

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Sciences Alimentaires
Option : Industrie Laitière



Réf:.....

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

MASTER

Thème

**Essais d'incorporation de poudre de feuilles de
Moringa oleifera dans un fromage**

Présenté par :

Touati Kahina & Tefat Djedjiga

Soutenu le : **22 juin 2017**

Devant le jury composé de :

M^{elle} : MEZIANI.S

Mr : ZAIDI.F

M^{me} : HASSISSENE.N

M^{elle} : OUAHRANI.S

MAA

Professeur

MCA

Doctorante

Présidente

Encadreur

Examinatrice

Invité

Année universitaire : 2016/2017

Remerciements

Je tiens à adresser ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à toutes les personnes pour leur aide, en particulier :

M^r *Zaidi Farid*, notre promoteur, et qui a fait l'honneur de poursuivre la réalisation de ce travail, son aide et ses conseils qu'il nous a apportés.

La Co-promotrice M^{Elle} Ouahrani Sara, que je tiens aussi à remercier pour ces précieux conseils et sa disponibilité et son aide pour l'achèvement de ce travail.

Et sans oublier la doctorante M^{Elle} Ben Hamouche Tassaadit pour ces conseils et son aide durant la réalisation de ce travail.

Je voudrais également remercier l'honorable jury en l'occurrence Mr Zaidi Farid et M^{me} Hassissene Nadia d'avoir accepté d'examiner ce travail ainsi que M^{me} Meziani Saida de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance.

Je remercie de façon particulière mes parents pour leurs aides et leurs encouragements durant toute la période de réalisation de ce travail.

Enfin, mes remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

A l'aide de dieu tout puissant que j'ai pu arriver à finir ce modeste travail que je dédie :

A mes très chers parents que dieu leur accorde beaucoup de santé

A mes chers frères omar, khelaf et sa femme Henifa ; mes chere sœurs Nacera, Baya et Zakia ainsi que leur maris

*A mes neveux et nieces que j'adore beaucoup
Dalila, Ghilas, sonia, Anies, Aimad, Asma, Tanina, Manel, Cherif et idris*

A ma seule et unique amie Sonia Tahanout qui ma accompagné tout au long de ce chemin ainsi que sa famille pour leur soutien

A ma binôme et copine Kahina pour son soutien et son courage

A toute personne du laboratoire alimentation et nutrition

A toute la promotion sciences alimentaires 2016/2017

Et à tous ceux qui me sont chers.

Djedjiga

Dédicace

*Dieu tous puissant merci d'être toujours au près de moi
Je tiens à didier ce modeste travail et ma profonde gratitude à ma chers
mère et mon père pour l'éducation qu'ils m'ont prodigué et pour leurs
sens de devoir qu'ils m'ont enseigné depuis mon enfance.*

A mes frères Adel et Lalou

A mes adorables sœurs linda, meriem et chahra

A mes adorables neveux Ines et Anas

*Mon chers fiancé Hamou qui m'a soutenu tout
au long du projet , et sa famille*

*Mes chers copines de chambre et leurs copins, Mouna et
lounis , Biba et lamine, Samira et Yahia.*

A tous mes amis en particulier Toutou et lydia

A ma chère binome Djedjiga et sa famille

A toute la promos alimentation et nutrition

A tous les membre et les personnage du lobaratoire en particulier

Sara et Tassaadit.

*Sans oublié tous ceux qui m'ont aidé de près au loin afin
d'achever et de completé mon projet*

Merci

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction général.....	01

Partie théorique

Chapitre I : Généralité sur *Moringa oleifera*

I.1.Historique et origine.....	03
I.2.Déscriptior botanique.....	04
I.2.1.Morphologie.....	04
I.2.2.Systématique et classification de <i>Moringa oleifera</i>	05
I.2.3.Nomenclature.....	06
I.3.Composition chimique de feuille de <i>Moringa oleifera</i>	07
I.4.Composition nutritionnel de <i>Moringa oleifera</i>	07
I.5.Domaines d'utilisations.....	08
I.5.1.Domaine alimentaire.....	09
I.5.2.Purification des eaux.....	10
I.5.3.Domaine médical.....	11

Chapitre II : Le fromage

II.1.Définition.....	12
II.2.Classification de fromage.....	13
II.3.Transformation de lait en fromage.....	14
II.3.1.Coagulation du lait.....	14
II.3.2.Type de coagulation	14
II.3.3.Définition de la présure.....	14
II.3.4.Mode d'action de la présure.....	16
II.3.5.Paramètres influant la coagulation enzymatique.....	17
II.3.6.Egouttage.....	19
II.3.7.Salage.....	19
II.3.8.Affinage.....	20

Sommaire

II.4.Enrichissement.....	20
--------------------------	----

Partie expérimentale

I.Matériels et méthodes :

I.1.Préparation des échantillons.....	21
I.1.1.Préparation de la poudre de feuille de <i>Moringa oleifera</i>	21
I.1.2.Le lait	21
I.1.3.La présure.....	21
I.1.4.Fabrication de fromage.....	22
I.2.Suivis au cours de stockage.....	23
I.2.1.Mesure de PH.....	23
I.2.1. Mesure de l'acidité	23
I.3.Composition chimique de la poudre de feuille de <i>Moringa oleifera</i>	25
I.3.1.La matière sèche.....	25
I.3.2.Taux de cendre.....	25
I.3.3.Teneur en protéine total.....	25
I.3.4.Teneur en matière grasse.....	27
I.4.Composition chimique du fromage.....	27
I.4.1.Détermination de taux de matière grasse	27
I.4.2.Taux de sucre (Brix).....	28
I.4.3.Mesure de la densité.....	29
I.4.4.Mesure du rendement.....	30
I.5.Composés phénoliques et activité antioxydante.....	30
I.5.1. Dosage des phénols totaux soluble.....	30
I.5.2.Activité antioxydante.....	31
I.5.2.1.Activité antiradicalaire.....	31
I.5.2.2.Chelation de fer ferreux.....	33
I.5.2.3.Pouvoir réducteur.....	34

Sommaire

I.5.3.Mise en évidence des métabolites secondaires	35
I.5.3.1.Tanins.....	35
I.5.3.2.Saponines.....	35
I.5.3.3.Alcaloïdes.....	35
I.5.3.4.Térpenoïdes.....	35
I.6.Qualité microbiologique	35
I.7.Qualité sensorielle	37
I.7.1.Elaboration d'une fiche de dégustation.....	37
I.7.2.L'echelle métrique.....	37
I.7.3.L'echelle des rangs.....	37
I.7.4.Transformation de note en rangs.....	38
I.8.Analyse statistique.....	38
II-Résultats et discussion :	
II-1-Evolution des paramètres fermentaire.....	39
II.2.Composition chimiques de <i>Moringa oleifera</i> et de fromage enrichi	40
II.3.Composés phénoliques et activité antioxydante.....	41
II.3.1.Phénols totaux solubles.....	41
II.3.2.Activité antioxydante	42
II.4.Qualité microbiologique	43
II.5.Analyse sensorielle	44
II.6.Discussion générale	47
Conclusion générale.....	49
Références bibliographiques	
Annexes	



Introduction

Introduction Générale:

Les plantes ont toujours été vitales pour l'homme. Elles sont très bénéfiques spécialement dans les pays qui souffrent de pauvreté et de la malnutrition (**Pothitirat et Gritsanapan , 2009**). Elles élaborent diverses substances appelées métabolites secondaires qui représentent une source importante d'antioxydants et de produits actifs naturels.

Ces derniers sont pour la plupart utilisés actuellement comme additifs dans les aliments fonctionnels ou comme composants bioactifs dans les préparations pharmaceutiques (**Naczk et Shahidi, 2004**).

L'homme a toujours cherché à se servir des plantes pour assurer sa survie et à en tirer des remèdes pour soigner les maladies (**Tabuti et al., 2003**). La carence en substances nutritives protectrices ou en substances antioxydant nécessaires dans le régime alimentaire peut influencer négativement l'équilibre entre les prooxydants et les antioxydants (**Butterfield et al.,2002**).

En effet, si la quantité de radicaux libres et le stress oxydatif excèdent la capacité du système de défense antioxydant du corps, des dégâts oxydatifs peuvent en résulter (**Halliwell et Gutteridge,1984**) entraînant des pathologies telles que l'arthrite et l'asthme, (**Muller et Prohl ,1993**).

Moringa (Moringa oleifera Lam) est une plante médicinale familière dans les pays tropicaux et subtropicaux. Dans de nombreuses régions du monde, y compris l'Afrique, l'utilisation de *M.oléifère* en tant que produit alimentaire est en augmentation. Par exemple, les feuilles de *Moringa* fraîches et séchées sont incluses dans les repas au Ghana, et au Niger, l'Ethiopie, l'Est Afrique et Malawi (**Agbogidi et Ilondu ; 2012**).

Presque toutes les parties de cet arbre miracle ont été utilisées à diverses fins. *Moringa Oleifera* a été utilisé comme source alternative de nourriture pour lutter contre la malnutrition, en particulier chez les enfants et les nourrissons (**Anwar et al., 2007**).

Beaucoup d'études ont montré l'utilisation potentielle de différentes parties de *M. Oleifera* dans les applications alimentaires telles que la fabrication de soupes (**Babayaju et al., 2014**), les aliments de sevrage (**Arise et al., 2014**), amala, une pâte rigide fabriqué à partir de l'igname et de la farine de plantain (**Karim et al., 2015**), Biscuits à base de plantes (**Alam et al., 2014**), pain (**Chinma et al., 2014**) et Gâteau(**Kolawole et al., 2013**).

Introduction

la littérature a également montré l'usage de *Moringa oléifera* dans les produits laitiers tels que le yaourt et le fromage a différents taux d'incorporation (**He et al., 2010; Salem et al., 2013 ; Hekmat et al., 2015; Kuikman et O'Connor, 2015**).

L'objectif de cette étude porte sur la possibilité d'incorporer la poudre de feuille de *Moringa oleifera* dans un fromage frais et d'étudier les répercussions éventuelles au cours de 14 jours de stockage des fromages élaborés à 4°C (PH et acidité) sur sa qualité nutritionnelle , l'évaluation de la teneur en composé PTS et l'activité antioxydante du fromage enrichi (activité anti radicalaire, pouvoir réducteur et la chélation de fer ferreux), qualité microbiologique, et l'évaluation de la qualité sensorielle et organoleptique.

Liste des abréviations

Liste des abréviations

Abs : Absorbance

AW : Activité de l'eau

BHA :Hydroxyanisolbutylé

CaCl₂ :Chlorure de calcium

DPPH : 1,1 diphényl-2-picryl hydrazyle

ED : Eau distillée

EDTA : Acide ethylendiaminetetraacetic

Eq AA : Equivalent Acide Ascorbique

Eq AG : Equivalent Acide Gallique

H₂SO₄ : acide sulfurique

MG : Matière grasse

NaCl : Chlorure de sodium

NaOH :Hydroxyde de sodium

OGA :Gélose glucosé l'oxytétracycline

PCA : Plate Count Agar

PFMO : Poudre de Feuille de Moringa oleifera

PH : potentiel d'hydrogène

PTS : Phénols totaux soluble.

TTA : Acidité titrable

UFC :Unité formant colonie

UHT : Ultras haute température

Liste des figures

Figure N°01: Répartition géographique de *Moringa oleifera*.

Figure N°02 : Valeur nutritionnelle de poudre de feuille de *Moringa oleifera*

Figure N°03 : Les principales utilisations des différents organes de *Moringa oleifera*.

Figure N°04 : Poudre de feuilles de *Moringa* ajoutée à un plat.

Figure N°05 : Eau d'étang non traitée (bouteille de gauche) et traitée avec des graines de *Moringa*.

Figure N°06 : Différentes voies de coagulation du fromage .

Figure N°07: Phases de la coagulation enzymatique du lait.

Figure N°08 : Feuille de *Moringa oleifera* broyées à gauche et poudre à droite.

Figure N°09 : Photo du lait UHT utilisé.

Figure N°10 : Diagramme de fabrication du fromage frais.

Figure N°11: Appareil de PH mètres.

Figure N°12 : Mode opératoire de mesure de l'acidité titrable.

Figure N°13: Protocole de détermination de la teneur en protéine totale.

Figure N°14 : Photographie d'Appareil de Soxhlet.

Figure N°15: Protocole de détermination de la teneur en matière grasse du fromage.

Figure N°16 : protocole de détermination de la teneur en sucre du fromage.

Figure N°17: Filtration de l'extrait centrifugé sous papier Whatman.

Figure N°18 : Protocole de dosage des phénols totaux solubles.

Figure N°19 : Mécanisme réactionnel de la réduction du radical DPPH.

Figure N°20 : Protocole d'activité anti-radicalaire.

Figure N°21: Protocole de la chélation de fer ferreux.

Liste des figures

Figure N°22 : Protocole de pouvoir réducteur.

Figure N° 23: Suivis de PH au cours du stockage.

Figure N°24 :Suivis de l'acidité au cours du stockage.

Figure N°25: Teneur en composition chimique de la poudre de Moringa oleifera et le fromage enrichi.

Figure N°26: Teneur en phénols totaux solubles dans les fromages.

Figure N°27 : Activité antioxydantes de fromage enrichis.

Figure N°28 : Valeurs moyenne de note de chaque descripteur du fromage à J+1.

Figure N°29: Valeurs moyenne de notede chaque descripteur du fromage à J+14.

Liste de tableaux

Tableau N°I : Les différentes formes végétatives de l'arbre *Moringa oleifera* .

Tableau N°II : Différentes nomenclatures de *Moringa oleifera* selon diverses langues.

Tableau N° III: Caractéristiques des classes de fromage.

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

Tableau N°V: Caractères majoritaire du fromage enrichis de J+1perçus lors de la dégustation.

Tableaux N°VI : Résultats de dénombrement et de recherche de bactéries.

Tableau N°VI : Tableau récapitulatif des sommes des rangs des échantillons à J+1 et J+14

Tableau N°VII: Caractères majoritaire du fromage enrichis de J+1perçus lors de la dégustation.



Partie
Théorique

I. Généralités sur *Moringa oleifera*

I.1. Historique et origine:

Moringa oleifera Lam. (Synonyme: *Moringa pterigosprema* Gaertner) appartient à une famille monogénérique d'arbres et arbustes, les Moringacées. Il semble être originaire des régions d'Agra et d'Oudh, au Nord-Est de l'Inde, au sud de la chaîne de montagnes de l'Himalaya. *Moringa oleifera* est mentionné dans le « Shushruta Sanhita », écrit au début du premier siècle avant J-C, sous le nom de « Shigon ». Il semble que la culture de cet arbre en Inde ait en fait été établie il y a plusieurs milliers d'années (Odee,1998).

Moringa oleifera est aujourd'hui cultivé à travers le Moyen-Orient (Morton,1991) (le nord-est du Pakistan, au nord-est Bangladesh, Sri Lanka, Asie de l'Ouest, la péninsule arabique (Roloff et al.,2009) ainsi que tout le long de la ceinture tropicale. Il a été introduit en Afrique de l'Est au début du 20ème siècle. Au Nicaragua, le « Marango » (nom local de *Moringa oleifera*) a été introduit dans les années 1920 comme plante ornementale et utilisée dans les haies vives. Bien qu'étant répertorié dans les inventaires forestiers à travers tout le pays, c'est dans la partie occidentale (Morton,1991) le sud de la Floride, en Amérique centrale (Figure 01) et du sud du Mexique au Pérou, ainsi qu'au Brésil et au Paraguay (Roloff et al.,2009) qu'il est le plus répandu et qu'il se développe le mieux. Il n'est pas cultivé mais on le connaît pour ses capacités de résistance à la sécheresse et aux maladies (Morton,1991) .



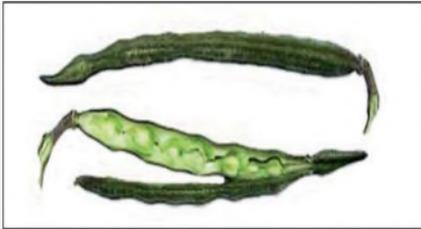
Figure N°01: Répartition géographique de *Moringa oleifera*

I.2. Description botanique :

I.2.1. Morphologie :

Moringaceae est une famille d'arbustes et d'arbres à un seul genre, qui comprend 13 espèces, réparties dans l'Indien Sous-continent (*Moringa oleifera* et *Moringa concanensis*), Kenya (*Moringa longituba* et *Moringa rivae*), au nord-est et au sud-ouest Afrique (*Moringa tenopetala*), Arabie et Madagascar (*Moringa drouhardii* et *Moringa hildebrandtii*) (Padayachee et Baijnath 2012; Saini et al., 2016) *Moringa oleifera* Lam est un Arbre tropical dicotylédone (Tableau N°I) pérenne et à feuilles caduques (Pandey et al., 2011) L'arbre de *Moringa* se développe le mieux à une température comprise entre de 25-35°C sous la lumière directe du soleil, à une altitude de 500 m, et dans un sol légèrement acide à alcalin (pH 5,0 à 9,0); il peut tolérer des température élevé allant jusqu'à 48°C, gelée en hiver, altitude, et une grande variété du sol conditions (da Silva et al., 2010).

Tableau N°I : Les différentes formes végétatives de l'arbre *Moringa oleifera* :

Différentes formes végétatives	Morphologie (Aspect)	Description
Feuilles	 www.moringanews.org	Les feuilles sont craquées longitudinalement, un axe principal de 30 à 75 cm de long avec des folioles ovales opposées et des branches articulées (Foidl et al., 2001)
Fruit	 www.moringanews.org	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 (Foidl et al., 2001)
		Les fleurs mesurent 2,5 cm de large et se présentent sous forme de panicules axillaires et tombantes de 10 à 25 cm. Elles sont

Fleurs	 <p>(Fahey , 2005)</p>	généralement abondantes et dégagent une odeur agréable. Elles sont blanches ou couleur crème, avec des points jaunes à la base. Les sépales, au nombre de cinq, sont symétriques et lancéolés (Foidl <i>et al.</i> , 2001)
Graines	 <p>(Fahey ,2005)</p>	Les graines 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 (Makkar <i>et Becker</i> ,1997)
Tronc	 <p>(Fahey ,2005)</p>	Le tronc est généralement droit, mais il est parfois très peu développé. En général, il atteint 1,5 à 2 mètres de haut avant de se ramifier, bien qu'il puisse parfois atteindre les 3 mètres.(Foidl <i>et al.</i> , 2001)

I.2.2. Systématique et classification de *Moringa oleifera* : (Fahey,2005)

Règne :	Plantae
Sous règne :	Tracheobionta
Super division :	Spermatophyta
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Sous classe :	Dilleniidae
Ordre :	Capparales

Famille : Moringaceae

Genre : Moringa

Espèce : Oleifera

I.2.3. Nomenclature :

Il existe différentes nomenclatures de l'arbre *Moringa oleifera* (**Tableau N°II**) présentées ci-dessous.

Tableau N°II : Différentes nomenclatures de *Moringa oleifera* selon diverses langues (Fahey, 2005)

Langue	Nomenclature
Latin	<i>Moringaoleifera</i>
Sanskrit	Subhanjana
Hindi	Saguna, Sainjna
Gujarati -	Suragavo
Tamil	Morigkai
Telugu	Mulaga, Munaga
Malayalam	Murinna, Sigu
Punjabi	Sainjna, Soanjna
Unani	Sahajan
Ayurvedic	Akshiva, Haritashaaka, Raktaka, Tikshnagandhaa
French	Moringe à graine ailée, Morungue
Spanish	Ángela, Ben, Moringa
Portuguese	Moringa, Moringueiro
Chinese	La ken
English	Drumsticktree, Horseradish tree, Ben tree

I.3. Composition chimique des feuilles de *Moringa oleifera* :

Cette famille de plantes peut agir comme une bonne source d'antioxydants naturels en raison de la présence de divers types de composés antioxydants tels que l'acide ascorbique, flavonoïdes, phénoliques et les caroténoïdes (Makkar et Becker,1997) .

