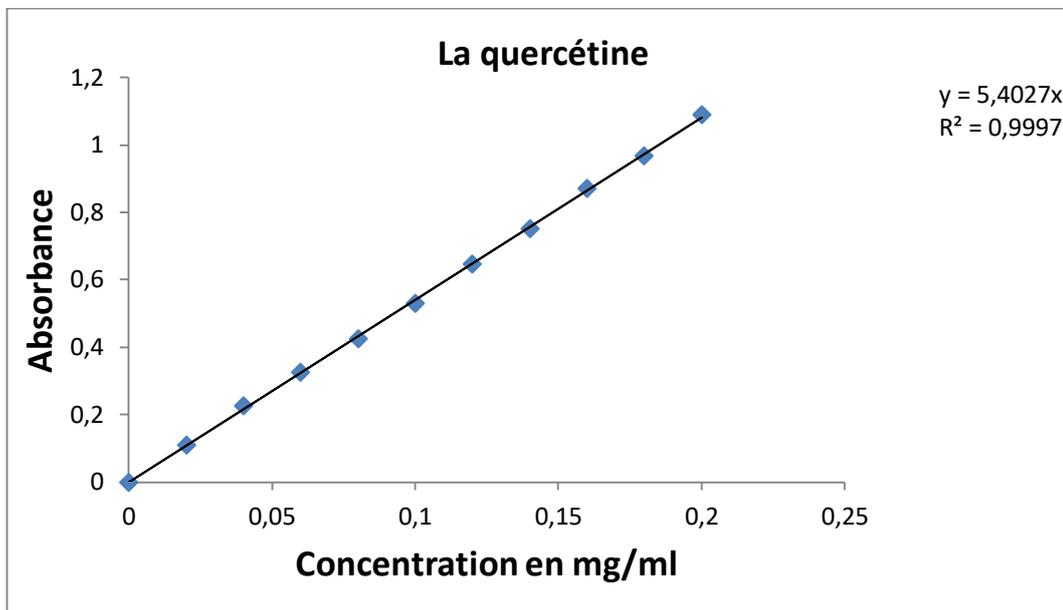


Figure N°02 : Courbe d'étalonnage de dosage des flavonoïdes

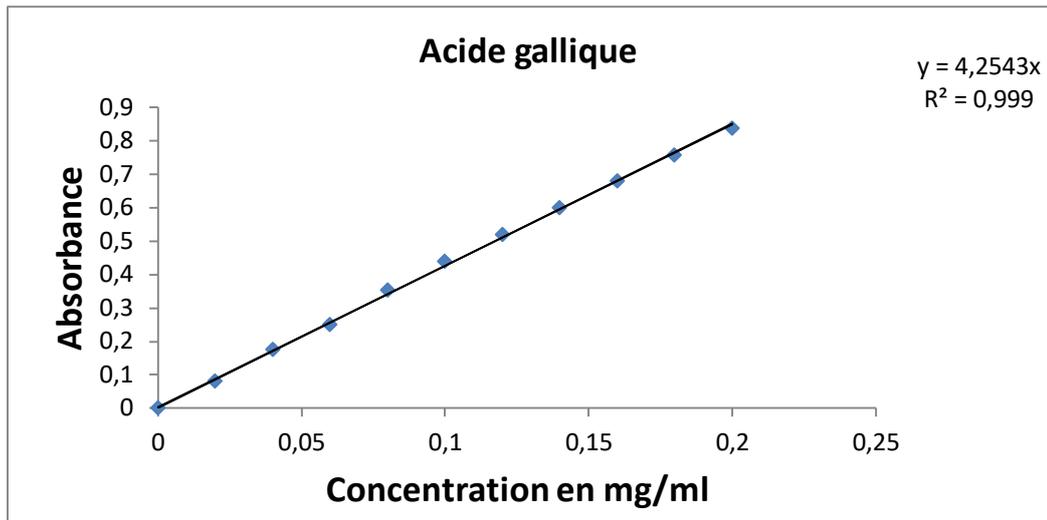


Figure N°03 : Courbe d'étalonnage de dosage des phénols totaux soluble

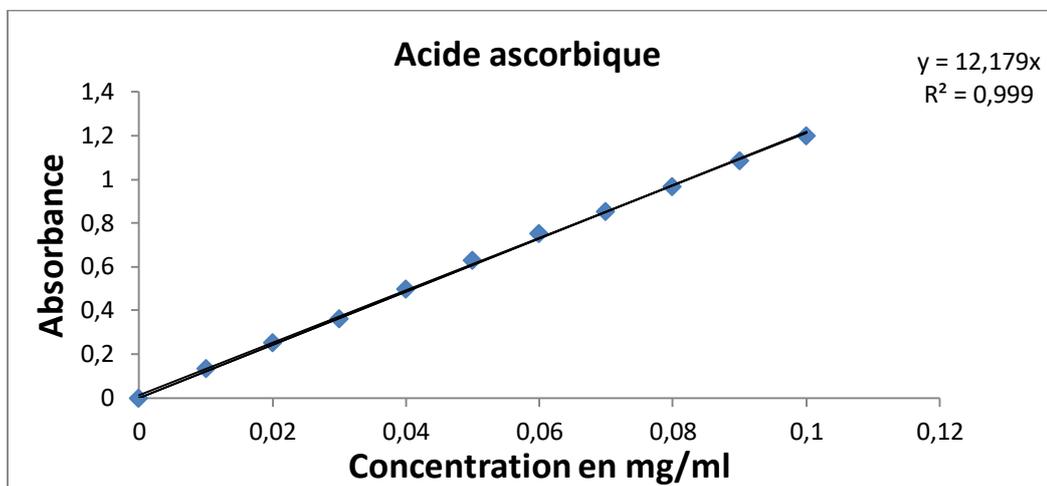


Figure N°04 : Courbe d'étalonnage de pouvoir réducteur

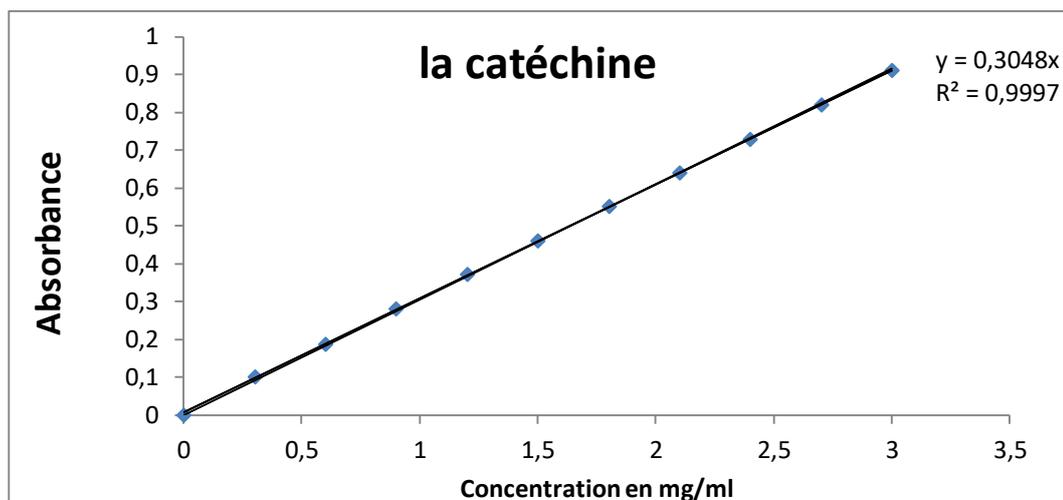


Figure N°05 : Courbe d'étalonnage de catéchine

Liste des annexes

Annexe II

Préparation des solutions :

Solution	Réactifs
Folin ciocalteau 1/10	10 ml de folin ciocalteau à +90ml d'eau distillée
Ferricyanure de potassium (K ₃ Fe(CN) ₆) 1%	1 g (K ₃ Fe(CN) ₆) dans 100 ml ED
Acide trichloracétique (TCA) 10%	10 g de TCA dans 100 ml de ED
Solution de NaOH 0.1N	2 g NaOH dans 500 ml d'eau distillée
Ferrozines 5mM	0,123g ferrozines dans 50 ml d'eau distillé
Solution vanilline-HCl	5,8 g vanilline + 100 ml méthanol 64,86 ml + 100 ml de ED
Chlorure ferrique (FeCl ₃) à 0,1%	0.1g de FeCl ₃ dans 100 ml d'eau distillée.
Réactif de phénolphtaléine	0.5 g de phénolphtaléine dans 50 ml de l'eau distillée et 50 ml l'éthanol
