



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Melle. ZAOUI Elhorra

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES ALIMENTAIRES

OPTION : AGROALIMENTAIRE ET CONTROLE DE QUALITE

Thème

**Effet de différents types de coagulants du
lait sur les propriétés organoleptiques du
fromage blanc traditionnel**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr. Goudjal Yacine	Pr.	Président
Mr Djokhdem Laid	MAA	Examineur
Mr. Houicher Abderrahmane	Pr.	Rapporteur

Promotion : Juin – 2023

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة عمار ثلجي- الاغواط

كلية :العلوم

قسم العلوم الفلاحية

مذكرة ماستر

تقديم الطالبة: الزاوي الحرة

ميدان: علوم الطبيعية و الحياة

شعبة :علوم غذائية

تخصص:صناعات غذائية و مراقبة النوعية

موضوع البحث



تأثير أنواع مختلفة من مخثرات الحليب على الخصائص الحسية للجبن الأبيض التقليدي

أعضاء لجنة المناقشة :

الاسم و اللقب	الدرجة العلمية :	الصفة
السيد قوجال ياسين	أستاذ تعليم عالي	رئيسا
السيد جخدم العيد	أستاذ مساعد أ	ممتحن
السيد هويشر عبد الرحمن	استاذ تعليم عالي	مقرا

الدفعة: جوان –2023

Dédicaces

Je Dédie ce modeste travail

À ma mère, qui a été la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie. Sa présence et son soutien indéfectibles tout au long de mes années d'études ont été d'une valeur inestimable. Je suis profondément reconnaissant pour son sacrifice et son soutien, qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.

À l'homme qui occupe une place centrale dans ma vie, à mon exemple éternel, une source de joie et de bonheur. C'est celui qui a toujours fait des sacrifices pour me voir réussir. À toi, mon père.

À mes sœurs et mes frères

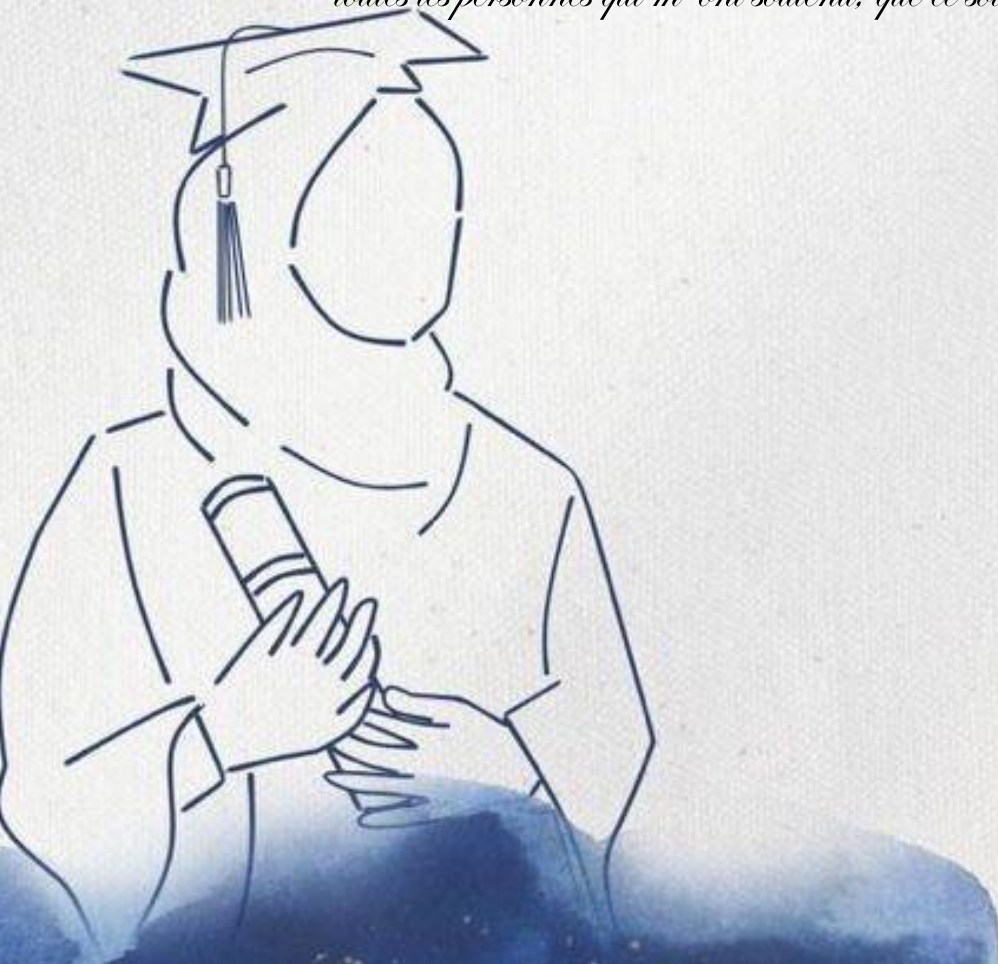
À enfants de ma sœur mes petits supporters, Haïdar, Aïaa surtout Inas et Bouhra

À mes nièces aussi Manal, Akhla, Aïba, Meriem, Abd Raouf et Adam

À tous ma famille

À mon amis Adjer

À l'ensemble des enseignants et professeurs qui ont jalonné mon parcours académique, ainsi qu'à toutes les personnes qui m'ont soutenu, que ce soit de près ou de loin.





Remerciements

Mes remerciements sont adressés en premier lieu à Allah, le Tout-Puissant, pour m'avoir accordé la volonté, la patience et le courage nécessaires à l'accomplissement de cette modeste étude.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma gratitude envers mon encadreur, M. le Pr. Houicher Abd errahmane, pour son précieux soutien et ses conseils judicieux qui ont grandement contribué à la réalisation de ce travail.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury, M. le Pr. Goudjal Yacine (président) et M. le Dr. Djokhdem Laid, (examineur) pour l'attention qu'ils ont accordée à ma recherche en acceptant d'examiner mon travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Je tiens à remercier également les étudiants Melle. Chikhaoui, Melle. Abdelaziz, Melle. Seghir et M. Ararem, qui ont aidé à l'évaluation sensorielle dans cette étude.

Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont contribué de manière directe ou indirecte,

à la réalisation de cette tâche

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Composition globale du lait de vache avec le détail de sa composition minérale	4
2	Représentation schématique de la micelle de caséine	6
3	Membrane du globule de matière grasse	7
4	Diagramme temps - température de la pasteurisation	10
5	Types de coagulation et diversité fromagère	16
6	Schéma de classification de fromage basée sur la méthode de coagulation	19
7	<i>Bouhezza</i> (fromage affiné)	20
8	Klilla frais (A) ; klilla séché (B)	21
9	Diagramme général des processus de production de certains fromages préparés en Algérie	22
10	La présure de type CHY-MAX®	27
11	Schéma de l'artichaut	27
12	Etapes de préparation de Jben	29
13	L'aigrette de l'artichaut	30
14	Le caillé	31
15	Les étapes de préparation de J'ben par les différents coagulants	32
16	Fiche d'évaluation de texture	37
17	Fiche d'évaluation de flaveur	38
18	Déroulement de l'analyse	40
19	Les trois échantillons de J'ben préparés dans cette étude	42
20	Graphes radars montrant l'effet de différents coagulants sur les caractéristiques organoleptiques de fromage blanc traditionnel	47

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Composition globale du lait de différents mammifères en g.100g ⁻¹ de lait	4
2	Répartition des minéraux du lait entre phase colloïdale et phase aqueux	8
3	Composition vitaminique moyenne du lait cru	9
4	Composition moyenne du lait et des fromages	12
5	Facteurs affectant la texture du fromage	24
6	Exemples de protocoles de dégustation sur les fromages	25
7	Informations sur l'échantillon de lait cru utilisé dans cette étude	26
8	Liste de descripteurs de texture de fromage	35
9	Liste de descripteurs de flaveur de fromage	36
10	Les résultats relatifs de pH pour les échantillons de J'ben	42
11	Effets du coagulant sur le profil de texture à la coupe pour les échantillons de J'ben (moyenne ± écart-type)	43
12	Effets du coagulant sur le profil de texture en bouche pour les échantillons de J'ben (moyenne ± écart-type)	44
13	Les effets du coagulant sur la saveur des échantillons de J'ben ont été étudiés (moyenne ± écart-type)	45
14	Les effets du coagulant sur l'odeur des échantillons de J'ben ont été étudiés (moyenne ± écart-type)	45
15	Les effets du coagulant sur l'arrière-goût des échantillons de J'ben ont été étudiés (moyenne ± écart-type)	46

Liste des abréviations

AGI	Acides Gras Insaturés
AGS	Acides Gras Saturés
AGT	Acides Gras Trans
CCP	Phosphate de Calcium Colloïdal
CSN2	caséine beta
FAO	Food and Agriculture Organization
FIL	Fédération internationale laitière
HTST	High Temperature Short Time
ISO	Organisation Internationale de Normalisation
LIS	Intervalle Structurée Linéaire
NF	Norme Française
OMS	Organisation Mondiale de la Santé

Thème : Effet de différents types de coagulants du lait sur les propriétés organoleptiques du fromage blanc traditionnel

Nom et prénom : ZAOUI Elhorra

Résumé :

La présente étude a pour objectif principal d'examiner l'influence des différents coagulants sur les caractéristiques sensorielles du fromage blanc (J'ben), en utilisant du lait de vache frais pasteurisé à (71°C/15s) et en additionnant la présure et des coagulants issus de l'extrait aqueux d'artichaut et de jus de citron. Les résultats de l'analyse sensorielle du J'ben élaboré à l'aide d'une concentration de 1% (v/v) d'extrait enzymatique brute d'artichaut ont montré une augmentation significative ($p < 0.05$) dans l'intensité de la flaveur par rapport à ceux obtenus avec l'utilisation de la présure. Le J'ben ainsi élaboré présente des caractéristiques distinctes, il est à la fois granuleux et fragile, et conduit à une texture spécifique et à une structure particulière du produit final. Cependant, l'ajout de 30 ml/L de jus de citron pour la coagulation du lait engendre la formation d'un J'ben présentant une texture collante et une saveur acide, accompagnée d'une légère odeur de citron. Ces résultats ont révélé des différences significatives ($p < 0,05$) par rapport à ceux obtenus lors de l'utilisation de la présure. Nos résultats soulignent l'importance de l'application de l'extrait aqueux d'artichaut et du jus de citron en tant que substituts potentiels à la présure dans le processus de fabrication du J'ben. Des investigations complémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes sous-jacents à ces différences sensorielles et structurales, afin d'optimiser la qualité et la consistance du J'ben élaboré à partir d'extrait aqueux d'artichaut et de jus de citron.

Les mots clés : Fromage blanc, coagulant, *Cynara scolymus*, citron, présure, analyse sensorielle, flaveur, texture

Theme : Effect of different types of milk coagulants on the organoleptic properties of traditional white cheese.

Family name and First name: ZAOUI Elhorra

Abstract :

The main objective of this study is to examine the influence of different coagulants on the sensory characteristics of white cheese (J'ben), using fresh pasteurized cow's milk at (71°C/15s) and adding rennet and coagulants from aqueous artichoke extract and lemon juice. The results of the sensory analysis of the J'ben prepared using a 1% (v/v) concentration of crude enzymatic extract of artichoke showed a significant increase ($p < 0.05$) in flavor intensity compared to those obtained with the use of rennet. The resulting J'ben has distinct characteristics, it is both granular and fragile, and leads to a specific texture and particular structure of the final product. However, the addition of 30 ml/L of lemon juice for milk coagulation results in the formation of a J'ben with a sticky texture and an acidic flavor, accompanied by a slight lemon odor. These results revealed significant differences ($p < 0.05$) compared to those obtained when using rennet. Our results highlight the importance of applying aqueous artichoke extract and lemon juice as potential substitutes for rennet in the J'ben manufacturing process. Further investigations are needed to better understand the underlying mechanisms of these sensory and structural differences, in order to optimize the quality and consistency of the J'ben prepared from aqueous artichoke extract and lemon juice.