Les concentrations élevées d'acide ascorbique, substances oestrogènes , B-sitostérol ,fer, calcium, phosphore, cuivre, vitamines A, B et C, α -tocophérol, riboflavine, acide nicotinique, acide folique, pyridoxine, β -carotène, protéines et des acides aminés essentiels particuliers tels que la méthionine, la cystine, le tryptophane et la lysine présents dans les feuilles de *Moringa* (Foidl et al., 2001).

Moringa oleifera est riche en composés contenant des sucres simples, dont le rhamnose et un groupe assez unique de composés appelés glucosinolates et isothiocyanates (Fahey et al.,2001; Bennett et al., 2003; Anwar et al.,2007).

I.4. Composition nutritionnelle :

Un grand nombre de rapports sur les qualités nutritionnelles de *Moringa* existent maintenant à la fois dans le domaine scientifique et la littérature populaire. "Les feuilles de *Moringa* contiennent plus de vitamine A que les carottes, plus de calcium que le lait, plus de fer que les épinards, Plus de vitamine C que les oranges, et plus de potassium que les bananes " (Figure02), la qualité des protéines de *Moringa* rivalise avec celle du lait et des œufs.

En fait, les propriétés nutritionnelles de *Moringa* sont maintenant si bien connues et il semble ne pas douter que les bénéfices substantiels pour la santé soient réalisés

(Fuglie, 1999; Fuglie, 2000)



FigureN° 02 : Valeur nutritionnelle de poudre de feuille de *Moringa oleifera*
(Fuglie, 2002)

1.5. Domaine d'utilisation :

Plusieurs parties de l'arbre *Moringa oleifera* ont un intérêt nutritionnel qui permet son utilisation dans divers domaines (**Figure 03**).

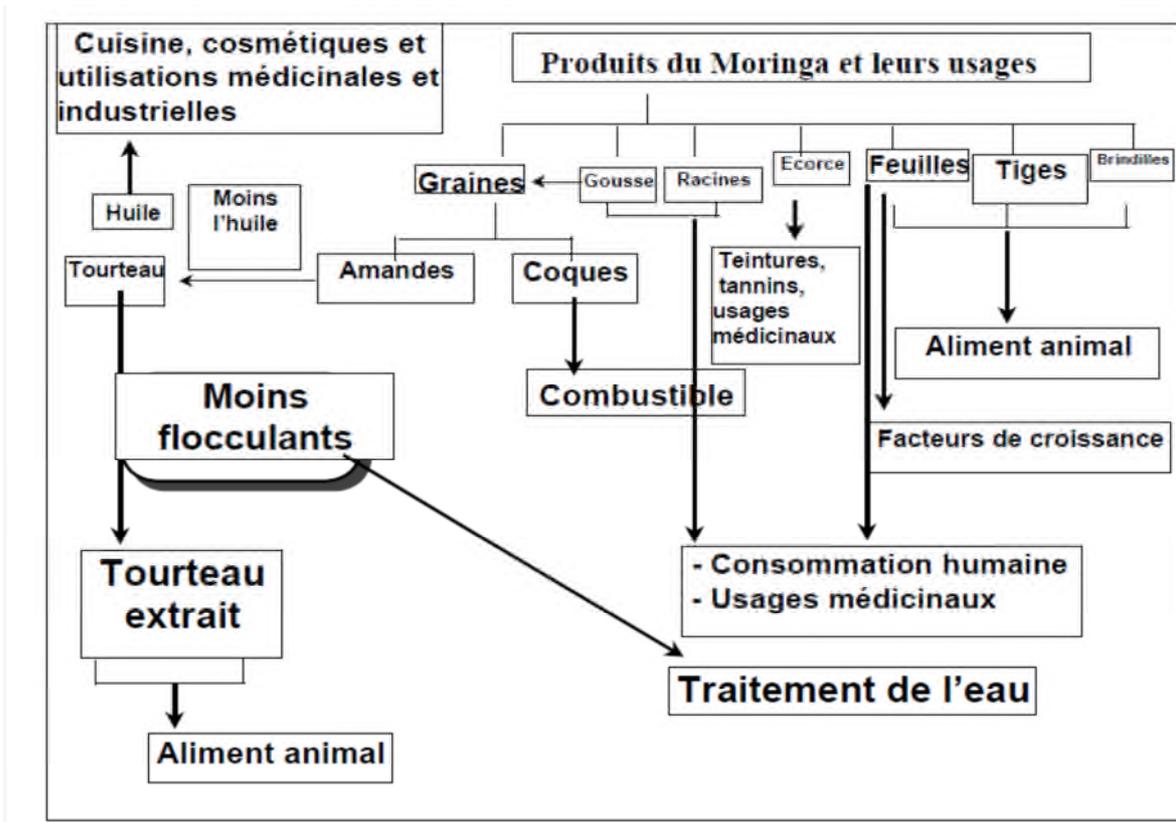


Figure N°03 : Les principales utilisations des différents organes de *Moringa oleifera*.

(Foidl *et al.*, 2001)

1.5.1. Domaine alimentaire :

Les jeunes feuilles sont comestibles et sont couramment consommées cuites (**Figure N°04**) comme des épinards, ou préparées en soupe ou en salade. La composition en acides aminés des protéines contenues dans les feuilles est équilibrée pour la consommation alimentaire humaine (Foidl *et al.*, 2001)



Figure N°04 : Poudre de feuilles de *Moringa* ajoutée à un plat (Fahey, 2005)

1.5.2. Purification des eaux :

Moringa oleifera joue un rôle d'«arbre clarifiant» (Shagarat al Rauwāq) dans le nord du Soudan. Après confirmation scientifique des propriétés flocculantes des graines, que les femmes du village avaient jusqu'ici principalement utilisé pour traiter l'eau très trouble (Price, 2007), la recherche systématique de coagulants naturels était également étendue aux graines d'autres espèces de *Moringa*. Jusque-là, le succès a été obtenu avec *Moringa peregrina* (Forssk.) Fiori (Égypte), *Moringa stenopetala* (Bak.F.) coupé. (Kenya), *Moringa longitubaengl.* (Somalie), *Moringa drouhardii* Jumelle (Madagascar) et *Moringa ovalifoliadinter et Berger* (Namibie). Comme pour les graines *Moringa oleifera*, tous les types de graines étudiés contiennent des coagulants primaires comparable au coagulant conventionnel. Appliqué à des doses de 30 à 200 mg / litre conformément à la qualité de l'eau brute, les suspensions de poudre de graines de *Moringa* pourraient clarifier différents types d'eaux de surface tropicales à turbidité faible, moyenne et haute à l'eau du robinet dans une heure ou deux (Figure N°05) (Jahn *et al.*, 1986). Une élimination efficace de la turbidité est accompagné d'une élimination des bactéries indicatrices à 98 à 99%, au traitement de l'eau domestique avec les graines *Moringa* est devenu une technologie peu coûteuse à utiliser pour améliorer l'eau et la santé dans les communautés rurales des pays en développement tropicaux (Foidl *et al.*, 2001).



Figure N°05 : Eau d'étang non traitée (bouteille de gauche) et traitée avec des graines de *Moringa* (Fahey, 2005)

1.5.3. Domaine médical :

Moringa oleifera a un énorme potentiel médical, qui a longtemps été reconnu dans le système ayurvédique et unani (Mughal *et al.*, 1999). presque chaque partie de cette plante, y compris la racine, l'écorce, la gomme, la feuille, les fruits (gousses), les fleurs, les graines, Et l'huile de graines ont été utilisées pour diverses affections en médecine indigène (Farooq *et al.*, 2012).

Toutes ces utilisations n'ont pas encore été vérifiées scientifiquement , mais le *Moringa* est considéré comme un traitement contre l'anémie, la perte d'appétit et il augmente la lactation des femmes - les douleurs gastriques, l'ulcère à l'estomac, la diarrhée, la dysenterie, la colite et il peut être utilisé comme laxatif, purgatif et diurétique - les rhumes, bronchites, fièvre et maux de tête - les rhumatismes, les crampes musculaires, les bleus et ecchymoses - les infections cutanées, la gale, les mycoses, les piqûres d'insectes.

Le *Moringa* peut être aussi utilisé dans certains cas de diabète pour stabiliser le taux de sucre et peut également stabiliser la tension artérielle.(Fuglie, 2002).

II.Fromage

II.1.Définition:

Le lait et les produits laitiers, y compris fromage, continuent à jouer un rôle très important dans la nutrition des gens dans beaucoup de pays du monde. Le fromage (Fromage dur) peut être conservé jusqu' une année (FAO, 1990).

La norme **FAO/OMS n° A-6 (1978, modifiée en 1990)** donne la définition suivante : le fromage est le produit frais ou affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines du lactosérum/caséine n'excède pas celui du lait, obtenu par :

- Coagulation du lait, lait écrémé, lait partiellement écrémé, crème de lactosérum ou babeurre, seul ou en combinaisons, grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation;
- L'emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou des matières obtenues à partir de lait, présentant des caractères physiques, chimiques et organoleptiques similaires à ceux du produit défini plus haut.

Selon cette même norme :

-Le fromage «affiné» est celui qui n'est pas prêt à la consommation immédiatement après la fabrication, qui doit être maintenu pendant un certain temps à la température et dans les Conditions nécessaires pour que s'opèrent les changements caractéristiques (Biochimiques et physiques) du fromage.

-Le fromage «affiné aux moisissures» est celui dont l'affinage est provoqué essentiellement par la prolifération de moisissures caractéristiques dans la masse et/ou sur la surface du fromage.

-Le fromage «frais ou non affiné» est du fromage qui est prêt à la consommation peu de temps après la fabrication.

II.2. Classification de fromage :

La classification de fromage (**Tableau N°III**) est basée sur le type du caillé, le mode d'égouttage et du type d'affinage.

Tableau N° III: Caractéristiques des classes de fromage (**Vignola ,2002**).

Classification suivant le type de coagulation		
Techniques		Caractéristiques de la caillebotte
Caillé lactique	Faible quantité de présure Température de coagulation de 18-28°C Temps de coagulation entre 4 et 20h pH de décaillage 4,6-5,0	Riche en eau, pauvre en calcium Faible cohésion Durée de conservation limitée
Caillé présure	Forte quantité de présure Température de coagulation de 30 à 40°C Temps de coagulation entre 20 et 60 mn pH de décaillage 6,0 à 6,7	Egouttée, riche en calcium Elastique et souple Apte à l'affinage
Classification suivant le type d'égouttage		
Techniques		Caractéristiques du fromage
Egouttage lent	Mise en moule avec ou sans coupage Séparation de sérum par filtration, ultra filtration ou centrifugation	Riche en eau Petit format Conservation limitée à quelques semaines Texture friable ou molle
Pâte pressée (non cuite)	Décaillage, brassage du caillé Prépressage Mise en moule Pressage	Humidité intermédiaire Format restreint (environ 1 Kg) Affinage de quelques mois Texture souple et moelleuse

II.3. Transformation du lait en fromage :

II.3.1. Coagulation du lait :

La fabrication du fromage nécessite une phase de coagulation du lait, qui permet l'expulsion plus ou moins d'une grande partie de l'eau et de matière soluble (le sérum). On obtiendra ainsi un caillé ou fromage non affiné (**Lenoir *et al.*, 1983**).

La coagulation correspond à une modification physico-chimique des micelles de caséine sous l'action d'enzymes protéolytiques et (ou) d'acide lactique. Celles-ci entraînent la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé coagulum ou gel.

Les mécanismes proposés dans la formation du coagulum diffèrent totalement suivant que ces modifications sont induites par acidification ou par action d'enzymes coagulantes ou encore par l'action combinée des deux (**Eck et Gillis, 1990**).

II.3.2. Type de coagulation:

La coagulation du lait est une étape dans laquelle y aura séparation du caillé et du lactosérum, et il existe différentes voie :

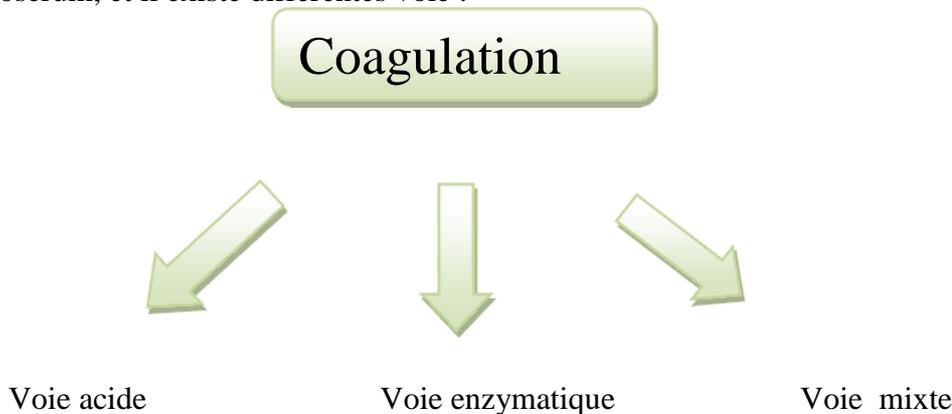


Figure N°06 : Différentes voies de la coagulation du fromage .

Il y a un grand nombre d'enzymes protéolytiques, d'origine animale, végétale ou microbienne, qui ont la propriété de coaguler le lait tel que : la présure (chymosine+pepsine), fascine, subtiline.

II.3.3. Définition de la présure :

La présure de veau est la préparation coagulante traditionnelle la plus utilisée pour la coagulation du lait (**Alais ,1984; Wigley , 1996**).

Elle est l'extrait provenant de la troisième poche de l'estomac appelée *abomasum* ou caillette de jeunes ruminants abattu avant sevrage (Veisseyre, 1979). De moindres quantités sont obtenues à partir de l'estomac de chevreau et d'agneau. La dénomination présure est réservée à l'extrait coagulant.

Elle est constituée de deux fractions actives, l'une majeure, la chymosine, l'autre mineure, la pepsine dans un rapport de masse de chymosine active / masse de pepsine active est $\geq 1,38$.

II.3.3.1. La chymosine :

La chymosine est la protéase majeure responsable d'au moins 85% de l'activité coagulante totale (Ramet, 1997).

C'est une holoprotéine, de poids moléculaire voisin de 30 kDa (Scriban, 1993). Elle est stable entre pH 5 et 6 ; son activité est optimale à pH voisin de 5 ; elle est inactivée à pH 7,5 et est dénaturée à pH 8. Sa température optimale d'action est voisine de 40°C. L'inactivation thermique a lieu dès 50°C et elle est totale à 61°C (Lenoir et al., 1985 ; Scriban, 1993).

II.3.3.2 La pepsine :

La pepsine est le constituant mineur de la présure dont la sécrétion gastrique ne devient prépondérante qu'après sevrage (Ramet, 1997). Elle est de poids moléculaire 35 kDa (Alais, 1984) à l'opposé de la chymosine, la pepsine possède une activité protéolytique élevée et une faible activité coagulante. D'après Broome et al., (1990), 20% de l'activité coagulante est assurée par la pepsine dans la fabrication fromagère (Cheddar, Emmental,...). La pepsine est relativement stable à des pH compris entre 5 et 5,5. Son activité enzymatique est plus élevée entre pH 1 et 4 avec un maximum vers 1,8 et varie selon la nature du substrat.

C'est une enzyme thermosensible en solution après 55°C. Elle est dénaturée à des températures à 70°C (Talantikite-Kellil, 2015).

Ses propriétés enzymatiques la font classer parmi les endopeptidases, qui sont à l'origine de la coagulation présure du lait (Veisseyre, 1979).

II.3.4. Mode d'action de la présure :

La chymosine hydrolyse la liaison *Phe105-Met106* de la caséine κ et possède une activité Protéolytique générale faible pendant l'affinage du fromage.

La coagulation comporte trois phases (**Figure 6**).

- L'hydrolyse enzymatique de la caséine κ .
- L'agrégation des micelles déstabilisées.
- La réticulation et la formation du gel.

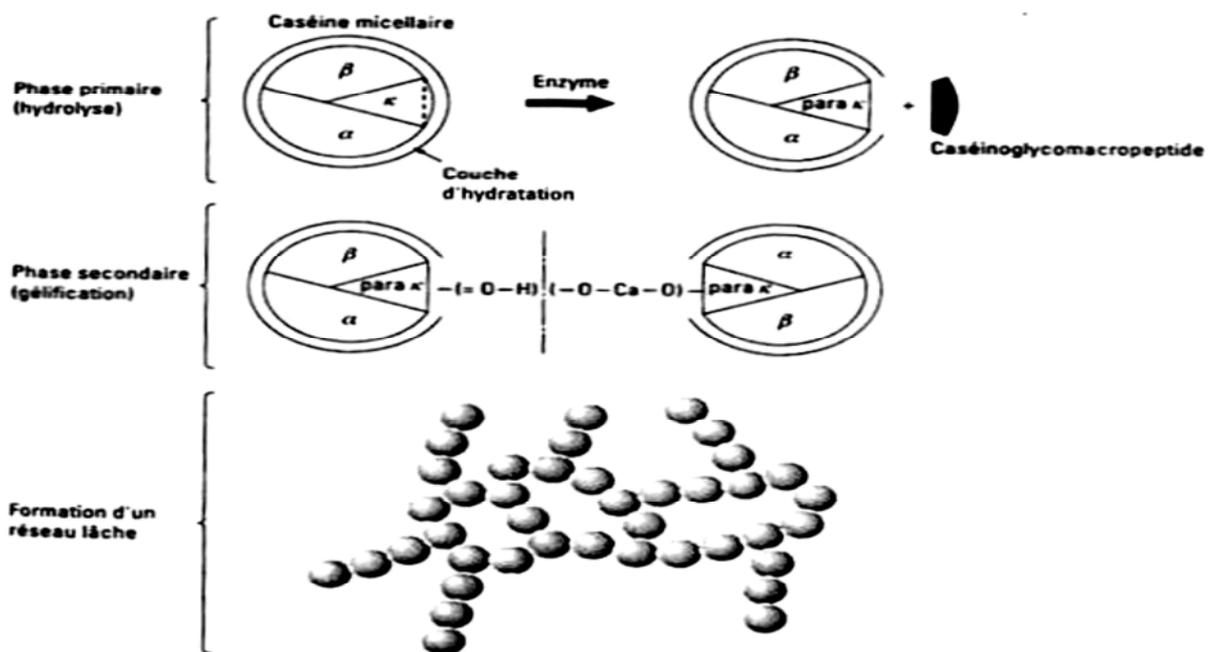


Figure N°07: Phases de la coagulation enzymatique du lait (Mietton et al., 1994)

II.3.4.1. Phase I ou hydrolyse enzymatique :

Elle concerne l'hydrolyse de la caséine κ , au niveau de la liaison peptidique phénylalanine (105) et méthionine (106), qui conduit à la formation de paracaseine $\kappa(1-105)$, et de CMP (106-169). La libération du CMP se traduit par une réduction du potentiel de surface des micelles et en conséquence, une diminution des répulsions électrostatiques qui à l'état initial contribue à la stabilité du système colloïdal (Eck et Gillis, 1997).

Cette phase est indépendante des ions de Ca^{2+} et elle se produit à des températures variées (de 0 à 50°).

II.3.4.2.Phase II ou dite d'agglomération:

Cette phase prend place lorsque 80% environ de la caséine k sont hydrolysés. La vitesse d'agrégation s'accroît rapidement avec l'état d'avancement de la réaction enzymatique (Eck et Gillis ,1997)

II.3.4.3.Phase III ou de protéolyse générale:

Les micelles agrégées subissent de profondes réorganisations : des liaisons de nature variée s'établissent entre les micelles (électrostatiques, hydrophobes et salines) pour former un gel constitué par un réseau lâche emprisonnant le lactosérum et la matière grasse. Dans le gel ainsi formé, la caséine est présente sous une forme fortement minéralisée et ce degré de minéralisation élevé confère au gel présure des caractères différents de ceux du gel lactique. Le gel présure est souple, très cohésif, imperméable et contractile (Scriban ,1999).