Acide sulfurique (H ₂ SO ₄) à 0.255N	7ml H ₂ SO ₄ 96-98% ajustés à 1000ml avec l'eau distillée
Chlorure d'Aluminium (AlCl ₃ 2%)	2g AlCl ₃ .6H ₂ O dans 100ml de méthanol
Solution NaCl	9 g dans 1000 ml l'eau distillée
Solution de carbonate de sodium 7,5%	7,5 g de la poudre de Na ₂ CO ₃ dans 100ml de ED
Ethanol 80%	100ml du éthanol pure + 28.59 ml d'eau distillée.
Tampon phosphate (0.2 M, pH 6.6)	0.68 gde KH ₂ PO ₄ (acide) dans 100ml d'eau distillée 0.87 g de K ₂ HPO ₄ (basique) dans 100ml d'eau distillée La solution acide est ajustée avec la Solution basique jusqu'a l'obtention d'un pH=6.6
Réactif de bouchardat	2g de l'iode bisubliné (I ₂) +2 g de KI ajusté a100 ml de l'eau distillée.
FeCl ₂ a 2 mM	0.025g de ml de FeCl ₂ 2H ₂ O dans 100 ml ED
BHA	0.0002 mg dans 100 ml d'éthanol
BHT	0.0002 mg dans 100 ml de d'éthanol
Vitamine E	0.0002 mg dans 100 ml ded'éthanol

Liste des annexes

Annexe III

Préparation des milieux de culture :

PCA : Plate count agar : suspendre 23.5 g dans 1l d'eau distillé, chauffer jusqu'à dissolution complète, autoclave à 121°C/ 15 min.