Keywords : White cheese, Coagulant, *Cynara scolymus*, Lemon, Rennet, Sensory analysis, Flavor, Texture

الموضوع : تأثير أنواع مختلفة من مخثرات الحليب على الخصائص الحسية للجبن الأبيض المخمر تقليديا

الإسم واللقب : الزاوي الحرة

ملخص :

نص الدراسة الحالية يهدف بشكل رئيسي إلى دراسة تأثير مختلف المخثرات على الخصائص الحسية للجبن الأبيض (J'ben) ، باستخدام حليب البقر الطازج المبستر عند درجة حرارة (71 C°/15s) وإضافة المنفحة والمخثرات المستخلصة من مستخلص الخرشوف الخام وعصير الليمون. أظهرت نتائج التحليل الحسي لـ J'ben المحضر باستخدام تركيز 1% (v/v) من مستخلص الخرشوف الإنزيمي زيادة ملحوظة ($p < 0.05$) في شدة النكهة مقارنة بتلك التي تم الحصول عليها باستخدام المنفحة. يتميز J'ben المحضر بخصائص مميزة، حيث يكون حبيبيًا وهشًا في الوقت نفسه، ويؤدي إلى نسيج محدد وهيكلي خاص للمنتج النهائي. ومع ذلك، يؤدي إضافة 30 مل / لتر من عصير الليمون لتخثر الحليب إلى تكوين J'ben يتميز بنسيج لزج ونكهة حامضة، مصحوبة برائحة خفيفة من الليمون. كشفت هذه النتائج عن اختلافات ملحوظة ($p < 0.05$) مقارنة بتلك التي تم الحصول عليها باستخدام المنفحة. تؤكد نتائجنا على أهمية تطبيق مستخلص الخرشوف وعصير الليمون كبديل محتملة للمنفحة في عملية تصنيع J'ben. وتتطلب المزيد من الدراسات لفهم الآليات الكامنة وراء هذه الاختلافات الحسية والهيكلية، من أجل تحسين جودة واتساق J'ben المحضر من مستخلص الخرشوف وعصير الليمون.

كلمات مفتاحية: جبن أبيض، مخثر، *Cynara scolymus*، ليمون، منفحة، تحليل حسي، مذاق، قوام

Table des matières

Dédicaces

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Résumé

Introduction 1

CHAPITRE I

I. Généralité sur le lait 3

1. Définition du lait 3

2.1. L'eau 5

2.2. Lactose 5

2.3. Protéines 5

2.4. Lipides 7

2.5. Minéraux 7

2.6. Vitamines 8

3. pH du lait 9

4. Pasteurisation du lait 9

CHAPITRE II

II. Généralité sur le fromage 11

1. Historique 11

2. Le fromage 11

3. Fabrication du fromage 13

4. Les principales étapes de la fabrication des fromages 14

4.1. Traitement du lait 14

4.2. Coagulation	14
4.3. L'égouttage	16
5. Différents coagulants enzymatique du lait.....	16
5.1. Coagulants d'origine animale	17
5.2. Coagulants d'origine végétale	17
6. Classification des fromages	18
7. Les fromages traditionnels	20
7.1. Différents types de fromage traditionnels Algerian	20
8. L'évaluation sensorielle du fromage	23
8.1. Flaveur	23
8.2. Texture	23

CHAPITRE III

III. Matériel et Méthodes	26
Objectifs	26
1. Echantillonnage	26
1.1. Lait cru	26
1.2. La présure	26
1.3. L'artichaut	27
1.4. Le citron	27
2. Préparation de J'ben	28
2.1. Coagulation par la présure	28
2.2. Coagulation par l'extrait d'artichaut	30
2.3. Coagulation par le jus de citron	30
3. Mesure de pH.....	33
4. Analyse sensorielle	33
4.1. Panel	33
4.2. Choix du test	34

4.3. Etablissement les profils sensoriels	34
4.4. Déroulement de l'analyse	39
5. Analyse statistique	41

CHAPITRE IV

IV. Résultats et discussion	42
1. pH de J'ben	42
2. Analyse sensorielle	43
2.1. Profil sensoriel de texture	43
2.2. Profil sensorielle de flaveur	44
Discussion	48
Conclusion et Perspectives	51
Références bibliographiques	52

Introduction

Les produits traditionnels sont considérés comme une façon très importante de préserver l'identité régionale et nationale des peuples. Parmi ces produits, les fromages traditionnels sont l'un des produits alimentaires qui ont acquis l'image de différents pays ou régions d'origine. Ils diffèrent les uns des autres par leur processus de fabrication, le temps de maturation (s'il est appliqué), le type de lait utilisé, la texture, la couleur, la saveur, le type de coagulation (enzymatique et/ou acide), etc. (**Boudalia et al., 2020**). Aujourd'hui, la consommation de fromage est largement répandue dans le monde entier et la principale raison de sa consommation n'est pas la prévention de la faim, mais l'apport de nutriments importants et essentiels, ses multiples utilisations en cuisine, sa commodité et sa flexibilité d'utilisation, ainsi que sa grande diversité de saveurs et de textures (**Walther et al., 2008 & Fox et al., 2000**).