II.3.5.Paramètres influant la coagulation enzymatique:

Plusieurs facteurs influencent la coagulation présure: parmi ces facteurs, on peut citer la concentration en enzyme, la température, le pH et la concentration en ions Ca^{2+} (Larsson et André 1999;van Vliet *et al.*, 2004; Anema *et al.*, 2005b; Guyomarc'h 2006 ; Candiotti *et al.*, 2007) .

II.3.5.1.concentration en enzyme :

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

Certains auteurs ont observé aussi une augmentation de la fermeté du gel associée à l'augmentation de la concentration en présure (Zoon, 1988).

II.3.5.2.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. Le processus de coagulation ralentit et s'arrête à 55 °C.

Après un chauffage, il y a une augmentation du temps de gélification par la chymosine accompagnée d'une diminution de la fermeté du gel formé. D'après leur étude, le chauffage a un léger effet au niveau de la phase primaire (enzymatique) de la coagulation, tandis que son effet reste marqué au moment de la phase secondaire (phase d'agrégation des protéines) (Alloggio *et al.*, 2000;Nájera *et al.*, 2003;Anema *et al.*, 2005a).

II.3.5.3.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 *et al.*, 2005).

Le pH optimal d'hydrolyse de la κ - caséine se situe entre 5,1 et 5,3 (Humme 1972; Lopez-Fandino et Olano 1998;Żbikowska *et al.*, 2005). L'effet le plus important de l'abaissement du pH est la solubilisation du phosphate de calcium micellaire ((VISSER *et al.*, 1980;Le Graët et Brulé, 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, 2000).

II.3.5.4.La concentration en ions Ca 2+ :

L'addition de calcium (Ca 2+) diminue le temps de coagulation par la présure (McMahon *et al.*, 1984; Balcones *et al.*, 1996).

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 *et al.*, 2004). L'agrégation des caséines est ainsi accélérée par l'addition de calcium. Cette accélération est due à la réduction du potentiel ζ des micelles (Dalgleish 1983;Holt 1997).

L'influence du calcium affecte aussi la vitesse de raffermissement ainsi que la fermeté du gel (Patel et Reuter, 1986; Lucey et Fox ,1993).

Le calcium apporté sous forme de CaCl₂ entraîne une augmentation de la force ionique, une diminution de pH et une élévation du produit de solubilité apparente du phosphate de calcium. Il en résulte alors une augmentation des concentrations en calcium soluble et ionique. Le Chlorure de calcium «écran» les charges positives et négatives des micelles et augmente leur hydratation (Zoon ,1988)

A des concentrations de Ca²⁺ élevées ($\geq 0,3M$), le temps de coagulation peut diminuer.

Une addition de plus de 10 mM de Ca²⁺ au lait augmente la force du gel présure(Lucey *et Fox*, 1993) Le couple pH et la concentration du lait en chlorure de calcium (CaCl₂) sont

les seules combinaisons qui affecte la fermeté du coagulum et la vitesse de formation du gel (Nájera *et al.*, 2003;Mietton *et al.*, 2004).

III.3.6.Egouttage :

L'égouttage est le résultat de deux phénomènes physiques différents:

- Un phénomène actif, la synérèse, qui est dû à la contraction du gel; il est particulièrement important dans les coagulums présure;
- Un phénomène passif, résultant de l'aptitude du coagulum à laisser s'écouler le lactosérum occlus; cette exsudation spontanée du sérum, est l'une des caractéristiques des gels lactiques.

La séparation du lactosérum s'accompagne d'une ségrégation des différents composants originels du lait: la plus grande partie de l'eau et du lactose ainsi qu'une fraction de la matière grasse et des protéines sont éliminées par le sérum; la plus grande partie des protéines et de la matière grasse est retenue par le coagulum, dont l'extrait sec croît progressivement à mesure de l'élimination du sérum (Weber *et al.*, 1997)

II.3.7.Salage :

Le salage peut s'effectuer selon deux techniques :

II.3.7.1.Salage à sec :

Saupoudrage superficiel, par frottage ou par incorporation dans la masse du caillé (cantal, cheddar) ;

II.3.7.2.Salage en saumure :

Immersion dans une solution saturée en NaCl. L'incorporation du chlorure de sodium dans le fromage a pour objectifs :

- d'assurer un complément d'égouttage ;
- de contribuer éventuellement à la formation de la croûte ;
- de régler l'activité de l'eau (AW) du fromage qui oriente et freine les développements microbiens et les actions enzymatiques au cours de l'affinage ;
- d'accroître le potentiel organoleptique fromage (Mahaut *et al.*, 2003)

II.3.8. Affinage :

A la fin de l'égouttage, le coagulum se trouve sous forme d'un gâteau de volume, de forme et de composition déterminés. Sauf dans le cas où ce coagulum est consommé à l'état frais, il subit alors un affinage (ou maturation) qui va modifier sa composition, sa valeur nutritive, sa digestibilité et ses caractères organoleptiques (aspect, consistance, saveur, odeur) (Eck et Gillis, 1997). L'affinage correspond à un ensemble de dégradations enzymatiques, simultanées ou successives du caillé. Il est dominé par plusieurs phénomènes biochimiques dont les plus importants sont la fermentation du lactose, la dégradation enzymatique des protéines et l'hydrolyse de la matière grasse.

Ces transformations ne s'arrêtent pas au stade primaire, car le ou les produits formés peuvent être à leur tour transformés et donner naissance à de nouveaux composés, eux-mêmes susceptibles d'être repris par d'autres systèmes enzymatiques.

Toutes ces transformations que subit le substrat font évoluer sa texture et sa saveur, qui atteindront un degré optimal après une certaine période d'affinage plus ou moins longue selon le type de fromage (BUCHIN et NOEL, 2002; Famelart *et al.*, 2004)

II.4. Enrichissement :

L'enrichissement est défini comme l'addition à un aliment d'un ou plusieurs nutriments essentiels, normalement ou non contenus dans l'aliment, avec pour objectif de prévenir ou de corriger une carence en un ou plusieurs nutriments, au sein d'une population ou de groupes de population spécifiquement vulnérables (FAO/WHO, 1994)

Les stratégies d'enrichissement utilisent des aliments vecteurs facilement accessibles et largement consommés (Berger, 2004)

Le choix de chaque micronutriment à ajouter dépend de sa biodisponibilité dans l'aliment et de sa stabilité au cours du procédé de préparation et au cours du stockage.

Pour fonctionner et être efficace à long terme, le procédé d'enrichissement doit être simple et l'aliment enrichi acceptable par le consommateur en terme de propriétés organoleptiques (goût, texture mais aussi odeur et couleur) (Stekel *et al.*, 1985).

Moringa Oleifera est d'usage assez courant en alimentation et en médecine populaire dans les sociétés africaines et asiatiques.

La qualité nutritionnelle de ses feuilles en sa richesse en vitamines, minéraux et protéines, (Ndong *et al.*, 2007).



Partie
Pratique



***Matériels et
Méthodes***

I. Matériels et méthodes :

I.1 Préparation des échantillons :

I.1.1. Préparation de poudre de feuille de *Moringa oleifera* :

Après tri et nettoyage, les feuilles sont séchées à l'air libre et à l'abri de la lumière, les feuilles jaunes sont éliminées puis broyées à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre obtenue a été ensuite tamisée à l'aide d'un tamis électrique (Retsch-AS 200) afin d'avoir une poudre de taille des particules inférieure à $53\mu\text{m}$ (**Figure N°08**) et conservée dans des bocaux en verre à l'abri de la lumière pour éviter toute détérioration de l'échantillon.



Figure N°08 : Feuille de *Moringa oleifera* broyées à gauche et poudre à droite

I.1.2. Le lait :

Le lait utilisé (Figure N°8) est un lait entier UHT (2.8% de matière grasse).



Figure N°09 : Photo du lait UHT utilisé

I.1.1.3. La présure :

Un mélange de $150\mu\text{l}$ d'eau distillé, 0.18g de NaCl (Solution saline) et 0.02g de poudre de présure est préparée juste avant emprésurage (Volume de présure suffisant pour coaguler 1L de lait).

I.1.4. Fabrication du fromage :

Le fromage a été préparé (**Figure N°10**) au sein du laboratoire (Alimentation et nutrition) selon le diagramme de fabrication du fromage artisanal (**Apilado et al., 2013**) avec incorporation de poudre de feuille de *Moringa* avec des différentes concentrations.

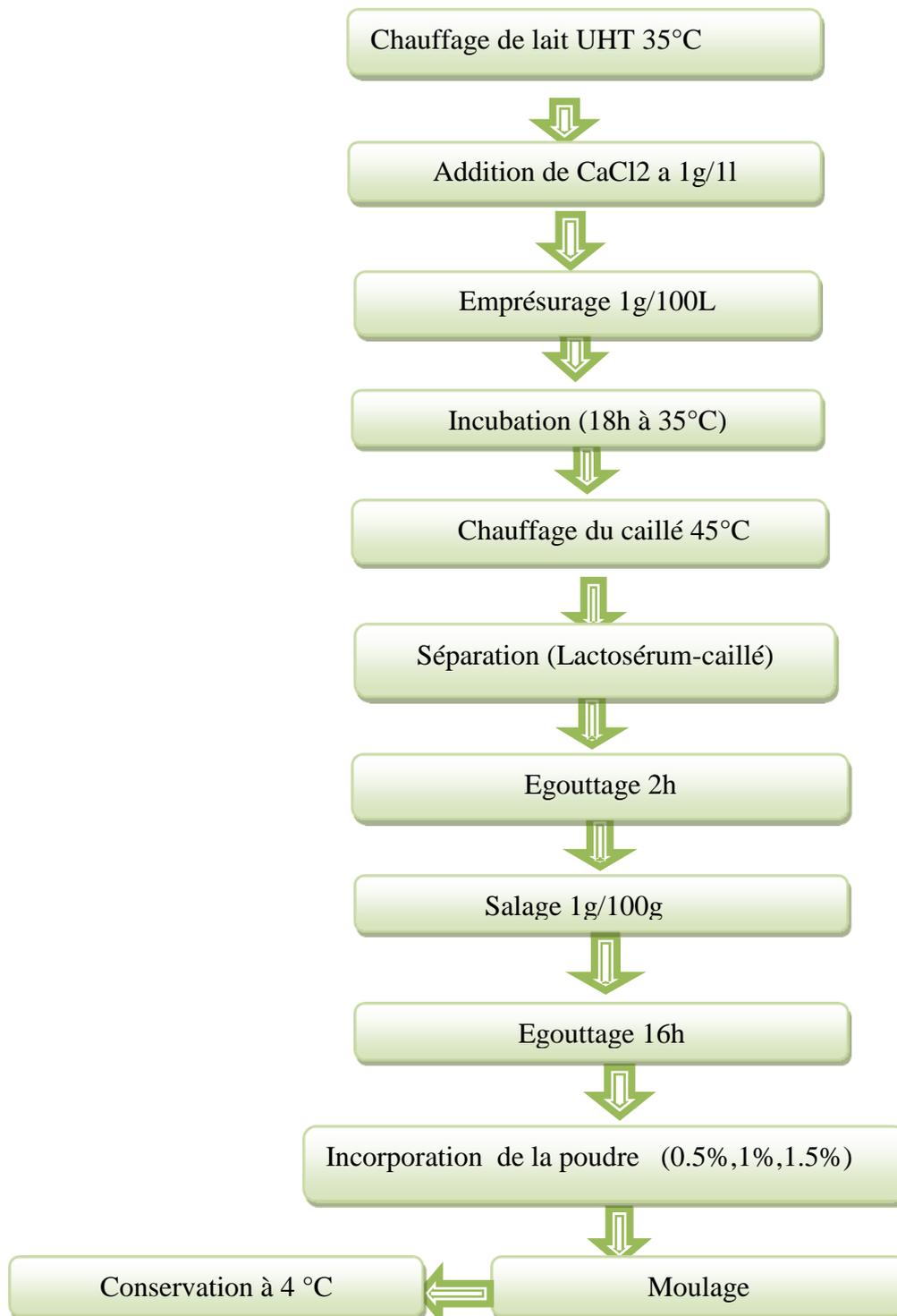


Figure N°10: Diagramme de fabrication du fromage frais.

I.2. Suivis au cours du stockage :

I.2.1. Mesure du pH :

- Principe

Le pH par définition est une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une solution. (Shori et Baba 2013). Les valeurs du pH ont été mesurées avec un pH mètre (**Figure N°11**) (micro pH 2000 CRISON) le 1^{er}, 7^{ème} et le 14^{ème} jour.



Figure N°11: Appareil de PH mètres

I.2.2. Mesure de l'acidité :

- 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 et titrée avec une solution d'hydroxyde de sodium (0.1N) en présence de la phénolphtaléine comme indicateur coloré.

- **Mode opératoire :**

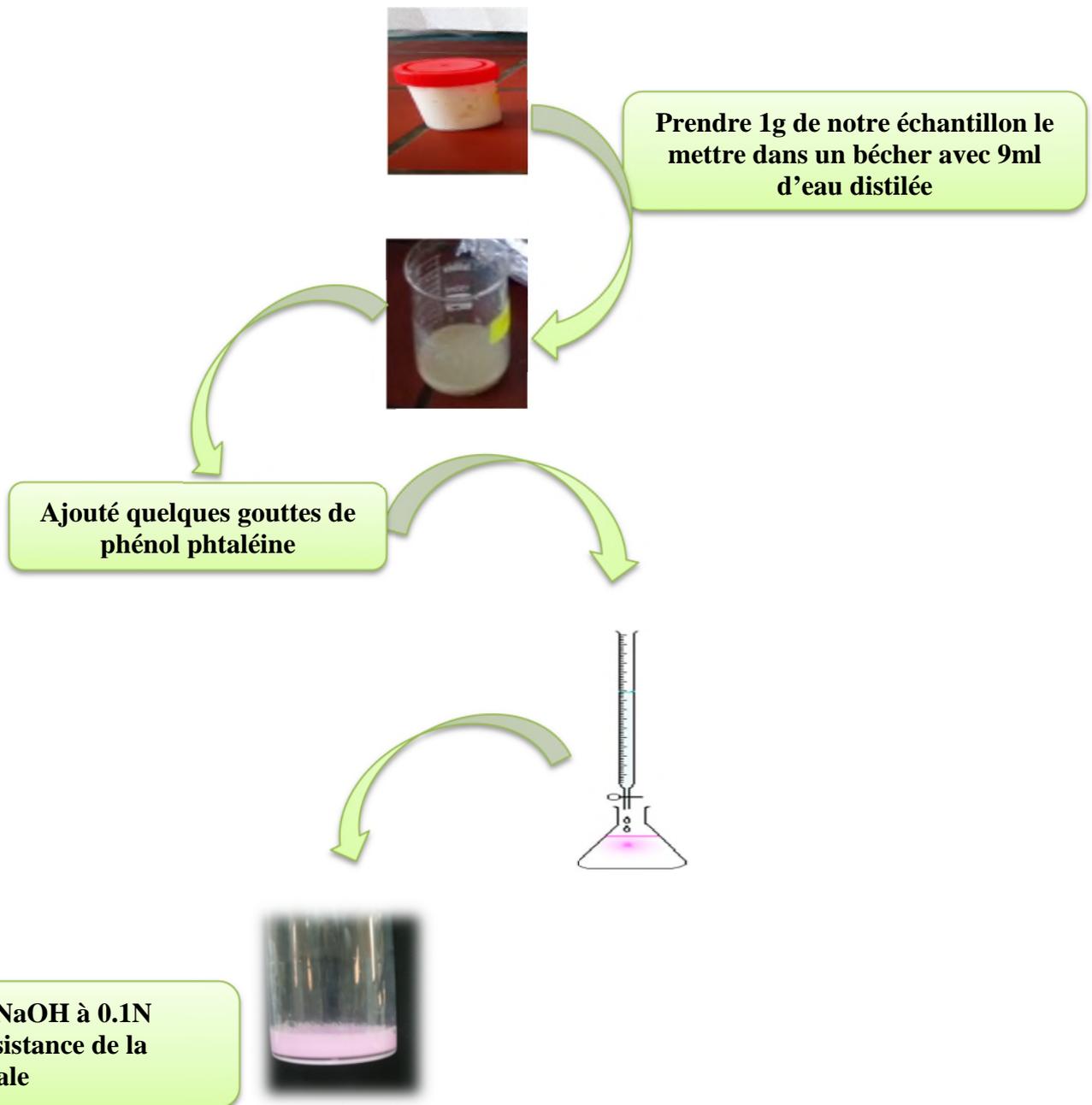


Figure N°12 : Mode opératoire de mesure de l'acidité titrable.

- **Expression des résultats :**

L'acidité titrable (TTA%) est calculée chaque semaine jusqu'au 14^{ème} jour ; elle est exprimée en pourcentage, et calculée selon la formule suivante :

$$\text{TTA\%} = V_{\text{NaOH}} \times 0.1 \times 100 \times 0.009 \times 10$$

Acidité °D =TTA X100

V_{NaOH} : Volume de NaOH en ml utilisé pour la titration.

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

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

100 : le pourcentage.

0.0090 : Coefficient correspondant à l'acide lactique (Shori et Baba ,2013).

I.3. Composition chimique de la poudre de feuille de *Moringa oleifera* :

I.3.1.La matière sèche : (AOAC 2008)

Est déterminée par dessiccation à l'étuve à 105°C jusqu'à obtention d'un poids constant.

$$\text{Le pourcentage d'humidité \%} = \frac{P1-P2}{P1} \times 100$$

- P1 : c'est le poids initial frais
- P2 : c'est le poids final sec

I.3.2. Le taux de cendre : (AOAC 1990)

.

Est obtenu par incinération au four a moufle à une température de 550°C pendant 4 à 6h .

Ce taux est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{Matière minérale \%} = \frac{\text{Poids des cendres}}{\text{Poids d'échantillon sec}} \times 100$$

Matière organique= Matière sèche – Matière Minéral

I.3.3. Teneur en protéine total :

- **Principe**

La teneur en protéines brutes a été déterminée par la méthode de **Kjeldahl (1883) (Figure N°13)** . Le taux en protéines est calculé en utilisant un facteur de conversion de 6.25 de l'azote (**Kjeldahl ,1883**).

Les données ont été exprimées en pourcentage du poids d'échantillon.

Cette technique est basée sur le dosage de l'azote total présent dans l'échantillon.

Elle s'effectue en trois étapes : (minéralisation, distillation, et titration).