OGA : Dissoudre 33g dans un litre d'eau distillé, autoclaver 15 min à 121°C.

VRBL : Violet red bile agar, suspendre 48.25g dans 950 ml d'eau distillé, chauffer jusqu'à ébullition, autoclaver à 121°C / 15 min.

Schubert : Suspendre 31.5g dans 1l d'eau distillé et dissoudre par chauffage et agitation fréquente, bouillir pour une minute jusqu'à dissolution, autoclave à 121°C /15min.

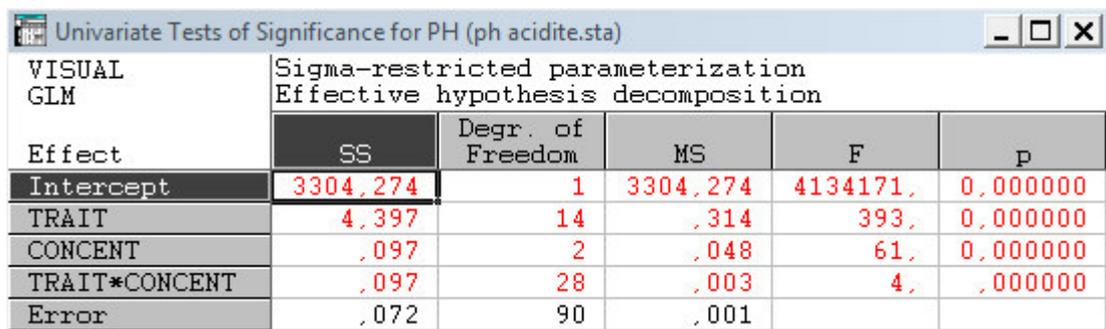
Hecktoen : Mettre en suspension 75.1g de milieu déshydraté dans un litre d'eau distillée ou déminéralisée ; ébullition sous agitation constante jusqu'à dissolution, ne pas autoclaver, refroidir et maintenir le milieu à 44-47°C

Chapman : Dissoudre 111g dans 1Ld'eau distillé jusqu'à ébullition, repartir en flacon puis autoclaver à 121°C/15 minute.

Annexe IV

STATISTICA

pH :



Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3304,274	1	3304,274	4134171,	0,000000
TRAIT	4,397	14	,314	393,	0,000000
CONCENT	,097	2	,048	61,	0,000000
TRAIT*CONCENT	,097	28	,003	4,	,000000
Error	,072	90	,001		

Liste des annexes

Call No.	Traité	Comment	RH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
30	EMWJ28	C2	4,52667	****																			
29	EMWJ28	C1,5	4,64000		****																		
27	EMWJ21	C2	4,68333			****																	
45	EMWJ28	C2	4,70000				****																
24	EMWJ14	C2	4,71000					****															
28	EMWJ28	C1	4,71667						****														
42	EMWJ21	C2	4,71667							****													
26	EMWJ21	C1,5	4,72667								****												
44	EMWJ28	C1,5	4,74000									****											
43	EMWJ28	C1	4,78000										****										
41	EMWJ21	C1,5	4,78333											****									
39	EMWJ14	C2	4,81667												****								
25	EMWJ21	C1	4,82000													****							
23	EMWJ14	C1,5	4,82333														****						
40	EMWJ21	C1	4,84333															****					
15	ETJ28	C2	4,85667																****				
14	ETJ28	C1,5	4,85667																	****			
13	ETJ28	C1	4,85667																		****		
38	EMWJ14	C1,5	4,88000																			****	
22	EMWJ14	C1	4,88667																				****
12	ETJ21	C2	4,91667																				****
11	ETJ21	C1,5	4,91667																				****
10	ETJ21	C1	4,91667																				****
37	EMWJ14	C1	4,94000																				****
7	ETJ14	C1	4,99333																				****
9	ETJ14	C2	4,99333																				****
8	ETJ14	C1,5	4,99333																				****
21	EMWJ27	C2	5,04333																				****
20	EMWJ27	C1,5	5,09000																				****
36	EMWJ27	C2	5,10000																				****
35	EMWJ27	C1,5	5,10667																				****
19	EMWJ27	C1	5,11333																				****
18	EMWJ21	C2	5,12333																				****
34	EMWJ27	C1	5,13000																				****
17	EMWJ21	C1,5	5,13333																				****
33	EMWJ21	C2	5,14000																				****
6	ETJ27	C2	5,14667																				****
5	ETJ27	C1,5	5,14667																				****
4	ETJ27	C1	5,14667																				****
22	EMWJ21	C1,5	5,15333																				****
16	EMWJ21	C1	5,15333																				****
31	EMWJ21	C1	5,17000																				****
3	ETJ21	C2	5,22667																				****
2	ETJ21	C1,5	5,22667																				****
1	ETJ21	C1	5,22667																				****