En Algérie, la consommation de produits laitiers est une vieille tradition liée à l'élevage, car les produits laitiers sont fabriqués au moyen de processus artisanaux anciens, utilisant du lait ou des mélanges de lait de différentes espèces. La production de toutes les variétés de fromage implique un protocole généralement similaire, dont diverses étapes sont modifiées pour donner un produit avec les caractéristiques désirées (**Fox et al., 2000**). L'étape principale de la production de fromage est la coagulation du lait, et des enzymes coagulantes, qui sont des préparations d'enzymes protéolytiques, ont été utilisées dans la fabrication de fromage depuis des milliers d'années et semblent être la plus ancienne application connue des enzymes. Historiquement, la plupart des préparations enzymatiques utilisées pour le fromage ont été des extraits d'estomacs de ruminants, mais des coagulants provenant de microbes et de plantes ont également été utilisés à des dates très anciennes (**Getu Derso et al., 2019**).

Le caillé de fromage peut être durci en utilisant des acides ou des enzymes. Des acides tels que l'acide acétique, l'acide citrique, l'acide lactique, le vinaigre et le jus de citron ont été utilisés pendant de nombreuses années dans la fabrication de certains fromages. Les enzymes coagulantes extraites de plantes ont accru l'attention portée à la technologie laitière. Parmi les enzymes végétales qui ont été signalées pour produire des produits finaux satisfaisants, les cardosines et les cyprosinés (les protéases présentes dans les fleurs de *Cynara cardunculus* L.) méritent une mention spéciale. L'utilisation de ces coagulants a été démontrée pour préserver les saveurs originales et distinctives des fromages traditionnels (**Benheddi et Hellal, 2019**).

Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est d'examiner l'influence de l'utilisation de différents coagulants à base d'artichaut et de citron, comparativement à la présure, sur les changements des caractéristiques sensorielles du fromage blanc traditionnel.

Dans le cadre de cette étude, une méthodologie en deux parties a été adoptée :

- La première partie a été consacrée à une étude bibliographique approfondie, comprenant deux chapitres distincts. Ces chapitres ont permis d'explorer la littérature existante sur le sujet, en mettant en évidence les travaux de recherche antérieurs pertinents.
- La deuxième partie de cette étude a été consacrée à la partie pratique, visant à obtenir des résultats et des observations concrètes suivies de leur discussion. Enfin, ce travail s'est clôturé par une conclusion et perspectives.

Synthèse
bibliographique

Chapitre I

Généralité sur le lait

CHAPITRE I

I. Généralité sur le lait

1. Définition du lait :

Selon le Codex Alimentarius (2011), une référence internationale de renommée établie par la Commission du Codex Alimentarius de la FAO et de l'OMS, le lait est définie comme étant la sécrétion mammaire normale des femelles d'animaux sains, obtenue par une ou plusieurs traites, sans subir de modifications ou d'altérations.

D'après **Haug et al. (2007)**, Le lait est une émulsion colloïdale blanchâtre et opaque, composée d'eau, de matières grasses, de protéines, de lactose, de minéraux et de vitamines, produite par la sécrétion mammaire des femelles de diverses espèces animales. Il s'agit d'un aliment naturellement riche en nutriments essentiels, notamment en calcium, en protéines de haute qualité et en vitamines.

La composition spécifique du lait varie selon l'espèce animale, l'alimentation, la phase de lactation et d'autres facteurs (**Pereira et al., 2014**). Par exemple, le lait de vache est réputé pour sa teneur en protéines de haute qualité, en calcium et en vitamine D (**Kumar et al., 2017**).

Agraït et al., 2016, rapportent que la sécurité et la qualité du lait sont des préoccupations primordiales pour l'industrie laitière et les autorités réglementaires. La contamination du lait peut se produire à différentes étapes de la production, de la collecte, du transport et de la transformation, et peut être causée par des micro-organismes pathogènes, des contaminants chimiques ou des résidus de médicaments vétérinaires.

2. La composition du lait :

Fox et al., (2017) rapportent que le lait est un fluide biologique très variable. En plus des différences interspécifiques, le lait d'une espèce particulière varie en fonction de l'individualité de l'animal (Tableaux 1), de la race (dans le cas des espèces laitières commerciales), de la santé (mastite et autres maladies), de l'état nutritionnel, du stade de lactation, de l'âge, de l'intervalle entre les traites, etc.

Selon **Iqra et al., (2020)**, le lait est un fluide physiologiquement et biologiquement complexe qui contient de l'eau, des protéines, du lactose, des graisses, des vitamines et des minéraux comme ses principaux constituants.

Tableaux 1 ■ Composition globale du lait de différents mammifères en g.100g⁻¹ de lait (**Jeanlet et al., 2008**)

Lait	EST	MAT	protéines	caséines	Urée	MG	lactose	Cendres
Femme	12.6	-	1.6 – 1.2	0.5 – 0.8	-	3.75	6 à 7	0.21
Vache	13.0	3.9	3.2	2.8	0.014	3.9	4.9 (4 à 6)	0.9
Brebis	18.4	5.7	5.5	4.5	0.035	7.19	4.7	0.9
Chèvre	-	3.1	2.8	2.3	0.0385	3.38	4.4 à 4.7	0.5 à 0.8
Jument	-	-	2.0	-	-	-	-	0.4
Chamelle	12.4	-	3.0	-	-	5.38	3.3	0.7

MAT : matières azotées totales ; EST : extrait sec total ; MG : matières grasses

Le lait contient presque tous les éléments nutritifs nécessaires à la croissance du jeune mammifère (figure 1). Un litre de lait d'origine bovine contient environ 50 g de lactose, 32g de protéines et 40 g de matières grasses. Le potentiel énergétique d'un litre de lait est respectivement de 2720 kJ, 2090 kJ et 1460 kJ suivant qu'il est entier, demi-écrémé ou écrémé (**Jeantet et al., 2008**).