- **Mode opératoire**

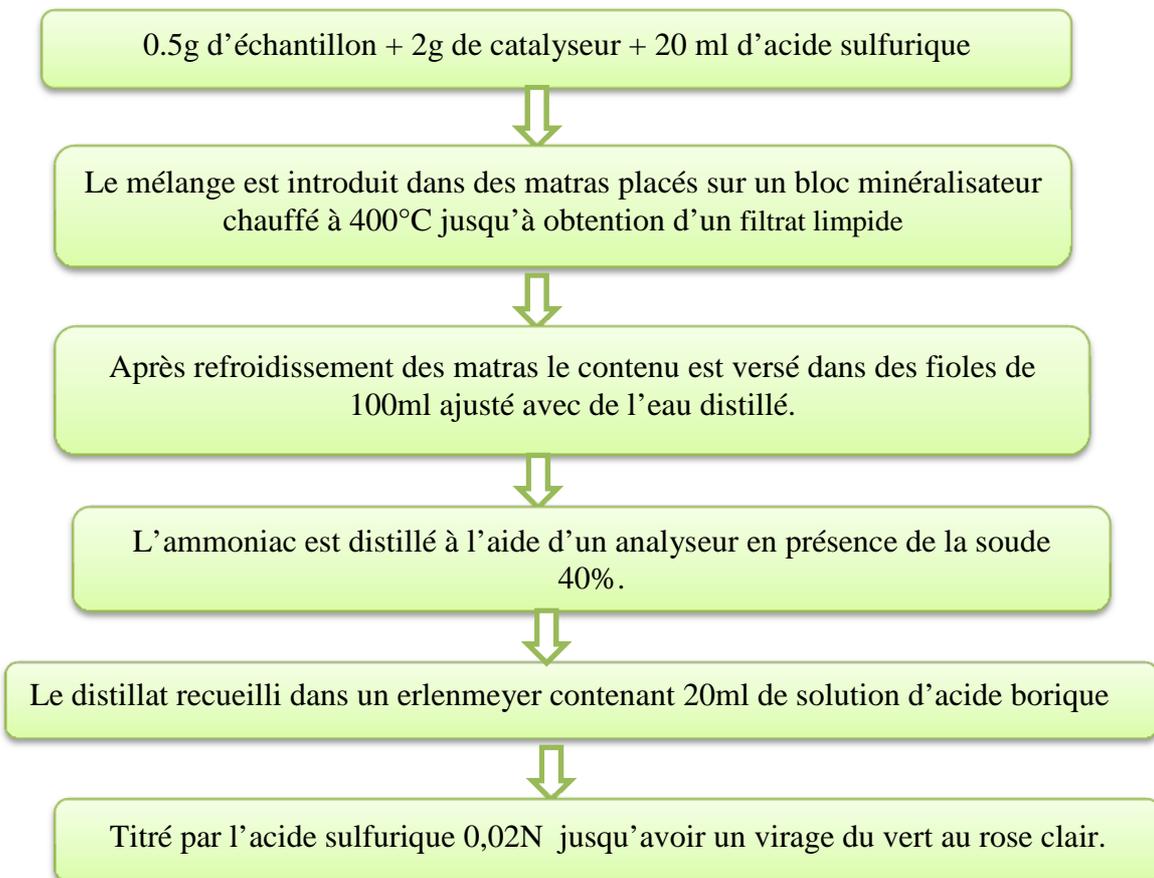


Figure N°13: Protocole de détermination de la teneur en protéine totale..

- **Expression des résultats :**

$$N\% = \frac{(V_1 - V_0) \cdot 0,28}{20 \cdot P_{\text{essai}}} \times 100$$

V₁ : volume en millilitre de l'acide sulfurique a 0.02N.

V₀ : volume en millilitre de l'acide sulfurique a 0.02N utilisé pour témoin.

P_{essai} : la masse en gramme de la prise d'essai.

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

$$P\% = N\% \times 6,25$$

N% : pourcentage d'azote.

P% : pourcentage de protéine.

I.3.4. La matière grasse de poudre de feuille de *Moringa oleifera* :

- **Principe :**

La méthode de soxhlet (**figure N°14**), consiste à libérer la matière grasse à l'aide d'un solvant organique non miscible à l'eau, suivi de l'évaporation du solvant et de la pesée de l'extrait obtenu après dessiccation à 105°C pendant 24 heures (**AOAC, 1975**).

- **Mode opératoire :**

30g de l'échantillon (poudre) ont été introduits dans une cartouche filtrante de cellulose et extraits à chaud (température d'ébullition d'éther de pétrole) par trempage dans 250 ml de solvant durant 8 heures. Après évaporation du solvant le résidu est séché à l'air libre puis pesé. Pour des dosages ultérieurs les résidus sont conservés dans des bocaux en verres, à l'abri de la lumière pour éviter toute altération de l'échantillon.

- **Expression des résultats**

$$MG\% = \frac{P_3 - P_2}{P_1} \times 100$$

P₁ : Poids sec de la prise d'essai.

P₂ : Poids du ballon vide séché dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures.

P₃ : Poids du ballon contenant la matière grasse mis dans l'étuve à 105°C Pendant 24heures.



Figure N°14 : Photographie d'Appareil de Soxhlet

I.4. Composition chimique de fromage :

I.4.1. Détermination de taux de matière grasse de fromage :(Granville et Desmet 1951) :

- **Principe :**

Le taux de la matière grasse est déterminé (**Figure N°15**) par la méthode butyrométrique Van-Gulik

Matériels et méthodes

Les protéines du fromage sont dissoutes par l'acide sulfurique (densité : 1,52).

- **Mode opératoire :**

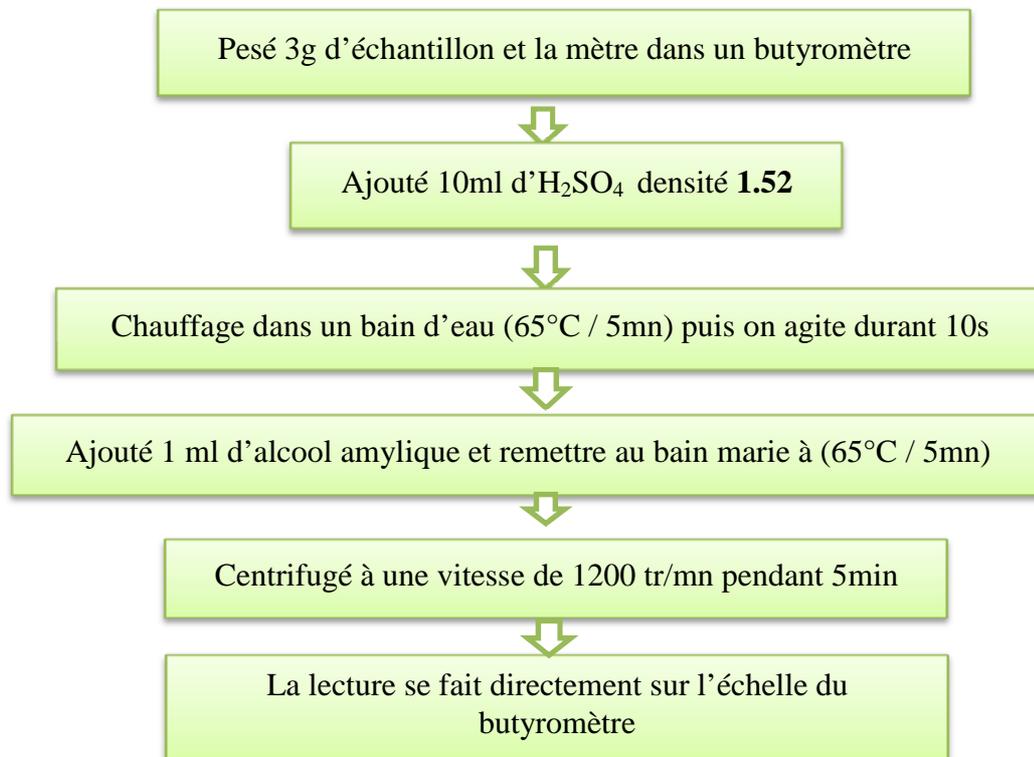


Figure N° 15: Protocole de détermination de la teneur en matière grasse du fromage.

- **Expression des résultats :**

La teneur en matière grasse est exprimée par la formule suivant :

$$\text{MG \%} = \frac{\text{Lecture} \times 11}{\text{Prise d'essai}}$$

1.4.2. Taux de sucre :

- **Principe :**

Détermination de la teneur en sucre de fromage (Brix) en utilisons un réfractomètre.

- **Mode opératoire :**

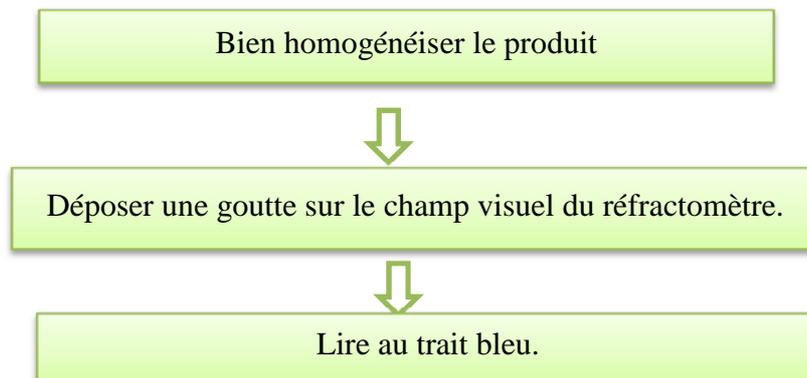


Figure N°16 : protocole de détermination de la teneur en sucre du fromage.

- **Lecture des résultats:**

La valeur lue correspond au pourcentage de la teneur en sucre.

I.4.3.Mesure de la densité : (Pointurier, 2003).

I.4.3.1.Masse volumique :

La masse volumique d'un liquide est définie par le quotient de la masse d'une certaine quantité de ce liquide divisée par son volume.

$$\rho_{\text{Fromage}} = \frac{m_{\text{fromage}}}{V_{\text{fromage}}}$$

Elle est habituellement notée ρ et s'exprime en **Kg.m^{-3}** dans le système métrique. Comme la masse volumique dépend étroitement de la température, il est nécessaire de préciser à quelle température (T) elle est déterminée : $T= 25^{\circ}\text{C}$

I.4.3.2.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 :

$$d = \frac{\rho_{\text{Fromage}}}{\rho_{\text{Eau}}}$$

la masse volumique de l'eau à 4°C est pratiquement égale à 1000Kg.m^{-3}

I.4.4. Rendement :

Le rendement du fromage a été déterminé par traitement en pesant la quantité de coagulum obtenue et exprimant en pourcentage (**Arlington**).

Le rendement du produit a servi de base à l'efficacité de la production. Le rendement a été calculé en divisant le poids du fromage après la maturation, par la quantité initiale de lait utilisée multipliée par 100 **AOAC (1995)**.

$$\text{Rendement \%} = \frac{P_f}{Q_i} \times 100$$

P_f : le poids du fromage après la maturation.

Q_i : la quantité initiale de lait utilisée.

I.5. Composé phénoliques et activité antioxydante :

Nous avons suivi la méthode décrite par **Pereira *et al* (2013)**. 1g de fromage a été extrait avec 20 ml d'éthanol 80 sous agitation à 25 °C pendant 1 h suivi d'une centrifugation (Sigm Laborzentrifugen D-37520 Osterode Harz-Germany) à 4000 g pendant 10 min. Après filtration sur papier Whatman n° 2 (Figure , le surnageant est récupéré puis stocké à 4°C (figure 03).



Figure N°17: Filtration de l'extrait centrifugé sous papier Whatman.

I.5.1. Dosage des polyphénols totaux soluble :

- **Principe :**

Le dosage des phénols totaux solubles (**Figure N°18**). est effectué par **Škerget *et al.*, (2005)** la méthode de dosage par le Folin-Ciocalteu .

Matériels et méthodes

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'oxydes 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 :**

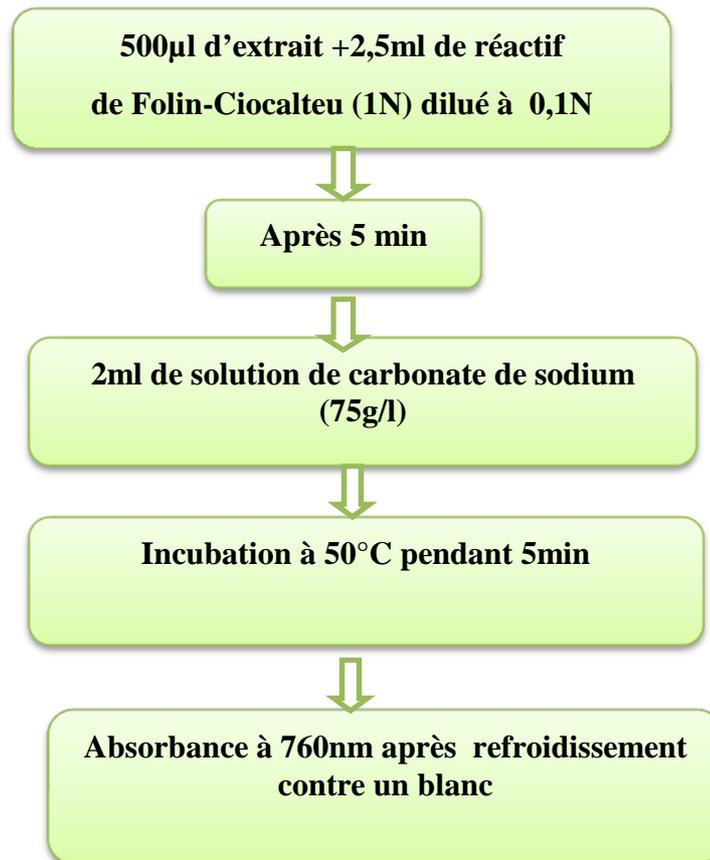


Figure N°18 : Protocole de dosage des phénols totaux solubles (Škerget *et al.* 2005)

I.5.2. Activité antioxydant :

I.5.2.1. Activité anti radicalaire :

- **Principe**

Le DPPH (1,1 diphényl-2-picryl hydrazyle) un radical libre relativement stable.

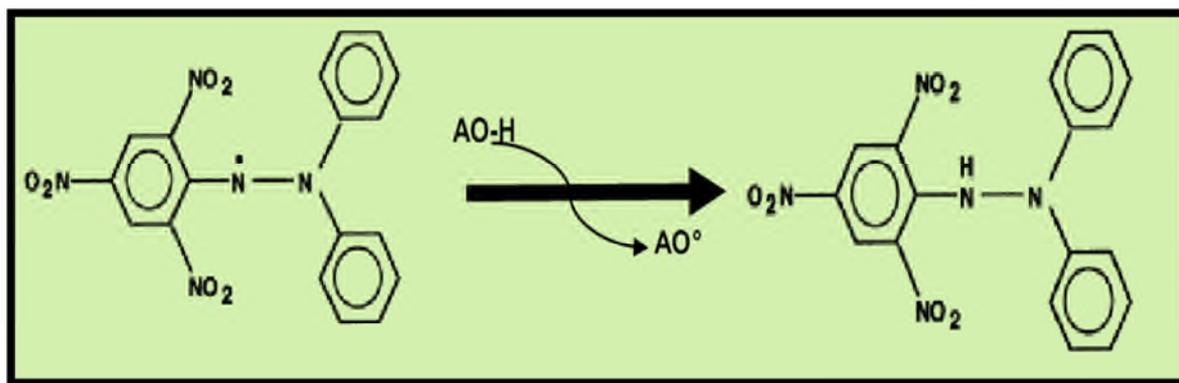
Dans ce test les antioxydants réduisent le diphényl picryl-hydrazyle ayant une couleur violette en un composé jaune en présence de composés anti-radicalaires (Meddour *et al.*, 2013).

Matériels et méthodes

Le test de DPPH est une méthode largement utilisée dans l'analyse de l'activité antioxydante. En effet, le DPPH se caractérise par sa capacité à produire des radicaux libres stables.

Cette stabilité est due à la délocalisation des électrons libres au sein de la molécule.

La présence de ces radicaux DPPH donne lieu à une coloration violette foncée de la solution, qui absorbe aux environs de 517 nm. La réduction des radicaux libre DPPH par un agent antioxydant (**Figure N°18**) entraîne une décoloration de la solution (**Molyneux, 2004**).



1 : Diphenylpicrylhydrazyl
(Forme radicalaire)

2: Diphenylpicrylhydrazine
(Forme non radicalaire)

Figure N° 19 : Mécanisme réactionnel de la réduction du radical DPPH° (**Molyneux 2004**).

L'activité antiradicalaire du DPPH (**Figure N°19**) est réalisée selon la méthode décrite par **Brand Williams**, (1995)

- **Mode opératoire** : (**Brand-Williams et al.**, 1995).

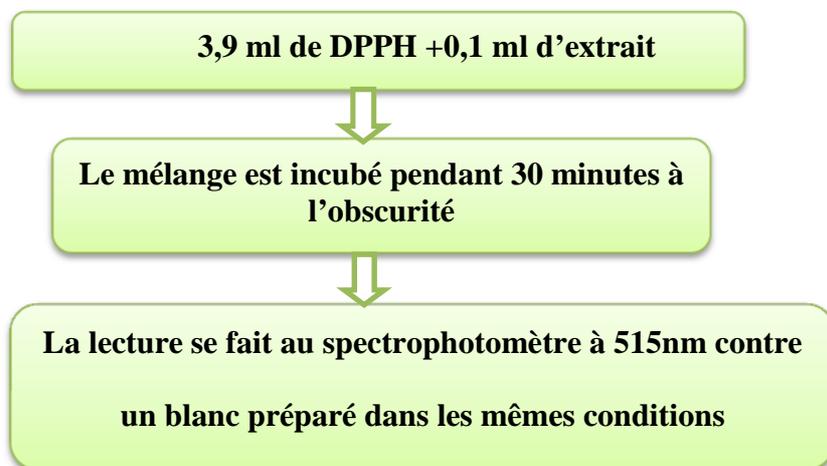


Figure N°20 : Protocole d'activité anti-radicalaire

➤ Un témoin positif avec l'acide ascorbique et BHA est réalisé dans les mêmes conditions.

La capacité antioxydant de nos échantillons est exprimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH• suivant l'équation:

$$\text{Inhibition (\%)} = \left(\frac{\text{Abs controle} - \text{Abs echantillon}}{\text{Abs controle}} \right) \times 100$$

- Abs contrôle : correspond à l'absorbance du contrôle.
- Abs échantillon : correspond à l'absorbance de l'échantillon.

Ainsi, plus la perte de couleur est rapide plus le donneur d'hydrogène est considéré comme un antioxydant fort.

I.5.2.2. 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 Fe²⁺-Ferrozine après incubation des échantillons avec le fer divalent, permettant ainsi la complexation du fer résiduelle et la formation d'un chromophore rouge (Fe²⁺-Ferrozine) ayant un maximum d'absorption à 562 nm.

- **Mode opératoire**

La chélation du fer ferreux (**Figure N°21**) a été estimée selon la méthode décrite par (**Brand-Williams et al., 1995**) .

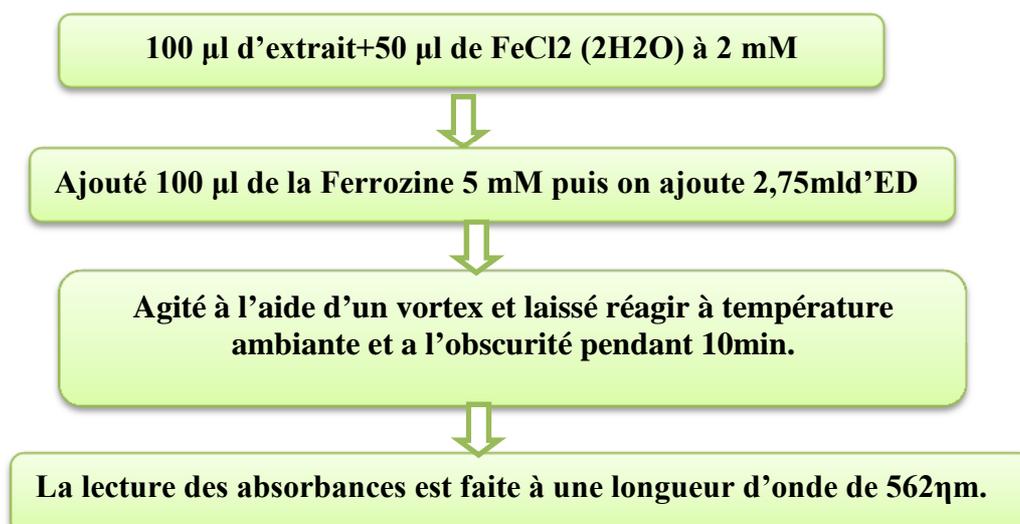


Figure N°21: Protocole de la chélation de fer ferreux

Matériels et méthodes

Un contrôle est préparé par : 2.75 ml ED+50 µl de FeCl₂ (2H₂O) à 2 mM+100 µl EDTA +100 µl de la Ferrozine 5 mM

Le standard EDTA est utilisé comme chélateur de référence à une concentration de 0.005 g/ml. Le pourcentage de chélation du fer est calculé selon l'équation suivante :

$$\text{chélation (\%)} = \left(\frac{\text{Abs controle} - \text{Abs echantillon}}{\text{Abs controle}} \right) \times 100$$

Abs C : Absorbance du contrôle

Abs Ech : Absorbance Échantillon.