Visual
 Eserce: BNCWEN N9 - ,00080, de 90,000

Liste des annexes

Acidité :

Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2107126,	1	2107126,	66261,81	0,000000
TRAIT	92420,	14	6601,	207,59	0,000000
CONCENT	2737,	2	1369,	43,04	,000000
TRAIT*CONCENT	2105,	28	75,	2,36	,001190
Error	2862,	90	32,		

Call No.	TRAIT	CONCENT	TTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
3	ET01	C2	79,000	****																
2	ET01	C1	79,000	****																
1	ET01	C1	79,000	****																
31	EM01	C1	81,000	****																
16	EM01	C1	84,000	****																
17	EM01	C1,5	87,000	****																
18	EM01	C2	87,000	****																
39	EM01	C2	87,000	****																
32	EM01	C1,5	87,000	****																
5	ET07	C1,5	102,000	****																
6	ET07	C2	102,000	****																
4	ET07	C1	102,000	****																
34	EM07	C1	114,000	****																
19	EM07	C1	117,000	****																
7	ET04	C1	120,000	****																
9	ET04	C2	120,000	****																
35	EM07	C1,5	120,000	****																
8	ET04	C1,5	120,000	****																
20	EM07	C1,5	123,000	****																
11	ET01	C1,5	123,000	****																
12	ET01	C2	123,000	****																
10	ET01	C1	123,000	****																
37	EM04	C1	126,000	****																
28	EM04	C1	129,000	****																
36	EM07	C2	129,000	****																
40	EM01	C1	132,000	****																
21	EM07	C2	135,000	****																
15	ET08	C2	139,000	****																
14	ET08	C1,5	139,000	****																
13	ET08	C1	139,000	****																
25	EM02	C1	139,000	****																
38	EM04	C1,5	139,000	****																
41	EM01	C1,5	141,000	****																
23	EM04	C1,5	147,000	****																
39	EM04	C2	147,000	****																
26	EM01	C1,5	150,000	****																
43	EM08	C1	150,000	****																
42	EM01	C2	150,000	****																
24	EM04	C2	153,000	****																
27	EM08	C1,5	153,000	****																
28	EM08	C1	156,000	****																
29	EM08	C1,5	156,000	****																
45	EM08	C2	171,000	****																
30	EM08	C2	174,000	****																

Suite... Homogeneous Groups, Alpha = ,0500
 Groups: Between 18 = 21,500, df = 90,000

Liste des annexes

B-Carotène :

Univariate Tests of Significance for B_CAROT (chelation.sta)					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	268442,9	1	268442,9	8849,355	0,000000
TRAIT	5261,8	5	1052,4	34,692	,000000
CONCEN	60,4	2	30,2	,995	,379595
TRAIT*CONCEN	162,2	10	16,2	,535	,853982
Error	1092,1	36	30,3		

LSD test; variable B_CAROT (chelation.sta)								
Suite...	Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 30,335, df = 36,000							
Cell No.	TRAIT	CONCEN	B_CAROT Mean	1	2	3	4	5
3	FT	C2	56,12333	****				
1	FT	C1	56,12333	****				
2	FT	C1,5	56,12333	****				
7	FMT	C1	57,43333	****				
8	FMT	C1,5	58,34667	****	****			
4	FMNT	C1	64,99000	****	****	****		
5	FMNT	C1,5	66,82333		****	****		
9	FMT	C2	67,70667			****		
6	FMNT	C2	69,33667			****	****	
18	BHT	C2	76,99000				****	****
17	BHT	C1,5	76,99000				****	****
16	BHT	C1	76,99000				****	****
15	BHA	C2	77,52333				****	****
14	BHA	C1,5	77,52333				****	****
13	BHA	C1	77,52333				****	****
12	VIT E	C2	84,19000					****
11	VIT E	C1,5	84,19000					****
10	VIT E	C1	84,19000					****

Brix :

Univariate Tests of Significance for BRIX (tanin cond.sta)					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	30,08333	1	30,08333	3867,857	0,000000
TRAIT	,34667	2	,17333	22,286	,000013
CONCENT	,08000	2	,04000	5,143	,017114
TRAIT*CONCENT	,04000	4	,01000	1,286	,312479
Error	,14000	18	,00778		

LSD test; variable BRIX (tanin cond.sta)							
Suite...	Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00778, df = 18,000						
Cell No.	TRAIT	CONCENT	BRIX Mean	1	2	3	4
3	FT	C2	,900000	****			
1	FT	C1	,900000	****			
2	FT	C1,5	,900000	****			
7	FMT	C1	1,000000	****	****		
4	FMNT	C1	1,066667		****	****	
8	FMT	C1,5	1,100000		****	****	
5	FMNT	C1,5	1,166667			****	****
9	FMT	C2	1,200000			****	****
6	FMNT	C2	1,266667				****

Liste des annexes

Chélation de fer ferreux :