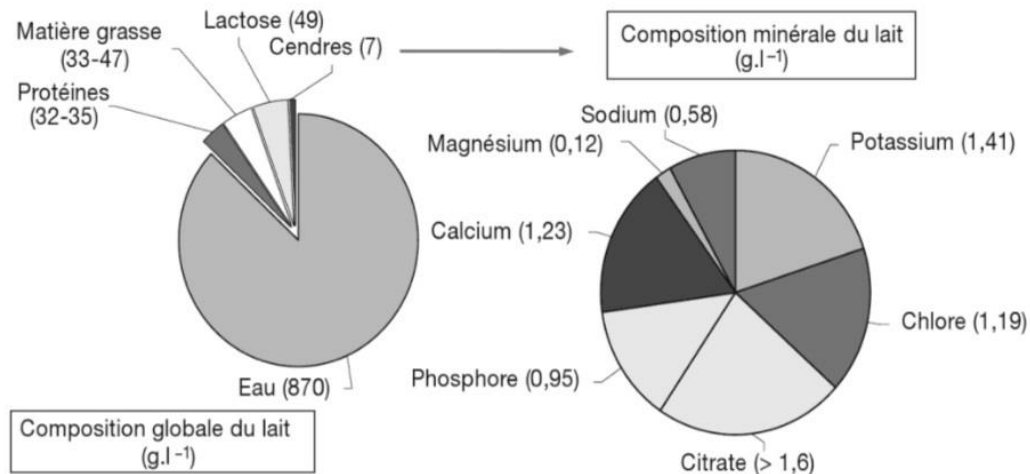


Figure 1 ■ Composition globale du lait de vache avec le détail de sa composition minérale (**Jeantet et al., 2008**).

2.1. L'eau :

Selon les travaux d'**Amiot et al., (2002)**, l'eau est considérée comme le composant le plus prépondérant du lait. Elle représente approximativement entre 81% et 87% du volume total du lait et se trouve présente sous deux formes distinctes :

- L'eau libre : Cette forme d'eau, qui constitue environ 96% du volume total, se caractérise par une grande réactivité. Elle permet la dissolution du lactose ainsi que d'une partie des minéraux présents, créant ainsi un environnement propice à la prolifération de micro-organismes.
- L'eau liée : Cette forme d'eau représente environ 4% du volume total et est étroitement associée à la matière sèche du lait. Elle ne participe pas aux réactions chimiques, physiques ou enzymatiques se produisant dans le lait.

2.2. Lactose :

Le lactose est un sucre présent dans le lait et constitue l'un des principaux composants nutritionnels de cette substance. Il est spécifiquement présent dans le lait des mammifères, y compris le lait de vache, le lait de chèvre et le lait humain. Le lactose est un glucide disaccharide composé de glucose et de galactose, reliés par une liaison β -glycosidique (**Larson & Smith, 2016**).

2.3. Protéines :

Les protéines du lait jouent un rôle essentiel dans sa composition et dans de nombreux aspects de la nutrition humaine. Les protéines du lait appartiennent à deux catégories principales qui peuvent être séparées en fonction de leur solubilité à pH 4,6 à 20 °C. Dans ces conditions, l'un des groupes, les caséines, précipite ; les protéines qui restent solubles à pH 4,6 sont appelées protéines sériques ou protéines de lactosérum (figure 2) (**Fox et al., 2017**).

La caséine bovine se compose de quatre protéines aux propriétés sensiblement différentes :

❖ Caséine alpha (α S1-caséine) :

- La caséine alpha est l'une des principales protéines du lait de vache, représentant environ 30% de toutes les caséines (**Martin et al., 2002**).

❖ Caséine bêta (β -caséine) :

- La caséine bêta est également une protéine importante dans le lait de vache, représentant environ 30 à 35% de toutes les caséines.
- Elle est codée par le gène CSN2.
- La β -caséine existe sous différentes variantes génétiques, dont les plus courantes sont A1 et A2 (**Jinsmaa & Yoshikawa, 1999**).

❖ Caséine kappa (κ -caséine) :

- La caséine kappa est une protéine relativement petite qui représente environ 10 à 15% de toutes les caséines présentes dans le lait de vache.
- Elle joue un rôle important dans la stabilisation des micelles de caséine, qui sont responsables de la solubilité et de la digestibilité du lait.
- La κ -caséine est sensible à l'action de l'enzyme chymosine (présente dans la présure), ce qui entraîne la coagulation du lait lors de la fabrication du fromage (**Horne, 2002**).

❖ Caséine gamma (γ -caséine) :

- La caséine gamma est une petite protéine présente en faible quantité dans le lait, représentant environ 5% de toutes les caséines.
- Elle est souvent considérée comme une protéine "accessoire" par rapport aux autres caséines, mais joue un rôle dans la stabilisation des micelles de caséine.
- La γ -caséine est également associée à certaines propriétés antibactériennes et immunomodulatrices (**Liao et al., 2011**).

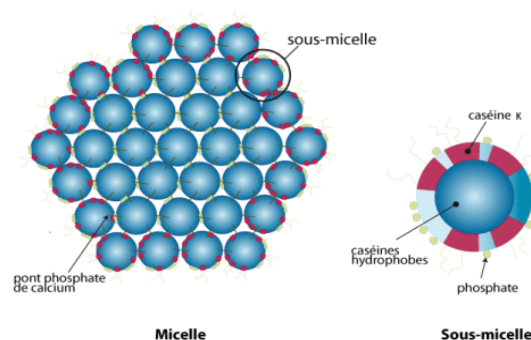


Figure 2 ■ Représentation schématique de la micelle de caséine (**Site web biochim-agro.univ-lille.fr**)

2.4. Lipides :

Les lipides du lait sont principalement constitués de triglycérides, qui sont des molécules formées de glycérol et d'acides gras. Les acides gras sont classés en acides gras saturés (AGS), acides gras insaturés (AGI) et acides gras trans (AGT). Le lait contient également des phospholipides, des glycolipides et des stérols (**Gurr, 1993**).