I.5.2.3.Pouvoir réducteur :

- **Principe**

Le pouvoir réducteur est estimé par l'aptitude des antioxydants présents dans les extraits à réduire le fer ferrique (Fe³⁺) du complexe ferricyanure en fer ferreux (Fe²⁺). La forme réduite de ce complexe donne une couleur verte qui est proportionnelle aux concentrations des extraits (Ozturk ,2007).

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

- **Mode opératoire :**

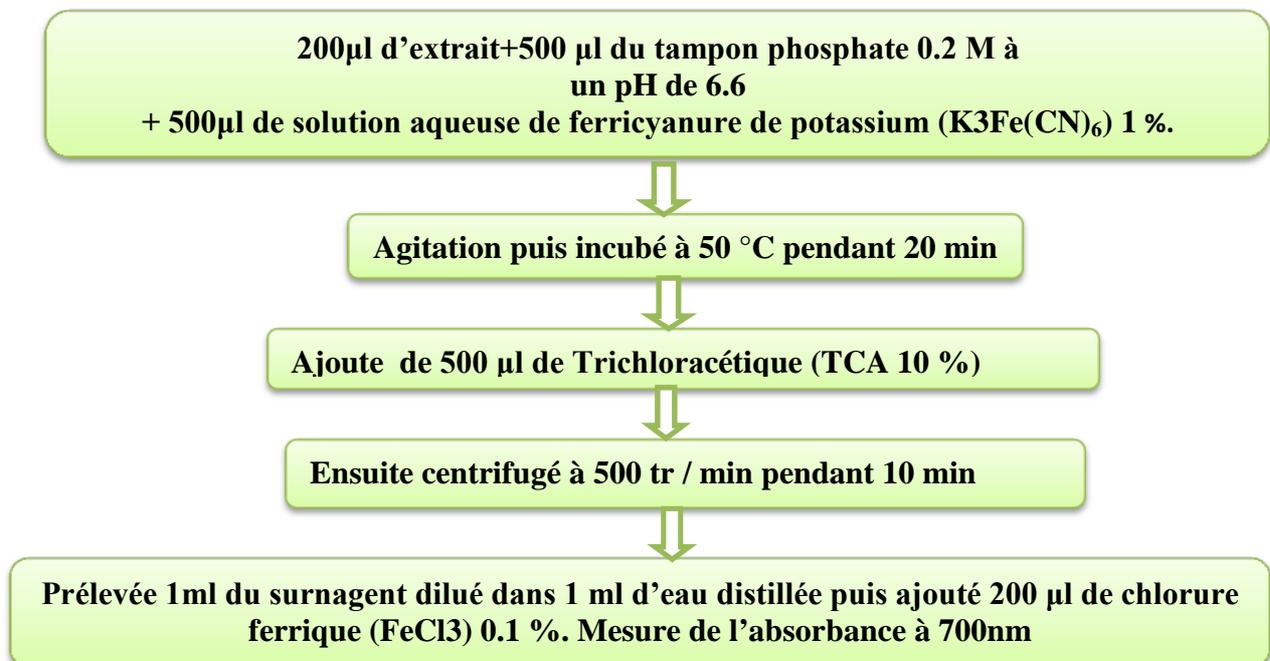


Figure N°22 : Protocole de pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur a été déterminé en se référant à une courbe d'étalonnage préparée avec l'acide ascorbique (**Annexe N°VIII**). Les résultats sont exprimés par mg équivalents d'acide ascorbique (mg EAA/g d'Ech). L'augmentation de l'absorbance dans le milieu réactionnelle indique l'augmentation de la réduction du fer. L'Acide ascorbique a été utilisé comme contrôle positif. L'évolution du pouvoir réducteur a été mise en évidence en se référant à une courbe réalisée par la concentration de différentes dilutions (**Jabri-Karoui et al., 2012**).

I.5.3. Mise en évidence des métabolites secondaires :

I.5.3.1. Les tanins :

2 à 3 gouttes de chlorure ferrique (FeCl₃ à 2%) sont ajoutées à 1ml d'extrait. 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.5.3.2. Saponines :

La détection des saponines est réalisée au moyen du test de **Yadav et Agarwala (2011)**.

1ml d'extrait est ajouté à 3ml d'eau distillée. Après agitation pendant 2 min, la formation d'une mousse persistante indique la présence des saponines.

I.5.3.3. Alcaloïdes :

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

I.5.3.4. Terpenoïdes :

La méthode **Kao et al (2014)** permet de mettre en évidence la présence de terpénoïdes. 2,5 ml d'extrait 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.6. Qualité microbiologique :

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

Matériels et méthodes

à l'analyse sont réalisées à partir de la suspension mère, elles sont effectuées de façon classique (jusqu'à 10^{-5}).

Le **tableau N°IV** présente les différentes analyses microbiologiques effectuées sur le fromage,

Elles ont portées sur :

- Dénombrement et recherche des coliformes totaux et les coliformes fécaux.
- Dénombrement de la flore totale mésophile.
- Dénombrement et recherche des levures et moisissures.
- Recherches de bactéries pathogènes (Salmonelle, staphylococcus aureus et Escherichia coli.)

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

Gérme	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
Staphylococcus aureus	Chapman	Solution mère	En surface	37°C/24h-48h

Matériels et méthodes

Salmonelle	Hecktoen	Solution Mère	En surface	37°C/24h-48h
Escherichia coli	Schubert	Colonies bactériennes	Bouillon	45°C 24h-48h

$$\text{UFC/ml} = \frac{\text{Nombre de colonies}}{\text{Volume étalé (ml)} \times \text{facteur de dilution}} \quad (\text{Sun-Waterhouse } et al. ,2013)$$

I.7. Qualité sensorielle : (Budin, 2000)

II.7.1.Elaboration d'une fiche de dégustation :

La fiche de dégustation (en annexes, source : Budin, 2000) est élaborée selon les propriétés sensorielles du fromage le groupe d'évaluation est constitué de 10 personnes. Ce nombre est suffisant d'après **Budin (2000)**, qui suggère un nombre compris entre 10 et 20 personnes.

Elle permet aux dégustateurs de donner des valeurs aux différentes grandeurs sensorielles étudiées.

II.7.2.L'échelle métrique :

Les échelles de note métrique ont des divisions de 5 à 10 (critère de diapason de variation de qualité, il facilite la mémorisation des échantillons, c'est l'échelle de 5 points qui est utilisée) :

1point : le produit non standard, impropre à la consommation.

2point : le produit de qualité insatisfaisante mais d'utilisation possible.

3 point : le produit de qualité satisfaisante.

4 point : le produit de bonne qualité.

5 point : le produit de qualité excellente.

II.7.3.L'échelle des rangs :

L'échelle des rangs permettent seulement d'ordonner des objets à analyser, le chiffre de cette échelle correspond non pas au niveau mais au numéro que l'objet occupe dans la

série mise en ordre : les points sont par conséquent transformé en rang en leurs attribuant des numéros d'ordre.

II.7.4 .Transformation des notes en rang :

1^{er} étape : trouvé la somme des rangs horizontalement et verticalement.

2eme étape : trouvé la somme des sommes des rangs.

3eme étape : comparé la somme du rang avec la valeur critique.

-Si la somme obtenu pour l'échantillon est en dehors des limites de valeurs critiques [a, b], la qualité de l'échantillon est reconnu différente .

-Si la somme est inférieur à la limite [a , l'échantillon est reconnu comme le meilleur.

-Si la somme est supérieur à la limite b], l'échantillon est rejeté.

La somme des rangs peuvent être vérifié comme suite :

$$R= n (n+1)/2$$

$$\sum R=M.n (n+1)/2$$

R : somme des rangs pour chaque dégustateur.

n : Nombre d'échantillon.

M : Nombre de dégustateur.

$\sum R$: Somme des sommes des rangs.

IX. Analyse statistique :

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



***Résultats et
Discussions***

Résultats et discussion

II. Résultats et discussions :

II.1. Evolution des paramètres fermentaire :

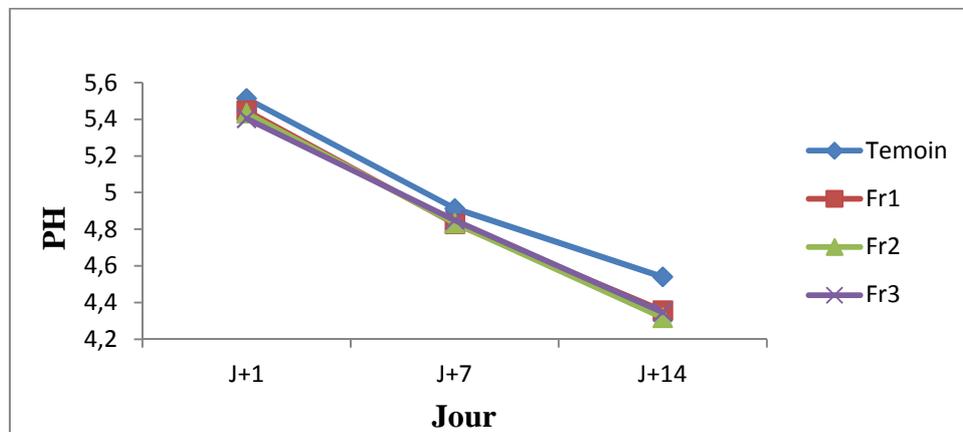


Figure N° 23: Suivis de PH au cours du stockage.

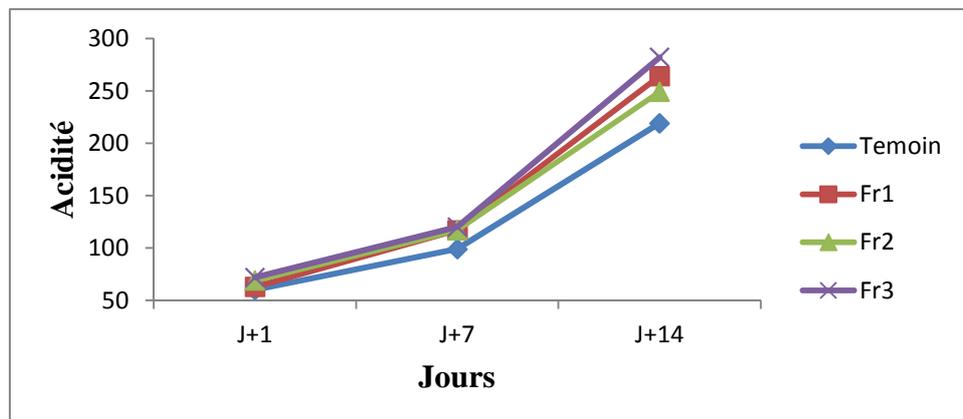


Figure N°24 : Suivis de l'acidité au cours du stockage.

Les données résumées par la **Figure N°23**, montrent une variabilité de PH entre les différents fromages préparés.

L'incorporation de poudre de *Moringa oleifera* induit une baisse significative ($p < 0.05$) de PH (J+1) : 5.51 pour le témoin contre 5.40-5.44 pour les fromages enrichis.

Au cours des 14 jours de conservation, le PH continu de diminuer progressivement. Pour atteindre 4,31-4,35 pour les fromages enrichis d'une différence significative ($p > 0.05$) , contre 4.54 pour le fromage témoin.

Résultats et discussion

Les données de l'acidité enregistré dans la **Figure 24** à J+1 et j+7 ne révèlent pas de différence significatives ($p>0.05$) entre les échantillons.

Toute fois à J+14 nous notons une différence significative entre le fromage témoin et le fromage à 1.5% de taux d'incorporation.

Au cours des 14 jours de conservation, l'acidité des différents fromages augmente significativement ($p<0.05$). Elle passe de 60-72 à 219-282.

Les fromages enrichis à 1.5% de *Moringa* affichent les valeurs d'acidité les plus élevés.

II.2.Composition chimiques de *Moringa oleifera* et de fromage enrichi :

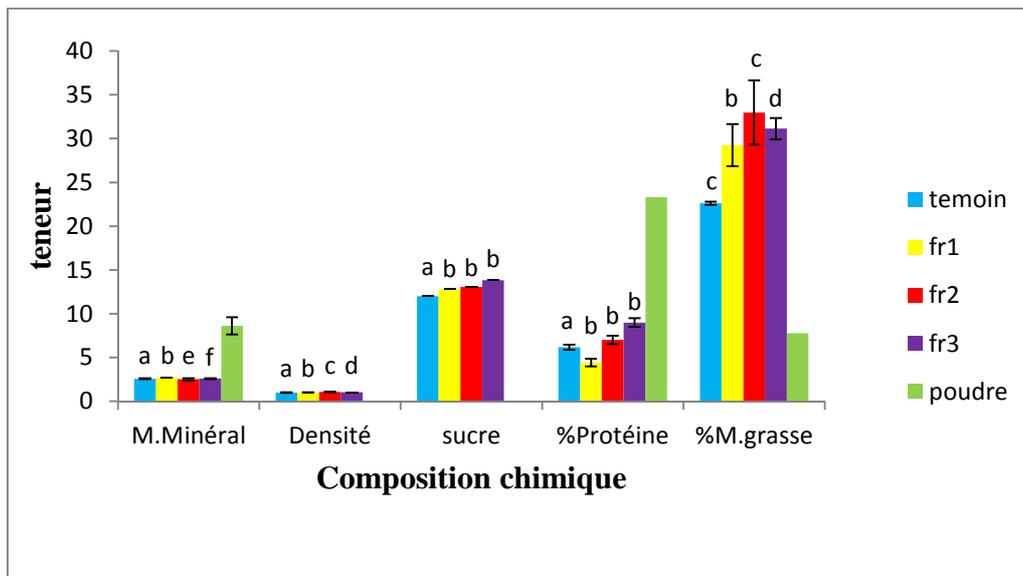


Figure N°25 : Teneur en composition chimique de la poudre de *Moringa oleifera* et le fromage enrichi.

La figure 25 résume les données de composition chimique de la poudre de *Moringa oleifera* et de fromage enrichi.

La poudre des feuilles de *Moringa* se caractérise d'une teneur élevée en protéine (23.31%) ; la teneur en matière grasse est relativement faible (7.76%). La teneur en matière minérale s'élève à 8.61%.

L'incorporation de *Moringa oleifera* dans les fromages s'accompagne d'une augmentation significative ($p<0.05$) de teneur en matière grasse, protéine et sucre des fromages.

Résultats et discussion

L'amplitude de ces augmentations dépend de taux d'incorporation des constituants considéré.

Les matières grasses haussent de 29.5% (F0.5%) à 46% (F1.5%) ; il en est de même pour les protéines qui accusent une élévation de 13% à 45%.

Il en est de même pour la teneur en sucre qui augmente avec l'élévation des taux d'incorporation.

La teneur la plus élevée est notée pour le fromage à 1.5%(13.8%) alors que la plus faible teneur est pour le témoin (12%).

Le fromage enrichi présente une valeur plus élevée 1% (1.063) en densité contre un témoin (0.99).

Quel que soit le test considéré, les fromages enrichis manifeste une action supérieure à celle du témoin.

II.3.Composés phénoliques et activité antioxydante :

II.3.1.Phenols totaux solubles :

Nos tests analytique révèlent la présence de phénols totaux soluble dans les différents fromages préparés (**Figure N°26**), ces teneurs varient de 0.9 mg EAG/g echt (témoin) à 2.58 mg EAG /g echt (F1 ,5%).

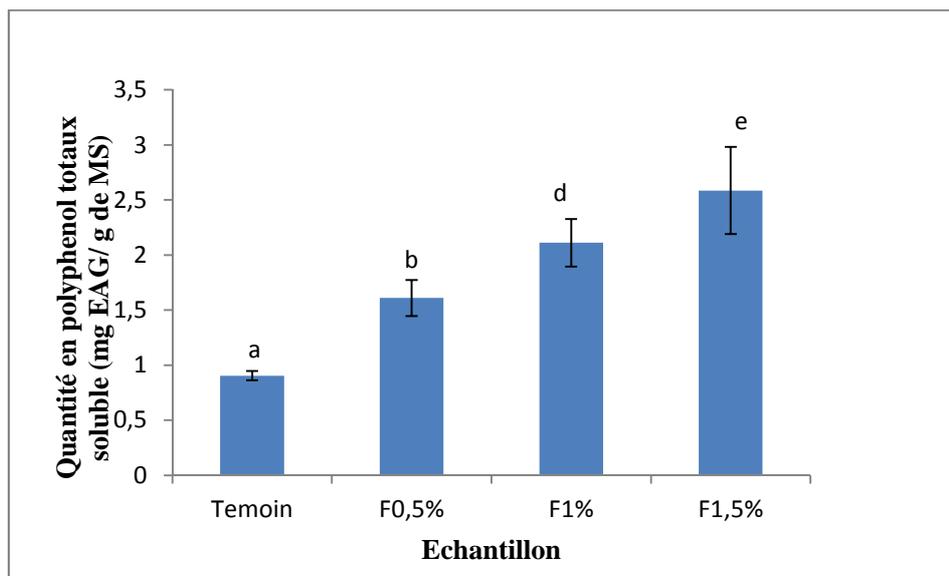


Figure N°26: Teneur en phénols totaux solubles dans les fromages

Résultats et discussion

L'incorporation de poudre de *Moringa oleifera* s'accompagne d'une différence significative et d'une teneur en polyphénols totaux soluble du fromage 0.5%. Cette augmentation est d'autant plus élevée que le taux de substitution est important : augmente de 186.6% pour le F1.5% contre 78.88% pour le F0.5%.

II.3.2. Activité antioxydante :

Quel que soit le test considéré, le fromage enrichi manifeste une activité antioxydante supérieure à celle du témoin

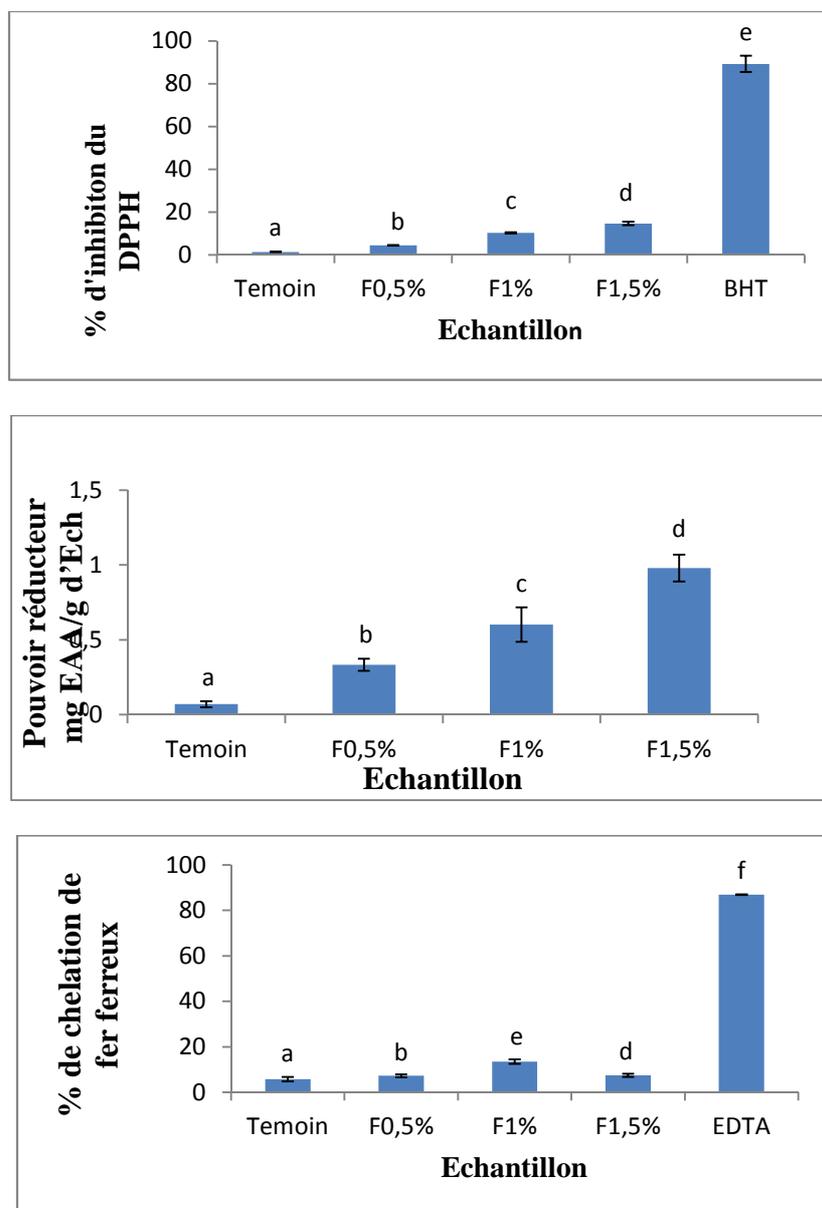


Figure N°27 : Activité antioxydante de fromage enrichis.