Univariate Tests of Significance for CHELA_FF					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	82885,92	1	82885,92	811748,7	0,000000
TRAIT	1120,77	5	224,15	2195,3	0,000000
CONCENT	13,83	2	6,92	67,7	,000000
TRAIT*CONCENT	41,29	10	4,13	40,4	,000000
Error	3,68	36	,10		

LSD test; variable CHELA_FF (chelation ff.sta)									
Suite...	Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,10211, df = 36,000								
Cell No.	TRAIT	CONCENT	CHELA_FF Mean	1	2	3	4	5	6
3	FT	C2	32,86517	****					
2	FT	C1,5	32,86517	****					
1	FT	C1	32,86517	****					
7	FMT	C1	33,29588	****					
4	FMNT	C1	34,30712		****				
8	FMT	C1,5	34,49438		****				
9	FMT	C2	34,83146		****				
5	FMNT	C1,5	37,90262			****			
6	FMNT	C2	40,09363				****		
14	BHA	C1,5	43,03371					****	
13	BHA	C1	43,03371					****	
15	BHA	C2	43,03371					****	
12	VIT E	C2	43,76404						****
11	VIT E	C1,5	43,76404						****
10	VIT E	C1	43,76404						****
18	BHT	C2	43,76404						****
17	BHT	C1,5	43,76404						****
16	BHT	C1	43,76404						****

Densité :

Univariate Tests of Significance for DENSITE (tanin cond.sta)					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	39,78116	1	39,78116	2013922,	0,000000
TRAIT	,00049	2	,00024	12,	,000423
CONCENT	,00073	2	,00037	19,	,000042
TRAIT*CONCENT	,00037	4	,00009	5,	,008905
Error	,00036	18	,00002		

LSD test; variable DENSITÉ (tanin cond.sta)							
Suite...	Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00002, df = 18,000						
Cell No.	TRAIT	CONCENT	DENSITÉ Mean	1	2	3	4
7	FMT	C1	1,204444	****			
1	FT	C1	1,208889	****			
2	FT	C1,5	1,208889	****			
3	FT	C2	1,208889	****			
4	FMNT	C1	1,211111	****	****		
8	FMT	C1,5	1,211111	****	****		
5	FMNT	C1,5	1,217778		****	****	
9	FMT	C2	1,224444			****	****
6	FMNT	C2	1,228889				****

Liste des annexes

Extrait sec dégraissé :

Univariate Tests of Significance for ESD (tanin cond.sta)					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	405,0809	1	405,0809	1538,969	0,000000
TRAIT	5,7236	2	2,8618	10,873	,000802
CONCENT	8,1832	2	4,0916	15,545	,000120
TRAIT*CONCENT	4,1338	4	1,0335	3,926	,018351
Error	4,7379	18	,2632		

LSD test; variable ESD (tanin cond.sta)						
Suite...	Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,26322, df = 18,000					
Cell No.	TRAIT	CONCENT	ESD Mean	1	2	3
6	FMNT	C2	2,432333	****		
9	FMT	C2	2,863333	****	****	
5	FMNT	C1,5	3,193333	****	****	
8	FMT	C1,5	3,595000		****	
1	FT	C1	4,492667			****
3	FT	C2	4,492667			****
2	FT	C1,5	4,492667			****
4	FMNT	C1	4,543000			****
7	FMT	C1	4,755333			****

Extrait sec total :

Univariate Tests of Significance for EST (tanin cond.sta)					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	36563,08	1	36563,08	799790,7	0,000000
TRAIT	,08	2	,04	,9	,428738
CONCENT	,69	2	,34	7,5	,004232
TRAIT*CONCENT	,37	4	,09	2,0	,132146
Error	,82	18	,05		

LSD test; variable EST (tanin cond.sta)							
Suite...	Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04572, df = 18,000						
Cell No.	TRAIT	CONCENT	EST Mean	1	2	3	4
6	FMNT	C2	36,43233	****			
9	FMT	C2	36,53000	****	****		
5	FMNT	C1,5	36,69333	****	****	****	
1	FT	C1	36,82600		****	****	****
2	FT	C1,5	36,82600		****	****	****
3	FT	C2	36,82600		****	****	****
8	FMT	C1,5	36,92833			****	****
4	FMNT	C1	37,04300			****	****
7	FMT	C1	37,08867				****

Liste des annexes

Flavonoïde :

Suite...		Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	282,4798	1	282,4798	23098,57	0,000000	
TRAIT	30,8909	2	15,4455	1262,99	0,000000	
CONC	10,1587	2	5,0793	415,34	,000000	
TRAIT*CONC	5,0877	4	1,2719	104,01	,000000	
Error	,2201	18	,0122			

Suite...		Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01223, df = 18,000							
Cell No.	TRAIT	CONC	FLAVON Mean	1	2	3	4	5	6
3	FT	C1,5	1,727826	****					
2	FT	C2	1,727826	****					
1	FT	C1	1,727826	****					
7	FMT	C1	2,911370		****				
4	FMNT	C1	3,197807			****			
9	FMT	C1,5	3,578897				****		
6	FMNT	C1,5	3,759770				****		
8	FMT	C2	5,124414					****	
5	FMNT	C2	5,355077						****