Dans le lait, la matière grasse se présente sous la forme d'une émulsion de type « huile dans eau » où chaque gouttelette (globule) de matière grasse est dispersée dans le sérum. Ces petits globules sphériques ont un diamètre moyen de 3 à 4 μm , les plus petits mesurant 0.1 μm et les plus grand 20 μm (figure3) (**Vuillemard, 2018**).

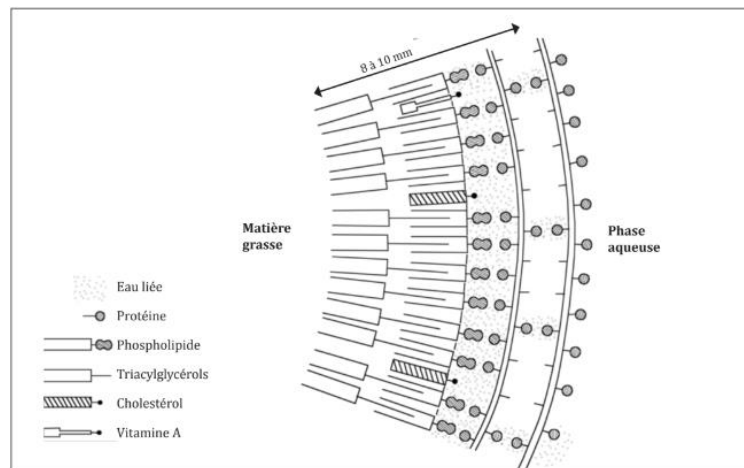


Figure 3 ■ Membrane du globule de matière grasse (**Vuillemard, 2018**)

2.5. Minéraux :

La composition minérale et saline du lait est essentielle d'un point de vue nutritionnel et technologique, contribuant à sa complexité. Elle est estimée à environ 9 g/l. Le lait constitue une source complète d'éléments minéraux indispensables à l'organisme. Parmi ces éléments, le calcium et le phosphore jouent des rôles particulièrement importants (**Gueguen, 1979**).

Selon les travaux de recherche de **Debrig (2001)**, il est établi que les matières minérales présentes dans le lait ne se limitent pas exclusivement à la forme de sels solubles, sous la forme de molécules et d'ions. Une part significative de ces matières minérales est retrouvée dans la phase colloïdale insoluble, notamment dans les micelles et les caséines (Tableaux 2).

Tableaux 2 ■ Répartition des minéraux du lait entre phase colloïdale et phase aqueux (**Varnam & Sutherland, 1994**)

	Pourcentage (%)	
	Phase soluble	Phase colloïdale
Calcium totale	33	67
Calcium (ionisé)	100	0
Chlore	100	0
Citrate	94	6
Magnésium	67	33
Phosphore (totale)	45	55
Phosphore (inorganique)	54	46
Potassium	93	7
Sodium	94	6

2.6. Vitamines :

On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantités constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) en quantités variables dépendant de facteurs exogènes (race, alimentation, radiations solaires, etc.) (Tableau 3) (**Jeantet et al., 2008**).

Tableaux 3 ■ Composition vitaminique moyenne du lait cru (Amiot et al, 2002)

Vitamines	Teneur en µg / 100ml
B1, thiamine	45
B2, riboflavine	175
B6, pyridoxine	50
B12, cobalamine	0.45
PP, niacine	90
Acide folique	5.5
Acide pantothénique	350
Biotine	3.5
C	2000
A, rétinol	40
Carotène	30
D	2.4
E	100
K	5

3. pH du lait :

Le pH du lait à 25 °C se situe généralement dans la plage de 6,5 à 7,0, avec une valeur moyenne de 6,6. Le pH augmente avec l'avancement de la lactation et peut dépasser 7,0 en fin de lactation (Fox et al., 2017).

La composition du lait englobe plusieurs groupes d'éléments qui jouent un rôle efficace en tant que tampons sur une vaste gamme de valeurs de pH. Parmi ces constituants tampons, les sels présents dans le lait, tels que le phosphate soluble, le citrate et le bicarbonate, jouent un rôle prépondérant. De plus, les chaînes latérales d'acides aminés acides et basiques des protéines, notamment celles présentes dans les caséines, contribuent également de manière significative à la capacité tampon du lait (Fox et al., 2000).

4. Pasteurisation du lait :

La pasteurisation vise à éliminer toutes les formes végétatives des micro-organismes pathogènes présents dans le lait (Figure 4). Les paramètres de pasteurisation sont déterminés en utilisant des combinaisons de température et de temps équivalent, basées sur une valeur de z de

5°C (c'est-à-dire que le temps de traitement est réduit d'un facteur de 10 pour chaque augmentation de température de 5°C), qui correspond à la sensibilité des formes végétatives des micro-organismes (**Jeantet et al., 2008**).

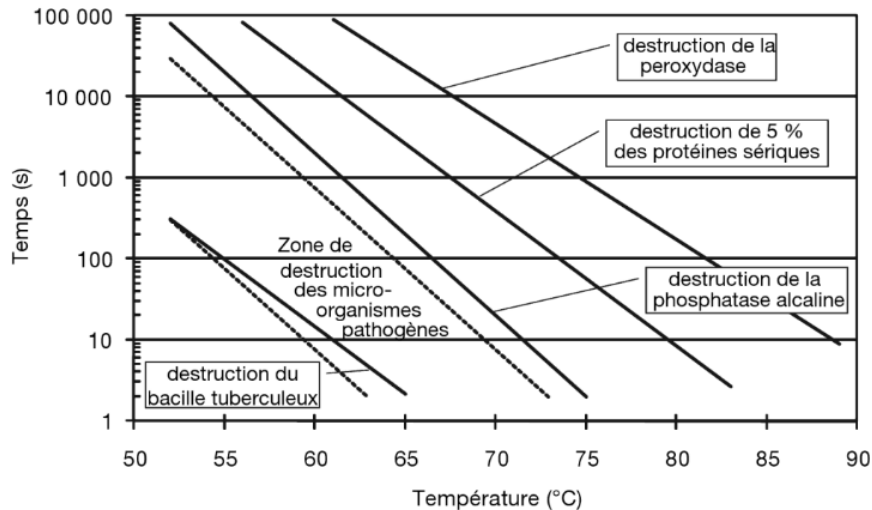


Figure 4 ■ Diagramme temps - température de la pasteurisation (**Jeantet et al., 2008**)