Résultats et discussion

L'amplitude des améliorations notées augmente avec l'élévation de taux d'incorporation de *Moringa oleifera*

L'inhibition DPPH par les extraits des fromages enrichis varie de 4.43% contre 1.39% (témoin).

Le pouvoir réducteur accuse une augmentation plus marquée de : 0.33%-0.97% contre 0.07%.

II.4. Qualité microbiologique

Les données d'analyse microbiologique des fromages élaborés sont résumées dans le **tableau N° V**. Nos données ne mettent pas en évidence de contamination par les bactéries pathogènes qui se sont avérées absentes.

La flore totale mésophile s'intègre dans l'intervalle des normes recommandées.

Tableaux N°V : Résultats de dénombrement et de recherche de bactéries.

	F0%	F0.5%	F1%	F1.5%	Normes (Journal officiel)
Flore totale mésophiles	26,83.10⁵	34,26.10⁵	33,26.10⁵	33,13.10⁵	(3-300).10⁵
Levure	0	0	0	0	10²/g
Moisissure	0	0	0	0	Abs/g
Staphylococcus aureus	0	0	0	0	10/g
salmonelle	0	0	0	0	Abs
Escherichia colis	0	0	0	0	Abs

Les perturbations de la chaîne de froids à j+14 pourraient influencer l'analyse microbiologique, en permettant de développer des coliformes totaux.

Résultats et discussion

II.5. Analyse sensorielle :

Le panel est constitué de 10 sujets. Les résultats du test de dégustation (Annexe I) des huit échantillons de fromage additionnés de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* à J+1 et J+14 et après la production, sont donnés dans le **tableau N°VI**.

La figure N°29 et N°30 affiche la moyenne des notes de chaque descripteur des différents fromages enrichis à J+1.et J+14 respectivement.

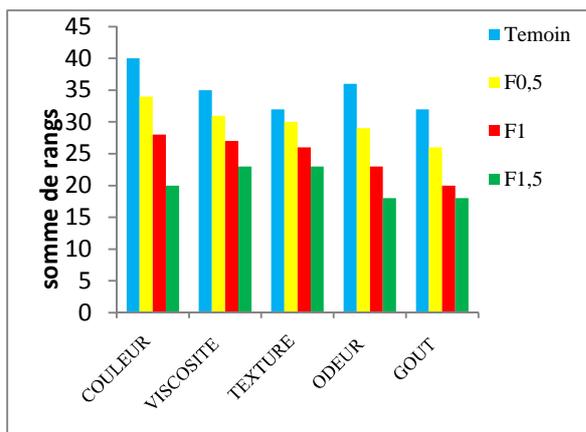


Figure N°28 : Valeurs moyenne de note de chaque descripteur du fromage à J+1

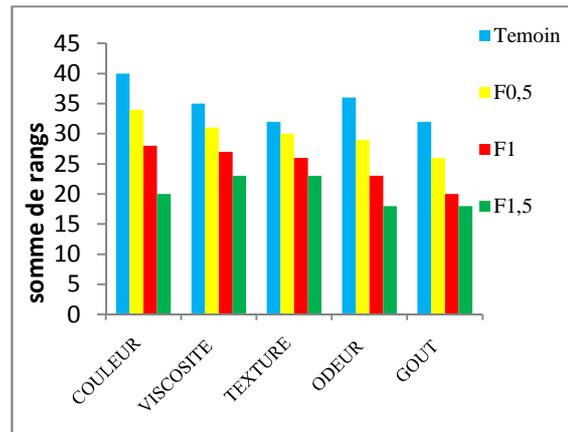


Figure N°29: Valeurs moyenne de note chaque descripteur du fromage à J+14

-Transformation de notes en rangs :

Les résultats obtenus selon le **tableau N°VI** des valeurs critiques des rangs (AnnexeI) pour $n=4$, $M=10$ sont entre [18 ; 32]. Puisque **14, 16 11, 12** sont inférieurs à 18, donc l'échantillon témoin est de bonne qualité organoleptique (couleur, la viscosité la texture, l'odeur et le gout).

Tableau N°VI : Tableau récapitulatif des sommes des rangs des échantillons à J+1 et J+14

	Echantillon	Couleur	viscosité	Texture	Odeur	Gout
J+1	Témoin	14	16	11	11	12
	F 0,5	18	23	23	22	19
	F 1	29	26	27	28	30
	F 1,5	39	35	39	39	39
	R	100	100	100	100	100
J+14	Témoin	12	10	12	12	12
	F 0,5	21	20	19	19	19
	F 1	28	31	30	29	30
	F 1,5	39	39	39	40	39
	R	100	100	100	100	100

Résultats et discussion

La somme des rangs de l'échantillon enrichi à 1.5% affiche un résultat supérieur à l'intervalle des valeurs critiques, donc il est noté qu'il est de mauvaise qualité organoleptique.

Donc le classement des 4 fromages du J+1 est le suivant :

Classe1 : le blanc,

Classe2 : le fromage enrichi à 0.5%

Classe3 : le fromage enrichi a 1%,

Classe4 : le fromage enrichi à 1.5%.

Le classement des 4 fromages du J+14 est le suivant :

Classe1 : le blanc 0%.

Classe2 : le fromage et enrichi à 0,5%

Classe3 : le fromage enrichi a 1%,

Classe4 : le fromage à 1,5%.

Les 4 échantillons du fromage soumis à l'analyse organoleptique présentent les mêmes caractéristiques organoleptiques du J+1 avec J+14.

Tableau N°VI récapitulatif des caractéristiques organoleptiques majoritaire du fromage enrichis perçue lors de la dégustation :

Tableau N°VII: Caractères majoritaire du fromage enrichis de J+1perçus lors de la dégustation.

	Echantillon	Témoin	F 0,5%	F 1%	F 1,5%
J+1	Couleur	Clair	Claire	Moyenne	Foncé
	Viscosité	Visqueux/Mouillé	Visqueux/Mouillé	Mouillé	Mouillé
	Texture	Granuleuse	Granuleuse	Granuleuse	Granuleuse
	Odeur	Lactique	Lactique	Végétal	Végétal
	Gout	Salé	Salé	Salé	Salé
	Couleur	Claire	Moyenne	Moyenne	Foncé
J+14	Viscosité	Mouillé	Moins mouillé	Mouillé	Moins mouillé
	Texture	Granuleuse	Granuleuse	Granuleuse	Granuleuse
	Odeur	Lactique	Lactique/Végétale/Animale	Végétale	Végétale
	Gout	Salé	Salé	Amer	Amer

Résultats et discussion

d'après un questionnaire proposé au panel de dégustation à la fin de l'évaluation, la majorité des dégustateurs trouvent que le fromage blanc 0% est le meilleur produit et que le fromage 1.5% est le plus mauvais.

Et il existe une différence entre le fromage du premier et du quatorzième jour, et il préfère le fromage avant addition de notre poudre de Moringa.

Discussion générale

II.6. Discussion générale :

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de l'incorporation de différents taux (0.5% ,1% et 1.5%) de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* sur la composition chimique et la qualité microbiologique et sensorielle d'un fromage préparé au laboratoire.

La poudre des feuilles de *Moringa oleifera* s'avère une source importante en protéines (23.41%); nos résultats sont comparables à ceux obtenus par **Sarwatt et al., (2004) et Yaméogo et al., (2011)** 22.4 à 26.2% (**Sarwatt et al., 2004 ; Yaméogo et al., 2011**) Globalement, la teneur en matières grasses (7.76%) s'intègre dans l'intervalle (7,5% à 16,9%) des valeurs rapportées par **N'dong et al (2007) et Yaméogo et al., (2011)**. Il en est de même pour la teneur en cendres (8.61 % MS) comparativement aux données (8 à 13 %MS) rapportées par **Sanchez-Machado et al., (2009)**

Nos données de composition chimique des fromages révèlent une augmentation de leur teneur en protéines, matières grasses, sucres et matière minérale; nos résultats sont comparables à ceux de **Salem et al., (2013)** qui notent une augmentation en composés nutritionnels proportionnelle au taux d'incorporation de *Moringa oleifera*.

L'incorporation de la poudre de feuilles *Moringa oleifera* a induit une diminution du PH et une augmentation de l'acidité. **Fox et al., (1993)** notent 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., (1982)**, le facteur majeur qui induit l'augmentation de l'acidité dans un fromage frais est la production d'acide lactique.

En accord avec **Salem et al., (2013)**, nous avons relevé que Les fromages à base de *Moringa oleifera* se caractérisent par une augmentation ($p < 0,05$) de leur teneurs en phénols totaux solubles et manifestent une meilleure ($p < 0,05$) activité antioxydante.

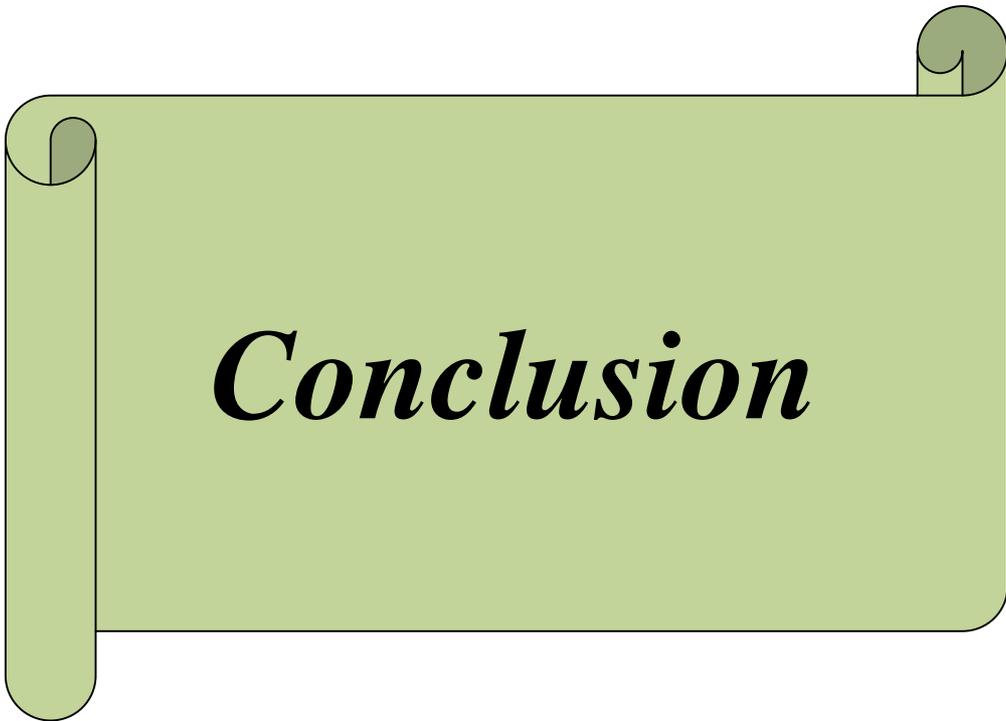
Les différents dosages effectués au laboratoire ou rapportés par différents auteurs s'accordent pour définir les feuilles de *Moringa oleifera* comme une excellente source de polyphénols. Il est admis que les composés phénoliques jouissent de diverses caractéristiques. Ces composés phénoliques sont des constituants très importants en raison de

Discussion générale

leurs effets scavenger du radical DPPH due à leurs groupement hydroxyles (**Elmastas *et al.*, 2006**). L'une des propriétés chimiques des composés phénoliques est leurs propriétés réductrices en agissant comme donneur d'hydrogène ou d'électron ce qui leur confère leur capacité à piéger les radicaux libre (**Rice-Evanet *et al.*, 1997**)

Les résultats des analyses microbiologiques des quatre fromages enrichis montrent clairement leur parfaite conformité aux normes et exigences réglementaires. La production d'un fromage de qualité sanitaire satisfaisante est évidemment possible à condition de respecter les règles d'hygiène applicables au niveau de la production et de la transformation du lait.

Les résultats de l'analyse sensorielle sont comparables aux observations d' (**Apilado *et al.*, 2013**) :l'acceptabilité du fromage enrichi est inférieure à celle du témoin. Selon ces mêmes auteurs, le panel de dégustateurs a détecté un fort goût amer proportionnel à l'addition de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* dans le fromage. L'avis des panels est cependant variable ; la qualité sensorielle de recettes indienne enrichies a été jugée acceptable avec un score moyen de 3,25 sur 5 points de l'échelle hédonique. **Dachana *et al.*, (2010)** rapportent une bonne acceptabilité de cookies enrichies avec 10% de feuilles séchées de Moringa .La différence dans le niveau optimal d'incorporation de poudre de Moringa pour chaque produit pourrait être attribuée à la façon dont la saveur de l'aliment est affectée par l'ajout d'ingrédients.



Conclusion

Conclusion et perspectives :

Le présent travail a pour but d'étudier l'effet de l'utilisation de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* cultivé dans le sud de l'Algérie dans la formulation et préparation d'un fromage frais.

L'addition de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* au fromage favorise l'activité bactérienne productrice d'acide lactique et s'accompagne d'une diminution du pH et augmentation de l'acidité titrable.

Grace à la qualité de sa composition chimique, la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* a induit un enrichissement qualitatif et quantitatif significatif du contenu du fromage en éléments nutritifs (matière minérale, protéine, matière grasse, sucre).

Cette étude révèle que *Moringa oleifera* a conféré au fromage élaboré une richesse en phénols totaux solubles accompagnée d'une augmentation de son activité antioxydant obtenu (DPPH, pouvoir réducteur, chélation de fer ferreux).

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

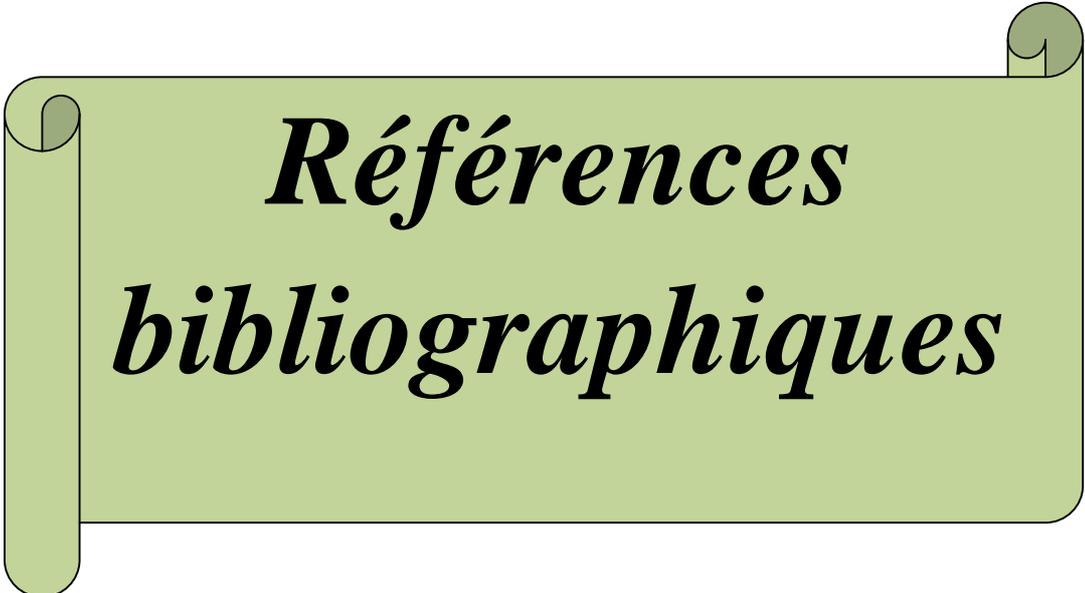
Toutefois l'analyse sensorielle nous a révélé une moindre acceptabilité du fromage enrichi par rapport au témoin. Cet inconvénient pourrait être pris en charge par l'étude de l'effet éventuel de traitements à même de corriger les problèmes de goût ou combiner cette utilisation avec l'incorporation d'arômes naturels.

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 :

- Suivre l'évolution de la composition chimique du fromage au cours de la conservation du 1^{er} jour au 28^{ème} jour ; voir les acides aminés essentiels, la solubilité des protéines, l'influence de la teneur en fibre, évaluation qualitative du fromage pendant la durée de 1 mois.
- Amélioration de la qualité organoleptique de la poudre de *Moringa* par application de moyens de traitement ainsi que la possibilité de l'associer à un arôme naturel.

Conclusion et perspectives

- Mesurer l'évolution de la couleur au cours de stockage.
- Réaliser l'incorporation de la poudre de feuille de *Moringa* avant l'emprésurage.
- Application de la poudre de feuille de *Moringa* à d'autres modèles de fromage.



*Références
bibliographiques*

Référence bibliographique

A

Alais, C. (1984). "Science du lait: principes des techniques laitières."

Alloggio, V., F. Caponio, et al. (2000). "Effect of heat treatment on the rennet clotting time of goat and cow milk." *Food Chem* **70**(1): 51-55.

Amana, E. K. (2007). *Les anacardiaceae du Togo: études botaniques, écologiques et propriétés antifongiques*. Thèse de doctorat. Reims

Amusa, Y. B., Köck, R., and Becker, K. (2013). "Characterization of colonizing *Staphylococcus aureus* isolated from surgical wards' patients in a Nigerian university hospital." *PLoS One*, 8(7), e68721.

and cottonseed cake as supplements for smallholder dairy cows fed Napier

Anema, S. G., E. K. Lowe, et al. (2005). "Particle size changes and casein solubilisation in high-pressure-treated skim milk." *Food Hydrocolloids* **19**(2): 257-267.

Anwar, F., Bhangar, M., and Kazi, T. (2003). "Relationship between rancimat and active oxygen method values at varying temperatures for several oils and fats." *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80(2), 151-155.

Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., and Gilani, A. H. (2007). "Moringa oleifera: a food plant with multiple medicinal uses." *Phytotherapy research*, 21(1), 17-25.

Apilado, O. S., Oliveros, M. C. R., Sarmago, I. G., Magpantay, V. A., and Lapitan, R. M. (2013). "Chemical composition, sensory quality and acceptability of cream cheese from pure buffalo's milk added with malunggay (*Moringa oleifera* L.) Leaf powder" *Philippine Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 39(1).

Awad, S., Hassan, A., and Muthukumarappan, K. (2005). "Application of exopolysaccharide-producing cultures in reduced-fat Cheddar cheese: Texture and melting properties." *Journal of dairy science*, 88(12), 4204-4213.

B

Balcones, E., Olano, A., and Calvo, M. M. (1996). "Factors affecting the rennet clotting properties of ewe's milk." *Journal of agricultural and food chemistry*, 44(8), 1993-1996.

Bennett, R. N., Mellon, F. A., Foidl, N., Pratt, J. H., Dupont, M. S., Perkins, L., and Kroon, P. A. (2003). "Profiling glucosinolates and phenolics in vegetative and

Référence bibliographique

reproductive tissues of the multi-purpose trees *Moringa oleifera* L.(horseradish tree) and *Moringa stenopetala* L." *J Agric Food Chem*, 51(12), 3546-3553.

Berger, J. (2004). "Enrichissement des aliments en micronutriments: élément d'une stratégie intégrée de lutte contre les carences en micronutriments, en particulier en fer, dans les pays en développement." Presses Universitaires de Ouagadougou ; IRD, 2004, p. 563-575.

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.