Humidité :

Suite...		Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	107846,9	1	107846,9	2359072,	0,000000	
TRAIT	,1	2	,0	1,	,428738	
CONCENT	,7	2	,3	8,	,004232	
TRAIT*CONCENT	,4	4	,1	2,	,132146	
Error	,8	18	,0			

Suite...		Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04572, df = 18,000					
Cell No.	TRAIT	CONCENT	HUMIDIT Mean	1	2	3	4
7	FMT	C1	62,91133	****			
4	FMNT	C1	62,95700	****	****		
8	FMT	C1,5	63,07167	****	****		
1	FT	C1	63,17400	****	****	****	
3	FT	C2	63,17400	****	****	****	
2	FT	C1,5	63,17400	****	****	****	
5	FMNT	C1,5	63,30667		****	****	****
9	FMT	C2	63,47000			****	****
6	FMNT	C2	63,56767				****

Liste des annexes

Tanin condensé :

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	22721,82	1	22721,82	40239,81	0,000000
TRAIT	345,57	2	172,78	306,00	,000000
CONCENT	31,06	2	15,53	27,51	,000003
TRAIT*CONCENT	16,22	4	4,06	7,18	,001219
Error	10,16	18	,56		

Cell No.	TRAIT	CONCENT	TANINS Mean	1	2	3	4	5	6
3	FT	C2	24,05452	****					
2	FT	C1,5	24,05452	****					
1	FT	C1	24,05452	****					
7	FMT	C1	28,48218		****				
8	FMT	C1,5	30,62348			****			
4	FMNT	C1	30,76460			****	****		
5	FMNT	C1,5	31,95248				****	****	
9	FMT	C2	32,69754					****	
6	FMNT	C2	34,40129						****

Annexe V

Questionnaire d'évaluation sensorielle de sept échantillons Du fromage frais enrichi

Date : / / Nom : Prénom : Age :

Sept échantillons de fromage frais préparés à base de lait de vache et enrichis, codés **A, B, C, D, E, F, G** sont présentés, il vous est demandé d'évaluer différentes caractéristiques et d'attribuer une note de 1 à 5 pour chaque échantillon sur l'échelle suivante :

1. Couleur :

1 : blanc, 2 : jaune, 3 : vert clair, 4 : vert, 5 : vert foncé

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E	Echantillon F	Echantillon G

2. Odeur : 1 : Très faible, 2 : Faible, 3 : Moyenne, 4 : Forte, 5 : Très forte

Liste des annexes

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E	Echantillon F	Echantillon G

3. Gout

a- Gout salé :

1 : Absent, 2 : Faible, 3 : Moyen, 4 : Intense, 5 : Très intense

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E	Echantillon F	Echantillon G

b- Gout acide : 1 : Très intense, 2 : Intense, 3 : Moyen, 4 : Faible, 5 : Absent

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E	Echantillon F	Echantillon G

c- Gout amère : 1 : Très intense 2 : Intense 3 : Moyen 4 : Faible 5 : Absent

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E	Echantillon F	Echantillon G

d-Arrière-gout : 1 : Très intense, 2 : Intense, 3 : Moyen, 4 : Faible, 5 : Absent

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E	Echantillon F	Echantillon G

e-Arome identifiant : 1 : Absent, 2 : non identifié, 3 : ail, 4 : persil, 5 : thym

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E	Echantillon F	Echantillon G

4. Texture :

a-Texture granuleuse : 1: Très granuleuse, 2 : Granuleuse, 3 : Moyenne, 4 : Lisse, 5 : Très lisse.

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E	Echantillon F	Echantillon G

b-Tartinabilité: 1 : Très difficile, 2 : difficile, 3 : Moyenne, 4 : facile, 5 : Très facile

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E	Echantillon F	Echantillon G

Liste des annexes

--	--	--	--	--	--	--

5. préférences :

Classez selon l'ordre de préférence les échantillons (A, B, C, D, E, F, G) en leur attribuant une note de 1 à 9 sachant que 1 correspond au moins préféré et 9 au plus préféré comme présenté dans l'échelle ci-dessous :

1 : Extrêmement désagréable, 2 : Très désagréable, 3 : Assez désagréable, 4 : Désagréable

5 : Ni agréable ni désagréable 6 : Assez agréable 7 : Agréable 8 : Très agréables,

9 : Extrêmement agréable

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E	Echantillon F	Echantillon G