On distingue trois types de traitement:

- Pasteurisation basse (62-65°C/30 min) : Cette méthode, bien que moins courante de nos jours dans l'industrie laitière, a été utilisée dans le passé. Elle implique le chauffage du lait à des températures relativement basses pendant une période prolongée (**Robinson, 2002**).
- pasteurisation haute (71-72°C / 15-40 s) ou HTST (high temperature short time) : elle est réservée aux laits de bonne qualité hygiénique. Au plan organoleptique et nutritionnel, la pasteurisation haute n'a que peu d'effets. Au niveau biochimique, la phosphatase alcaline est détruite; par contre la peroxydase reste active et les taux de dénaturation des protéines sériques et des vitamines sont faibles .
- flash pasteurisation (85-90°C/1-2 s): elle est pratiquée sur les laits crus de qualité moyenne ; la phosphatase et la peroxydase sont détruites (**Jeantet et al., 2008**).

Chapitre II

Généralité sur le

Fromage

Chapitre II

II. Généralité sur le fromage :

1. Historique :

La fabrication du fromage est apparue il y a 8000 ans, peu après la domestication des animaux. A l'origine, l'intérêt majeur de la transformation du lait en fromage était de conserver les principaux constituants du lait. Aujourd'hui, il s'agit plutôt d'un aliment, possédant des qualités nutritionnelles indéniables (**Fredot, 2005**).

Les fromages représentent des méthodes anciennes de conservation et de préservation de la substance précieuse du lait, révélant des propriétés nutritionnelles et organoleptiques hautement valorisées (**Jeantet et al., 2007**).

2. Le fromage :

Le fromage est le nom générique d'un groupe de produits alimentaires à base de lait fermenté, produits dans le monde entier avec une grande diversité de saveurs, de textures et de formes (**Fox et al., 2017**).

Selon **Jeantet et al., (2008)** La désignation "fromage" est spécifiquement attribuée à un produit laitier fermenté ou non, affiné ou non, fabriqué exclusivement à partir de matières premières laitières telles que le lait, le lait partiellement ou totalement écrémé, la crème et le babeurre, utilisés seuls ou en combinaison. Ces matières premières sont partiellement ou totalement coagulées avant d'être égouttées ou après élimination partielle de la phase aqueuse. Conformément à cette définition, le produit de fromage doit contenir au moins 23 grammes de matière sèche pour 100 grammes de fromage.

De plus, le fromage, conformément à la norme Codex, est un produit qui peut être affiné ou non affiné, de consistance molle, semi-dure, dure ou extra-dure, et qui peut éventuellement être enrobé. Dans ce produit, le rapport entre les protéines de lactosérum et les caséines ne dépasse pas celui du lait (Tableaux 4). Le fromage est obtenu en réalisant une coagulation complète du lait à l'aide de présure ou d'autres agents coagulants appropriés, suivie d'un égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation (**Vignola, 2002**).

Tableau 4 ■ Composition moyenne du lait et des fromages (Alais et al., 1993)

	Lait	Fromages
Eau	Environ 87%	<ul style="list-style-type: none"> ● Éliminée en partie par la fabrication. ● Teneur en eau varie de : 35 % (pâte cuite dure), 50 % (pâte molle), 80 % (Fromage frais)
Glucides	<ul style="list-style-type: none"> ● Lactose 5% ; Les ferments lactiques transforment le lactose en acide lactique, ce sucre peut être également transformé en alcool. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pratiquement éliminé avec l'eau par la fabrication.
Lipides	<ul style="list-style-type: none"> ● Environ 4 %, Sous forme de globules gras très petits en émulsion dans le liquide ; ● Ce sont en majeure partie des triacylglycérols (beaucoup d'oléine) avec un peu de lécithines. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Se retrouvent dans la majorité des fromages sauf dans les fromages «maigres» : 23% fromages à pâte molle, 30% fromages à pâte dure.
Protéines	<ul style="list-style-type: none"> ● Environ 3,5%. Les plus importantes en quantités sont les caséines : 3% Les protéines du sérum sont aussi d'un apport non négligeable. 	<ul style="list-style-type: none"> ● La caséine coagulant avec la présure, est l'élément essentiel de tous les fromages (même maigre) : 18% fromages à pâte molle, 19% fromages blancs au lait écrémé, 24% fromages à pâte ferme.
Minéraux	<ul style="list-style-type: none"> ● Très intéressante valeur minérale car très riche en calcium et en phosphore. ● Contient aussi potassium et chlorure de sodium. ● Pas de fer. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Grande richesse en calcium et en phosphore, surtout dans les fromages à pâte ferme ● Plus au moins riches en chlorures de sodium selon leur fabrication (adjonction de sel, pâte lavée à l'eau salée, etc...)
Vitamines	<ul style="list-style-type: none"> ● B1 en petite quantité ● B2 assez importante. ● C en quantité variable dans le lait frais, mais pratiquement détruite au contact de l'air durant les manipulations et le transport et par la pasteurisation et l'ébullition. ● A en quantité importante dans la matière grasse, donc absente dans les laits écrémés. ● D en quantité variable selon la saison. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Les fromages fermentés à pâte molle, notamment les fromages bleus, sont de bonnes sources de vitamines B, du fait des synthèses réalisées par les moisissures. ● Se retrouve dans le fromage

3. Fabrication du fromage :

Bien que la fabrication du fromage ait survécu en tant qu'art pendant plus de 7000 ans, Les avancées scientifiques ont amélioré la compréhension du lait et du processus de fabrication du fromage, permettant aux fromagers de produire un fromage de meilleure qualité et plus uniforme. Les découvertes de Pasteur ont démontré que la chaleur pouvait détruire les bactéries nuisibles au processus de fromage ainsi que les microorganismes pathogènes. L'introduction de cultures pures de microorganismes a permis une production d'acide plus fiable et constante, tandis que l'amélioration de l'extraction de la présure a conduit à un meilleur caillé de fromage (**O'Connor, 1993**).