Broome, M., Krause, D., and Hickey, M. (1990). "The use of non-starter lactobacilli in Cheddar cheese manufacture." *Australian Journal of Dairy Technology*, 45(2), 67-73.

BUCHIN, S., and NOEL, Y. (2002). "Connaissance et choix des produits laitiers: exemple des fromages." *Nafas Pratique*, 10, 56-59.

Butterfield, D. A., Castegna, A., Pocernich, C. B., Drake, J., Scapagnini, G., and Calabrese, V. (2002). "Nutritional approaches to combat oxidative stress in Alzheimer's disease." *The Journal of nutritional biochemistry*, 13(8), 444-461.

C

Candioti, M., Alonso, M., and Hynes, E. (2007). "Influence of residual milk-clotting enzyme and proteolysis on melting properties of soft cheese." *International journal of dairy technology*, 60(3), 175-181.

Carson, M. (1987). "Ribbon models of macromolecules." *Journal of Molecular Graphics*, 5(2), 103-106.

D

Da Silva, J. P., Serra, T. M., Gossmann, M., Wolf, C. R., Meneghetti, M. R., and Meneghetti, S. M. (2010). "Moringa oleifera oil: studies of characterization and biodiesel production." *biomass and bioenergy*, 34(10), 1527-1530.

Dachana, K., Rajiv, J., Indrani, D., Prakash, J., 2010. Effect of dried moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves on rheological, microstructural, nutritional, textural and organoleptic characteristics of cookies. *J. Food Qual.* 33, 660–677.

Référence bibliographique

Dalgleish, D. G. (1983). "Coagulation of renneted bovine casein micelles: dependence on temperature, calcium ion concentration and ionic strength." *Journal of Dairy Research*, 50(03), 331-340.

Daviau, C. (2000). Effet des caractéristiques physico-chimique du lait sur l'aptitude à la coagulation présure et l'égouttage dans une technologie pâte molle . (Doctoral dissertation, Rennes, ENSA).

E

Eck, A., and Gillis, J.-C. (1997). *Le fromage: de la science à l'assurance-qualité*: ICON Group International.

Elmastaş, M., Gülçin, I., Işildak, Ö., Küfrevioğlu, Ö. İ., İbaoglu, K., & Aboul-Enein, H. Y. (2006). Radical scavenging activity and antioxidant capacity of bay leaf extracts. *J Iran Chem Soc*, 3, 258-266.

F

Fahey, J. W. (2005). "Moringa oleifera: a review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1." *Trees for life Journal*, 1(5), 1-15.

Fahey, J. W., Zalcmann, A. T., and Talalay, P. (2001). "The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants." *Phytochemistry*, 56(1), 5-51.

Famelart, M.-H., Tomazewski, J., Piot, M., and Pezennec, S. (2004). "Comprehensive study of acid gelation of heated milk with model protein systems." *International Dairy Journal*, 14(4), 313-321.

FAO/WHO. (1994) Codex Alimentarius, Vol 4, 2ème édition.

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

Foidl, N., Makkar, H., and Becker, K. (2001). "Potentiel de Moringa oleifera en agriculture et dans l'industrie." *Potentiel de développement des produits de Moringa. Dar es-Salaam, Tanzanie, du 29 octobre au 2 Novembre 2001*.

FOX P. F., LAW J., McSWWNEY P. L. H. et WALLACE J., (1993). Biochemistry of cheese ripening, *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. Vol: 1, *General Aspects*. Chapman and Hall Ed, New York. PP 389-438.

Référence bibliographique

Fuglie, L. (2000). "New Uses of Moringa Studied in Nicaragua. ECHO Development Notes# 68, June, 2000". City.

Fuglie, L. (2002). "Noms vernaculaires du Moringa oleifera (163-167) In: L'arbre de la vie, Les multiples usages du Moringa." *Wageningen: CTA.*

Fuglie, L. J. (1999). "The miracle tree: Moringa oleifera, natural nutrition for the tropics."

G

Granville, A., and Desmet, F. (1951). "Détermination de la teneur en matière grasse des fromages, au moyen du butyromètre Gerber." *Le lait*, 31(308), 501-505.

grass, *Lives Res Rural Dev.*, 16, 99 (17), 8175-9.

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

Guyomarc'h, F. (2006). "Formation of heat-induced protein aggregates in milk as a means to recover the whey protein fraction in cheese manufacture, and potential of heat-treating milk at alkaline pH values in order to keep its rennet coagulation properties. A review." *Le lait*, 86(1), 1-20.

H

Halliwell, B., and Gutteridge, J. (1984). "Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease." *Biochemical journal*, 219(1), 1.

He, Y.-f., Ren, A.-x., Liao, W.-q., 2010. Study on the Moringa Oleifera Yogurt. Storage Process 5, 019, <http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-BXJG201005019.htm>.

Hekmat, S., Morgan, K., Soltani, M., Gough, R., 2015. Sensory evaluation of locally-grown fruit purees and inulin fibre on probiotic yogurt in mwanza, Tanzania and the microbial analysis of probiotic yogurt fortified with Moringa oleifera. *J. Health Popul. Nutr.* 33, 60–67.

Holt, C. (1997). "The milk salts and their interaction with casein", *Advanced Dairy Chemistry Volume 3.* Springer, pp. 233-256.

Humme, H. (1972). "optimum pH for the limited specific proteolysis of kappa-casein by rennin (primary phase of milk clotting)." *Nederlands melk-en zuiveltijdschrift.*
infant foods. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 27, 167-175.

J

Référence bibliographique

Jabri-Karoui, I., Bettaieb, I., Msaada, K., Hammami, M., and Marzouk, B. (2012). "Research on the phenolic compounds and antioxidant activities of Tunisian *Thymus capitatus*." *Journal of Functional Foods*, 4(3), 661-669.

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

K

Kansole, M. M. R. (2009). "Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso: cas de *Leucas martinicensis* (Jacquin) R." *Brown, Hoslundia opposita vahl*.

Kao, J. C., Sung, W.-P., and Chen, R. (2014). *Green Building, Materials and Civil Engineering*: CRC Press.

Kjeldahl, J. (1883). "A new method for the determination of nitrogen in organic matter." *Z. Anal. Chem*, 22(1), 366-382.

Kolawole, D. O., Adeyanju, A., Schaumburg, F., Akinyoola, A. L., Lawal, O. O.,

Kramer, M. (1974). *Reality shock; why nurses leave nursing*: Mosby.

Kuikman, M., O'Connor, C.P., 2015. Sensory evaluation of Moringaprobiotic yogurt containing banana, sweet potato or avocado. *J. Food Res.* 4, 165–171.

L

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.

Larsson, K. I., and André, A. (1999). "Interactions between chymosin and individual or micellar caseins." *International Dairy Journal*, 9(3), 381-382.

Le Graët, Y., and Brulé, G. (1993). "Effects of pH and ionic strength on distribution of mineral salts in milk." *Lait (France)*.

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., and Schmidt, J. (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.

Référence bibliographique

Lopez-Fandino, R., and Olano, A. (1998). "Cheese-making properties of ovine and caprine milks submitted to high pressures." *Le lait*, 78(3), 341-350.

Lucey, J., and Fox, P. (1993). "Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture: A review." *Journal of dairy science*, 76(6), 1714-1724.

M

Makkar, H., and Becker, K. (1997). "Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree." *The Journal of Agricultural Science*, 128(03), 311-322.

McMahon, D. J., Brown, R., Richardson, G., and Ernstrom, C. (1984). "Effects of Calcium, Phosphate, and Bulk Culture Media on Milk Coagulation Properties1." *Journal of dairy science*, 67(5), 930-938.

Meddour, A., Yahia, M., Benkiki, N., and Ayachi, A. (2013). "Étude de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits d'un ensemble des parties de la fleur du *Capparis spinosa*." *Lebanese Science Journal*, 14(1), 49-60.

Metwalli NH, Shalabi SI, Zahran, AS and EI-Demenlash O.(1983). The use of soybean in soft cheese making. *Journal of Food Technology*. 17: 297-305, 1982.

Mietton, B., Desmazeaud, M., De Roissart, H., and Weber, F. (1994). "Transformation du lait en fromage." *Bactéries lactiques*, 2, 55-132.

Mietton, B., Gaucheron, F., and Salaün-Michel, F. (2004). "Minéraux et transformations fromagères." *Minéraux et Produits Laitiers, Tec & Doc, Paris, France*, 472-563.

Molyneux, P. (2004). "The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity." *Songklanakarinn J. Sci. Technol*, 26(2), 211-219.

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

Mughal, M. H., Ali, G., Srivastava, P., and Iqbal, M. (1999). "Improvement of drumstick (*Moringa pterygosperma* Gaertn.)—a unique source of food and medicine through tissue culture." *Hamdard Med*, 42(1), 37-42.

Muller, H., and Prohl, G. (1993). "ECOSYS-87: a dynamic model for assessing radiological consequences of nuclear accidents." *Health physics*, 64(3), 232-252.

N

Nacz, M., and Shahidi, F. (2004). "Extraction and analysis of phenolics in food." *Journal of Chromatography A*, 1054(1), 95-111.

Référence bibliographique

Nájera, A., De Renobales, M., and Barron, L. (2003). "Effects of pH, temperature, CaCl₂ and enzyme concentrations on the rennet-clotting properties of milk: a multifactorial study." *Food Chem*, 80(3), 345-352.

Ndong, M., Wade, S., Dossou, N., Guiro, A. T., and Gning, R. D. (2007). "Valeur Nutritionnelle Du Moringa Oleifera, Etude De La Biodisponibilité Du Fer, Effet De L'Enrichissement De Divers Plats Traditionnels Senegalais Avec La Poudre Des Feuilles." *African journal of food, agriculture, nutrition and development*, Volume 7, nos. 3 & 4,

O

Odee, D. (1998). "Forest biotechnology research in drylands of Kenya: the development of Moringa species." *Dryland Biodiversity*, 2, 7-8.

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

Padayachee, B., and Baijnath, H. (2012). "An overview of the medicinal importance of Moringaceae." *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(48), 5831-5839.

Pandey, A., Pradheep, K., Gupta, R., Nayar, E. R., and Bhandari, D. (2011). "'Drumstick tree'(Moringa oleifera Lam.): a multipurpose potential species in India." *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58(3), 453-460.

Patel, R., and Reuter, H. (1986). "Effect of sodium, calcium and phosphate on properties of rennet coagulated milk." *Lebensmittel-Wissenschaft+ Technologie= Food science+ technology*.

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.

Pires, M., Orellana, G., and Gatti, C. (1999). "Rennet coagulation of casein micelles and heated casein micelles: action of Ca²⁺ and pH." *Food Hydrocolloids*, 13(3), 235-238.

Pothitirat, W., and Gritsanapan, W. (2009). "HPLC quantitative analysis method for the determination of α -mangostin in mangosteen fruit rind extract." *Thai Journal of Agricultural Science*, 42(1), 7-12.

Référence bibliographique

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

R

Ramet, J. (1997). "Technologie comparée des différents types de caillé." *Le fromage*, 333-364.

Ribéreau-Gayon, P. (1968). "Métabolisme et propriétés des composés phénoliques." *Les Composés Phénoliques des Végétaux*, 202-231.

Rice-Evans, C., Miller, N., & Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in plant science*, 2(4), 152-159.

Roloff, A., Weisgerber, H., Lang, U., and Stimm, B. (2009). "Moringa oleifera LAM., 1785." *Sea*, 10(10).

S

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

Salem, 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.

Sanchez-Machado D.I., Nunez-Gastelum J.A., Reyes-Moreno C., Ramirez-

Sarwatt S.V., Milang'ha M.S., Lekule F.P., Madalla N. (2004). *Moringa oleifera*

Scriban, R. (1993). "Biotechnology". City: Technique and Documentation Lavoisier.

Scriban, R. (1999). "Biotechnologie, 5^{ème} édition, Tec et doc." *Lavoisier, Paris, France.*

Shori, A., and Baba, A. (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.

Référence bibliographique

Stekel, A., Olivares, M., Pizzaro, F., Amar, M., Chadud, P., Cayazzo, M., Llaguno, S., Vega, V., Hertrampf, E. (1985). The role of ascorbic acid in the bioavailability of iron from infant foods. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 27, 167-175.

T

Tabuti, J. R., Dhillon, S. S., and Lye, K. A. (2003). "Ethnoveterinary medicines for cattle (*Bos indicus*) in Bulamogi county, Uganda: plant species and mode of use." *Journal of Ethnopharmacology*, 88(2), 279-286.

Talantikite-Kellil, S. (2015). *Purification et caractérisation d'une enzyme coagulante d'origine microbienne pour application en fromagerie*. Thèse de doctorat.

V

V., Hertrampf, E. (1985). The role of ascorbic acid in the bioavailability of iron from

Van Hooydonk, A., and Walstra, P. (1987). "Interpretation of the kinetics of the renneting reaction in milk." *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 41, 19-48.

Van Vliet, T., Lakemond, C. M., and Visschers, R. W. (2004). "Rheology and structure of milk protein gels." *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 9(5), 298-304.

Veisseyre, R. (1979). "lait et les pays en voie de developpement." *Revue laitiere francaise*.

VISSER, S., ROOIJEN, P. J., and SLANGEN, C. J. (1980). "Peptide Substrates for Chymosin (Rennin) Isolation and Substrate Behaviour of Two Tryptic Fragments of Bovine κ Casein." *European Journal of Biochemistry*, 108(2), 415-421.

W

Weber, H. P., Kaltenbrunner, W., Heinze, A., and Steinbach, K. (1997). "Laser catheter coagulation of atrial myocardium for ablation of atrioventricular nodal reentrant tachycardia." *European heart journal*, 18(3), 487-495.

Wigley, R. (1996). "Cheese and whey in industrial enzymology." *Godfrey and Wiest*, 2, 135-142.

Wong B., Lopez-Cervantes J. (2009). Nutritional quality of edible parts of *Moringa oleifera*, *Food Anal. Method.* DOI 10.1007/s1261-009-9106-Z.

Référence bibliographique

Y

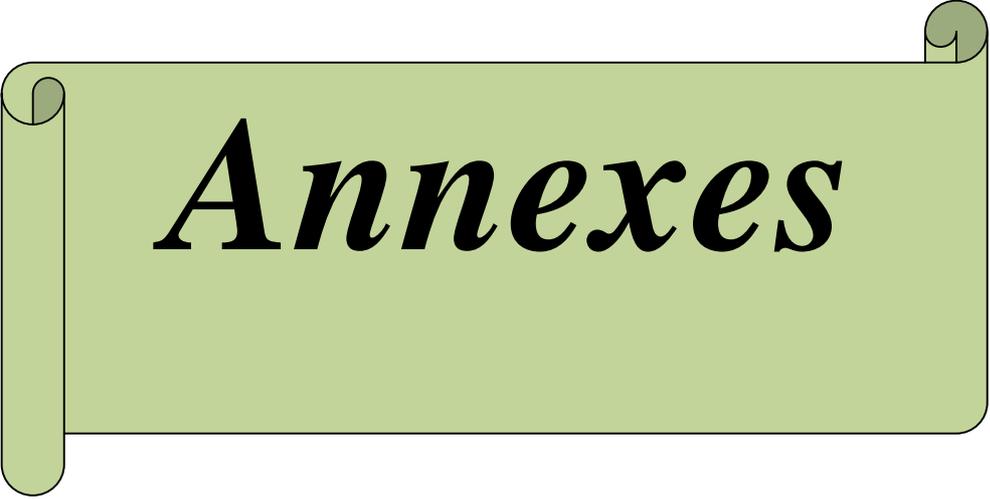
Yadav, R., and Agarwala, M. (2011). "Phytochemical analysis of some medicinal plants." *Journal of phytology*, 3(12).

Yaméogo W.C., Bengaly D.M., Savadogo A., Nikièma P.A., Traoré S.A.(2011) Determination of Chemical Composition and Nutritional Values of *Moringa oleifera* Leaves, *Pakistan Journal of Nutrition*, 10 (3): 264-268.

Z

Żbikowska, A., Szerszunowicz, I., and Smyk, B. (2005). "Effects of PH of PH on the surface hydrophobicity of proteins forming an enzymatic gel network in unheated and heated solution of milk protein concentrates." *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 14(1), 75-78.

Zoon, P. (1988). *Rheological properties of rennet-induced skim milk gels*, Zoon



Annexes

Annexe I

Tableau I : note de dégustateur sur la couleur du fromage.

1-COULEUR J+1										
echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F0	1	1	1	1	1	2	4	1	1	1
F0,5	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2
F1	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3
F1,5	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4

Tableau II : note de dégustateur sur la viscosité du fromage

2-VISCOSITE J+1										
echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F0	1	1	1	1	1	1	4	1	4	1
F0,5	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2
F1	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3
F1,5	4	4	4	4	4	4	3	4	2	4

Tableau III : note de dégustateur sur la texture du fromage.

3-TEXTURE J+1										
echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F0	2	1	1	1	1	1	1	1	4	1
F0,5	4	2	2	2	2	2	3	2	3	2
F1	1	3	3	3	3	3	2	3	1	3
F1,5	3	4	4	4	4	4	4	4	2	4

Tableau V : note de dégustateur sur la couleur du fromage

4-ODEUR J+1										
echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
F0,5	3	2	2	2	2	2	4	1	2	2
F1	2	3	3	3	3	3	2	3	3	3
F1,5	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4

Liste des annexes

Tableau VI: note de dégustateur sur la gout du fromage

5-GOUT J+1										
echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F0	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
F0,5	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
F1	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3
F1,5	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4

Tableau VII : note de dégustateur sur la couleur du fromage

1-COULEUR +14										
echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F0	1	1	1	1	1	2	4	1	1	1
F0,5	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2
F1	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3
F1,5	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4

Tableau VIII : note de dégustateur sur la viscosité du fromage

2-VISCOSITE J+14										
echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F0	1	1	1	1	1	1	4	1	4	1
F0,5	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2
F1	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3
F1,5	4	4	4	4	4	4	3	4	2	4

Tableau IX : note de dégustateur sur la texture du fromage

3-TEXTURE J+14										
echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F0	2	1	1	1	1	1	1	1	4	1
F0,5	4	2	2	2	2	2	3	2	3	2
F1	1	3	3	3	3	3	2	3	1	3
F1,5	3	4	4	4	4	4	4	4	2	4

Tableau X : note de dégustateur sur la odeur du fromage

4-ODEUR J+1										
echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
F0,5	3	2	2	2	2	2	4	1	2	2
F1	2	3	3	3	3	3	2	3	3	3
F1,5	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4

Liste des annexes

Tableau XI : note de dégustateur sur le gout du fromage

5-GOUT J+1										
echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F0	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
F0,5	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
F1	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3
F1,5	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4

Tableau XII : Valeurs critique des sommes des rangs

Nombre de dégustateurs	Nombre d'échantillon									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3-6	3-9	4-11	4-14	4-17	5-19	5-25	5-25	5-28	6-30
4	4-8	5-11	6-14	6-18	7-21	7-25	8-28	9-31	9-35	10-38
5	6-9	7-13	8-17	9-21	10-25	10-30	11-34	12-38	13-42	14-46
6	7-11	8-16	10-20	11-25	12-30	13-35	15-39	16-44	17-49	18-54
7	8-13	10-18	12-23	13-29	15-34	17-39	18-45	20-50	21-56	23-61
8	10-14	12-20	14-26	16-32	18-38	20-44	22-50	24-56	25-63	27-69
9	11-16	14-22	16-29	18-36	12-42	23-49	25-56	28-62	30-69	32-76
10	12-18	15-25	18-32	21-39	24-46	26-84	29-61	32-68	34-76	37-83

Liste des annexes

Tableau XIII : Fiche de dégustation J+1

Produits	A	B	C	D
Caractéristiques				
Couleur				
Couleur foncé				
Couleur claire				
Couleur moyenne				
Viscosité				
Visqueux				
Moins visqueux				
Mouillé				
Texture				
Granuleuse				
Crémeuse				
Homogène				
Ferme				
Odeur				
Lactique				
Végétale				
Animale				
Epicée				
Goût				
Acide				
Amère				
Salé				
Rance				

Liste des annexes

Tableau XIV : Fiche de dégustation J+14

Produits	A	B	C	D
Caractéristiques				
Couleur				
Couleur foncé				
Couleur claire				
Couleur moyenne				
Viscosité				
Visqueux				
Moins visqueux				
Mouillé				
Texture				
Granuleuse				
Crémeuse				
Homogène				
Ferme				
Odeur				
Lactique				
Végétale				
Animale				
Epicée				
Goût				
Acide				
Amère				
Salé				
Rance				

Questionnaire de l'analyse sensorielle :

- ❖ A votre avis quel est le produit que vous jugez de meilleur qualité organoleptique ?
- ❖ Existe-t-il une différence entre les fromages du premier jour et les fromages du quatorzième jour ?
- ❖ Préférer vous le fromage avant ou après son évolution au cours du stockage ?
- ❖ Quel est le type du fromage que vous considérez de mauvaise qualité organoleptique ?
- ❖ Préférer vous le fromage avant ou après l'addition de la poudre de *Moringa oleifera* ?