6. Entourez les caractéristiques qui ont motivé votre préférence ?

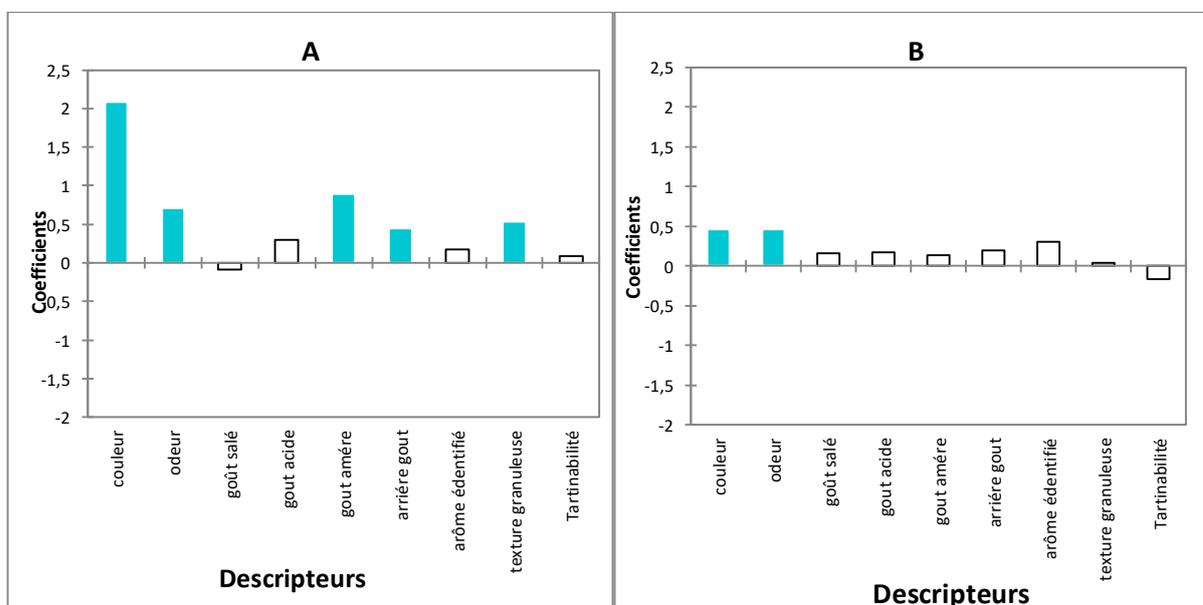
1 : la couleur, 2 : L'odeur, 3: La texture, 4: Le goût, 5: le tout

Autres.....

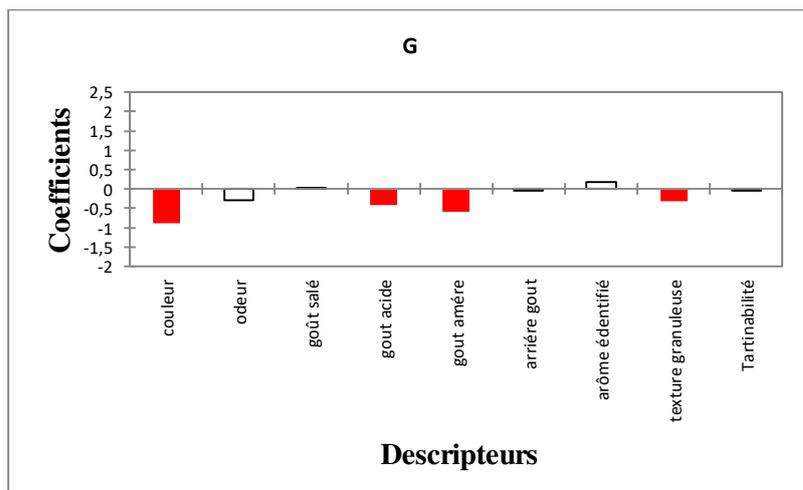
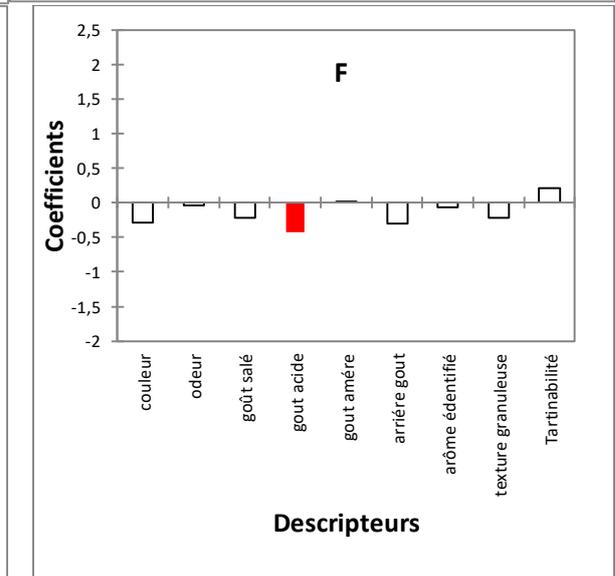
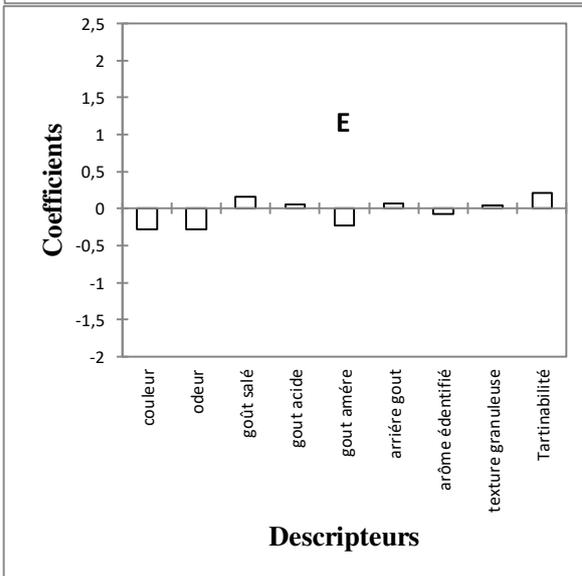
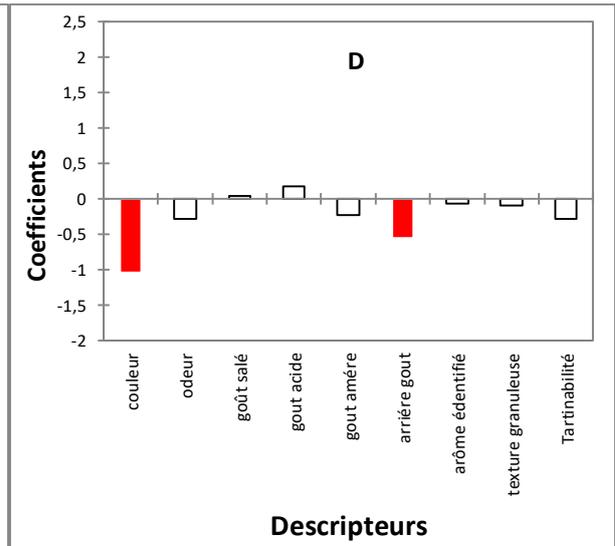
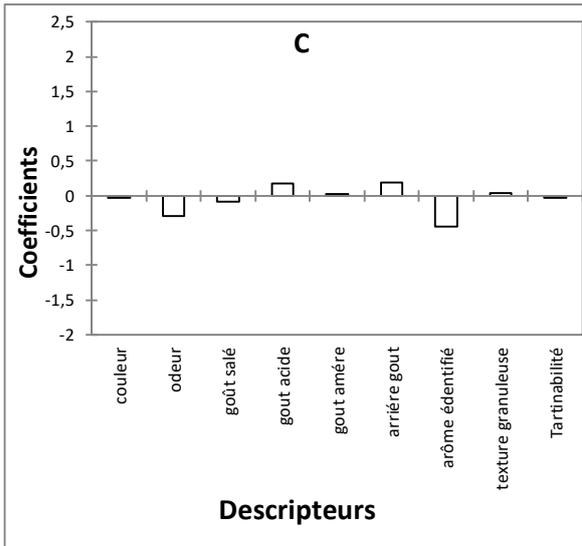
Merci pour votre coopération