Annexe II

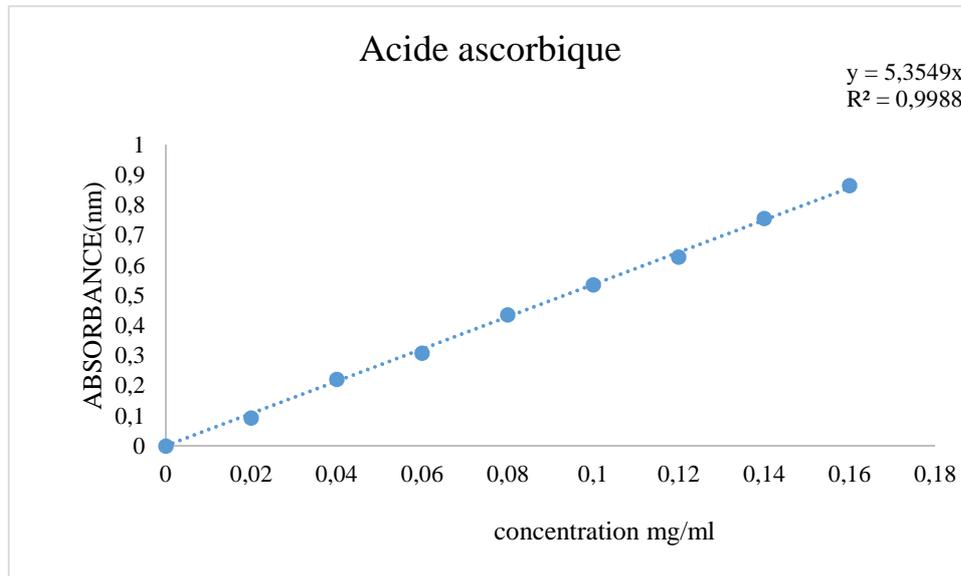


Figure N°01 : Courbe d'étalonnage pouvoir réducteur.

Annexe III

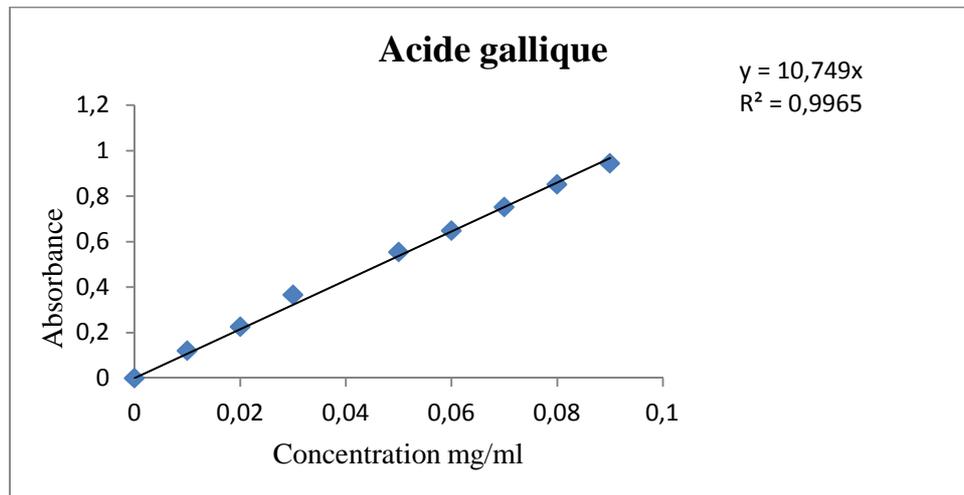


Figure N°02 : Courbe d'étalonnage de dosage de phénol total soluble.

Annexe IV :

STATISTICA :

pH J+1

Univariate Tests of Significance for PH_J_1 (adstudy.sta)					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	137388,0	1	137388,0	412164,0	0,000000
ECHANTIL	43,3	3	14,4	43,3	,000027
Error	2,7	8	,3		

Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,33333, df = 8,0000					
Cell No.	ECHANTIL	PH_J_1 Mean	1	2	3
1	F0	104,3333	****		
2	F0.5	106,6667		****	
3	F1	107,3333		****	
4	F1.5	109,6667			****

pH J+7

Univariate Tests of Significance for PH_J_7 (adstudy.sta)					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	169694,1	1	169694,1	53587,61	,000000
ECHANTIL	29,6	3	9,9	3,11	,088372
Error	25,3	8	3,2		

Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 3,1667, df = 8,0000				
Cell No.	ECHANTIL	PH_J_7 Mean	1	2
1	F0	116,3333	****	
2	F0.5	119,0000	****	****
4	F1.5	120,0000		****
3	F1	120,3333		****

Liste des annexes

pH J+14

Suite...					
Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	372768,8	1	372768,8	213010,7	0,000000
ECHANTIL	50,2	3	16,8	9,6	,005040
Error	14,0	8	1,8		

Suite...				
Cell No.	ECHANTIL	PH_J_14 Mean	1	2
1	F0	173,0000	****	
2	F0.5	176,0000		****
3	F1	178,0000		****
4	F1.5	178,0000		****

Acidité J+1

Suite...					
Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	52272,00	1	52272,00	968,0000	,000000
ECHANTIL	270,00	3	90,00	1,6667	,250324
Error	432,00	8	54,00		

Suite...			
Cell No.	ECHANTIL	ACDT_D*1 Mean	1
1	F0	60,00000	****
2	F0.5	63,00000	****
3	F1	69,00000	****
4	F1.5	72,00000	****

Liste des annexes

Acidité J+7

Suite... Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	153906,8	1	153906,8	495,6739	,000000
ECHANTIL	830,3	3	276,8	,8913	,486126
Error	2484,0	8	310,5		

Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 310,50, df = 8,0000			
Cell No.	ECHANTIL	ACDT_D^2 Mean	1
1	F0	99,0000	****
3	F1	117,0000	****
2	F0.5	117,0000	****
4	F1.5	120,0000	****

Acidité J+14

Suite... Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	757518,8	1	757518,8	807,3741	,000000
ECHANTIL	8444,2	3	2814,8	3,0000	,095128
Error	7506,0	8	938,3		

Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 938,25, df = 8,0000				
Cell No.	ECHANTIL	ACDT_D^3 Mean	1	2
1	F0	210,0000	****	
3	F1	249,0000	****	****
2	F0.5	264,0000	****	****
4	F1.5	282,0000		****

DPPH

Suite... Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	133563,0	1	133563,0	133563,0	0,000000
ECHANTIL	135,0	3	45,0	45,0	,000024
Error	8,0	8	1,0		

Liste des annexes

Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1,0000, df = 8,0000						
Cell No.	ECHANTIL	ABS_DPPH Mean	1	2	3	4
1	F0	101,0000	****			0,00
2	F0.5	104,0000		****		0,00
3	F1	107,0000			****	0,00
4	F1.5	110,0000				0,00

Chélation de fer ferreux

Univariate Tests of Significance for FER (adstudy.sta)					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	131670,8	1	131670,8	79002,45	0,000000
ECHANTIL	74,9	3	25,0	14,98	,001202
Error	13,3	8	1,7		

Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1,6667, df = 8,0000					
Cell No.	ECHANTIL	FER Mean	1	2	3
1	F0	101,0000	****		
2	F0.5	104,0000		****	
3	F1	106,6667			****
4	F1.5	107,3333			****

Pouvoir réducteur

Suite... Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	133563,0	1	133563,0	133563,0	0,000000
ECHANTIL	135,0	3	45,0	45,0	,000024
Error	8,0	8	1,0		

Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1,0000, df = 8,0000						
Cell No.	ECHANTIL	P_REDUCT Mean	1	2	3	4
1	F0	101,0000	****			0,00
2	F0.5	104,0000		****		0,00
3	F1	107,0000			****	0,00
4	F1.5	110,0000				0,00

Liste des annexes

Taux de sucre

Suite...					
Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	93633,33	1	93633,33	135,5368	,000003
ECHANTIL	7768,00	3	2589,33	3,7481	,059967
Error	5526,67	8	690,83		

Suite...					
Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 690,83, df = 8,0000					
Cell No.	ECHANTIL	T_SUCRE Mean	1	2	
4	F1.5	44,3333	****		
1	F0	101,0000			****
2	F0.5	103,0000			****
3	F1	105,0000			****

Matière grasse

Suite...					
Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	132090,1	1	132090,1	39627,02	,000000
ECHANTIL	84,2	3	28,1	8,42	,007387
Error	26,7	8	3,3		

Suite...					
Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 3,3333, df = 8,0000					
Cell No.	ECHANTIL	MG Mean	1	2	3
1	F0	101,0000	****		
2	F0.5	104,0000	****	****	
3	F1	107,0000		****	****
4	F1.5	107,6667			****

Densité

Suite...					
Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	130834,1	1	130834,1	157000,9	0,000000
ECHANTIL	94,3	3	31,4	37,7	,000046
Error	6,7	8	,8		

Liste des annexes

Suite...		Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,83333, df = 8,0000				
Cell No.	ECHANTIL	DENSITE Mean	1	2	3	4
1	F0	100,6667	****			0,00
2	F0.5	103,0000		****		0,00
3	F1	106,0000			****	0,00
4	F1.5	108,0000				0,00

Matière sèche

Suite...		Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition			
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	203328,4	1	203328,4	218969,1	0,000000
ECHANTIL	273,5	7	39,1	42,1	,000034
Error	6,5	7	,9		

Suite...		Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,92857, df = 7,0000					
Cell No.	ECHANTIL	M_SECHE Mean	1	2	3	4	5
1	F0	125,0000	****				
2	F0.5	127,5000		****			
3	F0.5%	129,0000		****	****		
4	F1%	131,0000			****		
5	F1.5%	134,0000				****	
6	P1	136,0000				****	****
7	P2	137,0000					****
8	P3	138,0000					****

Composés phénoliques

Suite...		Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition			
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	149187,0	1	149187,0	149187,0	0,000000
ECHANTI	135,0	3	45,0	45,0	,000024
Error	8,0	8	1,0		

Liste des annexes

Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1,0000, df = 8,0000						
Cell No.	ECHANTI	PTS Mean	1	2	3	4
1	F0	107,0000	****			0,00
3	F0.5	110,0000		****		0,00
2	F1	113,0000			****	0,00
4	F1.5	116,0000				0,00

Matière minérale

Univariate Tests of Significance for MM (adstudy.sta)						
VISUAL GLM Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	149187,0	1	149187,0	149187,0	0,000000	
ECHANTI	135,0	3	45,0	45,0	,000024	
Error	8,0	8	1,0			

LSD test; variable MM (adstudy.sta)						
Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1,0000, df = 8,0000						
Cell No.	ECHANTI	MM Mean	1	2	3	4
1	F0	107,0000	****			0,00
3	F0.5	110,0000		****		0,00
2	F1	113,0000			****	0,00
4	F1.5	116,0000				0,00

Protéine totale

Univariate Tests of Significance for PROTÉINE (adstudy.sta)						
Suite... Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	552,3348	1	552,3348	935,1297	,000007	
ECHANTIL	33,7374	3	11,2458	19,0397	,007854	
Error	2,3626	4	,5907			

LSD test; variable PROTÉINE (adstudy.sta)						
VISUAL GLM Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,59065, df = 4,0000						
Cell No.	ECHANTIL	PROTÉINE Mean	1	2	3	
2	F0.5	5,52454	****			
1	F0	7,71487		****		
3	F1	8,76302		****		
4	F1.5%	11,23413			****	

Annexe V

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, autoclaver 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 VI

Composition des milieux de culture :

Milieux hektoen

Composants:	Concentration :
Mélange de peptone	25,0 g/litre
Lactose	10,0 g/litre
Saccharose	12,0 g/litre
Salicine	1,0 g/litre
Chlorure de sodium	2,0 g/litre
Thiosulfate de sodium	1,0 g/litre
Citrate d'ammonium ferrique	2,0 g/litre
Citrate trisodique	1,25 g/litre
Sels biliaires	1,5 g/litre
Acide fuschique	0,025 g/litre
Bleu de bromothymol	0,05 g/litre
Agar A (RM10)	14,0 g/litre
pH final: 7,2 ± 0,2	

Liste des annexes

Milieux VRBL

Ingrédients en g pour litre d'eau distillé ou minéralisé

Peptone	7.00
Extrait de levure	3.00
Sels biliaires N°3	1.50
Lactose	10.00
Chlorure de sodium	5.00
Rouge neutre	0.03
Cristal violet	0.002
Agar	15.00

pH final à 25 °C 7.4 ± 0.2

Milieu OGA

Composants	Concentration
Extrait autolytique de levure	5g
Glucose	20g
Agar agar bactériologique	15g
Eau q.s.p	1000g
Autoclavage à 120 °C	20mn

Milieu Chapman

Composants	Concentrations
Peptone	10g
Extrait de viande	1g
Chlorure de sodium	75.0g
Mannitol	10.0g
Rouge de phénol	0.025g
Agar-agar	15g

Liste des annexes

pH = 4.7

Bouillon Shubert

Ingrédients en grammes pour un litre d'eau distillée ou déminéralisée.

Composants	Concentrations	Composants	Concentrations
Tryptone	10,00	Phosphate monopotassique	0,58
Tryptophane	0,20	Acide glutamique	0,20
Chlorure de sodium	2,00	Sulfate de magnésium	0,70
Mannitol	7,50	Sulfate d'ammonium	0,40
Phosphate disodique	4,12	Citrate de sodium	0,50

pH final à 25°C : 7,6 ± 0,2

Annexe VII

Solution	Réactifs
Folin ciocalteau 1/10	10 ml de folin ciocalteau à +90ml d'eau distillée
Tampon Acétate (0,2M acide acétique et 0,17M NaCl)	11.4 ml D'acide acétique +9.86 g NaCl +800ml eau distillé le pH est ajusté à 4.9 avec NaOH (4N) le volume est ajusté à 1L avec l'eau distillée.
HCl (0,01M)	0.085ml d'HCl 36% est ajusté à 1litre avec l'eau distillée.
FeCl ₃ (0,01M dans HCl 0,01 M)	Dissoudre 1,62gde FeCl ₃ dans 1litre HCl à 0,01 M
Ferrozines 5mM	0,123g ferrozines dans 50 ml d'eau distillé
Solution DPPH (65µM/l)	0,0024 g DPPH dans 100 ml methanol pur
Chlorure ferrique (FeCl ₃) à 0,1%	0.1g de FeCl ₃ dans 100 ml d'eau distillée.
Soude (NaOH) à 0.313N	12.5 g NaOH dans 1000ml d'eau distillée.
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%,P/V) HCl 24%	2g ALCl ₃ .6H ₂ O dans 100ml de méthanol 24ml d'HCl concentré ajusté à 100 ml

Liste des annexes

	avec du méthanol.
Tampon phosphate (0,2M, pH 7)	0.68 g de KH_2PO_2 dans 100 ml d'eau distillée. 0.87g de K_2HPO_2 dans 100 ml d'eau distillée. la solution acide est ajuster avec la solution basique jusqu'à l'obtention d'un pH 7.
Méthanol 80%	100ml du méthanol pure + 28.59 ml d'eau distillée.
Tampon phosphate (0.2 M, pH 6.75)	0.68 gde KH_2PO_4 (acide) dans 100ml d'eau distillée 0.87 g de K_2HPO_4 (basique) dans 100ml d'eau distillée La solution acide est ajustée avec la solution basique jusqu'a l'obtention d'un PH=6.75
Solution de chlorure d'aluminium ($6\text{H}_2\text{O}$) a2%	2g $\text{AlCl}_3 (6\text{H}_2\text{O})$ ajusté à 100 ml du méthanol 100%.
Réactif de bouchardat	2g de l'iode bisubliné (I_2) +2 g de KI ajusté a100 ml de l'eau distillée.
Réactif C FeCl_2	0.085 ml de HCL concentré (36%) dilué dans 1 ml de l'eau distillée, on dissout 1.62 g de FeCl_3 de cette solution (1L HCL 0.01 M).
Solution de NaOH 1N	NaOH ajusté a 100 ml d'eau distillée
Chlorure ferrique (Fe Cl_3) à 2%	2g (Fe Cl_3) dans 100ml l'eau distillée
EDTA (33$\mu\text{g/ml}$)	33 μg dans un 1ml d'eau distillée
Acide ascorbique	0.005965g dans un 1 ml méthanol 100% 0.0096125g dans un 1ml méthanol 100%

Résumé :

Moringa oleifera est un arbre miracle, d'une valeur nutritionnelle très importante, et d'intérêt médicamenteux élevé.

L'incorporation de la poudre de feuille de *Moringa oleifera* (PFMO) cultivé en Algérie dans un fromage frais artisanal à (0%, 0.5%, 1%, 1.5%) qui a pour but de comparer la valeur nutritive, la qualité microbiologique et sensorielle et l'acceptabilité du consommateur, le suivi du produit au cours du stockage, et de déterminer le taux optimal d'incorporation de PFMO.

Nos résultats révèlent une légère augmentation dans la composition chimique du fromage proportionnelle avec l'addition de Moringa % MG est de 31.14% (1.5% d'incorporation) contre un témoin de 22.59%, dont les protéines présentent 8.78% (1.5%) contre le témoin 6.17%, alors que le sucre 13.83 pour 1.5% et le témoin 12%.

La teneur en composés phénoliques totaux et l'activité antioxydante est améliorée après l'incorporation de PFMO. Le fromage fabriqué est de bonnes qualités microbiologiques. Les caractéristiques sensorielles du fromage témoin ont été supérieures aux fromages enrichis avec la PFMO, l'appréciation et l'acceptabilité du fromage est inversement proportionnelle aux taux d'incorporation de PFMO. Ceci indique que des taux inférieurs à 0.5% doivent être pris en considération lors de la fabrication du fromage enrichi.

Mots clés : *Moringa oleifera*, Fromage, composition chimique, composés phénoliques, activités antioxydantes.

Abstract :

Moringa oleifera is a miracle tree with a very important nutritional value and a high medicinal interest. The incorporation of *Moringa oleifera* leaf powder (PFMO) grown in Algeria in a (0%, 0.5%, 1%, 1.5%) artisanal fresh cheese which aims to compare nutritive value, microbiological and sensorial quality and consumer acceptability, product tracking during storage, and to determine the optimal rate of PFMO incorporation. Our results reveal a slight increase in the chemical composition of proportional cheese with the addition of Moringa % MG is 31.14% (1.5% incorporation) against a control of 22.59%, whose proteins show 8.78% (1.5%) against the control 6.17%, while the sugar 13.83 for 1.5% and the control 12%.

The total phenolic compound content and the antioxidant activity is improved after the incorporation of PFMO. The cheese to manufacture is of good microbiological qualities. The sensory characteristics of the control cheese were superior to cheeses enriched with PFMO, the appreciation and acceptability of the cheese is inversely proportional to the PFMO incorporation rates. This indicates that rates below 0.5% should be taken into consideration when the manufacture of enriched cheese.

Keywords : *Moringa oleifera*, Cheese, Chemical composition, Phenolic compound, Antioxidant activities.