Annexe VI

Analyse sensoriale



Liste des annexes



Résumé

Moringa oleifera qualifié «d'arbre de vie», «d'arbre miracle» du fait de ses nombreuses potentialités nutritives, médicinales et industrielles.

L'objectif de cette étude est la formulation d'un fromage frais par l'ajout de feuilles de *Moringa oleifera* (MO) torréfiées et non torréfié à des pourcentages différents (1%, 1,5%, 2%). Puis l'étude des caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques, sensorielles et la détermination de la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante. L'incorporation de MO dans le fromage induit une augmentation de l'acidité et une diminution de pH. Nos résultats révèlent une augmentation significative ($p < 0,05$) de la teneur en sucres totaux, MG, composés phénoliques et l'activité antioxydante des fromages incorporés en feuille de MO torréfié et non torréfié. Les résultats obtenus pour les fromages incorporés en feuille de MO torréfié sont inférieurs à ceux obtenus pour non torréfié. La torréfaction diminue la teneur en sucre totaux, MG, composés phénoliques et l'activité antioxydante. Par contre elle améliore la qualité sensorielle.

Mots clés : *Moringa oleifera*, Fromage frais, torréfaction, composés phénoliques, activités antioxydantes.

Abstract

Moringa oleifera described as "tree of life", "miracle tree" because of its nutritional, medicinal and industrial potentialities.

The objective of this study is the formulation of a fresh cheese by adding roasted and unroasted *Moringa oleifera* (MO) leaves at different percentages (1%, 1,5%, 2%). Then the study of physico-chemical, microbiological, sensory characteristics and the determination of the content of phenolic compounds and antioxidant activity. Incorporation of MO induces an increase in acidity and a decrease in pH. Our results reveal a significant ($p < 0,05$) increase in the total sugar content, lipids, phenolics and antioxidant activity of cheeses incorporated in roasted and unroasted MO leaves. The results obtained for the cheeses incorporated in the roasted MO sheet are lower than those obtained for unroasted samples. Roasting decreases the total sugar content, MG, phenolic compounds and antioxidant activity. On the other hand, it improves sensory quality.

Key words: *Moringa oleifera*, fresh cheese, roasting, phenolic compounds, antioxidant activities.