Dans le processus de fabrication du fromage, plusieurs ingrédients jouent un rôle essentiel. Parmi ceux-ci :

❖ Le lait :

La composition du fromage est fortement influencée par la composition du lait utilisé, notamment la teneur en matières grasses, en protéines, en calcium et en pH. Les constituants du lait, tels que les protéines, les lipides, les glucides, les minéraux et les vitamines, sont transférés dans le fromage lors du processus de fabrication. Par conséquent, les caractéristiques nutritionnelles et les propriétés organoleptiques du fromage sont directement liées à la composition initiale du lait utilisé (**Fox et al., 2000**).

❖ Ferments :

Certains types de fromage nécessitent l'utilisation des ferments, c'est-à-dire des cultures pures de bactéries lactiques, qui contiennent des organismes ayant des fonctions spécifiques, telles que le développement de la saveur (**O'Connor, 1993**).

❖ Coagulant :

Le coagulant du lait est une substance utilisée dans le processus de fabrication du fromage pour provoquer la coagulation du lait et former le caillé. Il existe différents types de coagulants utilisés, tels que la présure animale traditionnelle ou des coagulants d'origine microbienne ou végétale (**Singh et al., 2013**).

❖ Sel :

Dans certaines variétés de fromage, du sel (NaCl, chlorure de sodium) peut être ajouté, la quantité et la méthode d'ajout dépendant de la recette. Le sel peut être ajouté directement dans le lait ou sur les morceaux de caillé; il peut être frotté sur le fromage fini ou le fromage peut être immergé dans une solution saline (**O'Connor, 1993**).

❖ Produits chimique :

Dans certains types de fromage, l'utilisation de produits chimiques tels que le chlorure de calcium (CaCl₂) et le nitrate de sodium (NaNO₃) est recommandée pour améliorer la qualité du caillé et prévenir la croissance d'organismes pouvant causer des problèmes pendant l'affinage ou le vieillissement du fromage (**Labrie et al., 2014**).

4. Les principales étapes de la fabrication des fromages :

Ci-dessous sont énumérées les principales étapes de la fabrication du fromage. Toutes ces étapes ne sont pas utilisées pour toutes les variétés de fromage, et les étapes utilisées seront déterminées par le type de fromage.

4.1. Traitement du lait :

Dans le processus de fabrication du fromage, le lait subit généralement des prétraitements visant à améliorer la qualité et les caractéristiques du produit final. Ces prétraitements peuvent inclure la pasteurisation, la clarification, l'homogénéisation, la standardisation et d'autres techniques spécifiques (**Fox et al., 2017**).

4.2. Coagulation :

L'étape essentielle dans la fabrication de toutes les variétés de fromage implique la coagulation de la caséine, composante du système protéique du lait, pour former un gel qui emprisonne les matières grasses, le cas échéant. La coagulation peut être obtenue de différentes manières :

- Par une protéolyse limitée grâce à des protéinases sélectionnées (présures) ;
- Par acidification jusqu'à un pH d'environ 4,6 ;
- Par acidification jusqu'à une valeur de pH supérieure à 4,6 (peut-être environ 5,2) combinée à un chauffage à environ 90 °C (**Fox et al., 2000**).

On distingue trois types de coagulation (figure 5) :

4.2.1. Coagulation acide :

Le caillé de fromage peut être formé en utilisant des acides tels que l'acide acétique, l'acide citrique, l'acide lactique, le vinaigre et le jus de citron. Ces acides ont été utilisés depuis de nombreuses années dans la fabrication de certains fromages (**O'Connor, 1993**).

Elle consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique ($pH_i = 4,6$) par acidification biologique à l'aide de ferments lactiques qui transforment le lactose en acide lactique ou par acidification chimique (injection de CO_2 , addition de glucono- δ -lactone ou ajout de protéines sériques à pH acide) (**Jeantet et al., 2008**).

4.2.2. Coagulation enzymatique :

La protéolyse est l'un des événements biochimiques les plus complexes et importants dans la coagulation du lait. Dans la plupart des cas, les caséines sont hydrolysées par des enzymes coagulantes. Elle consiste à transformer le lait de l'état liquide à l'état de gel par action d'enzymes protéolytiques, le plus souvent d'origine animale (**Shabani et al., 2017 & Jeantet et al., 2008**).

Selon **Jeantet et al. (2008)**, on distingue trois phases :

- phase primaire ou enzymatique : elle correspond à l'hydrolyse de la caséine k au niveau de la liaison phénylalanine (105) et méthionine (106) ;
- phase secondaire ou d'agrégation des micelles déstabilisées : à pH 6.6, elle commence lorsque 80 à 90 % de la caséine k est hydrolysée ;
- phase tertiaire ou phase de réticulation : elle conduit à la formation du gel.

4.2.3. Coagulation mixte :

La coagulation mixte du lait est un processus complexe dans la fabrication du fromage, impliquant à la fois une coagulation enzymatique et une coagulation acide. Lors de la coagulation mixte, les protéines du lait, principalement les caséines, subissent une action enzymatique des coagulants (tels que la présure) et une acidification simultanée due à l'activité des bactéries lactiques. Cette combinaison de facteurs entraîne la formation d'un réseau de gel, qui est essentiel pour la formation du caillé (**Vetier, 1998**).

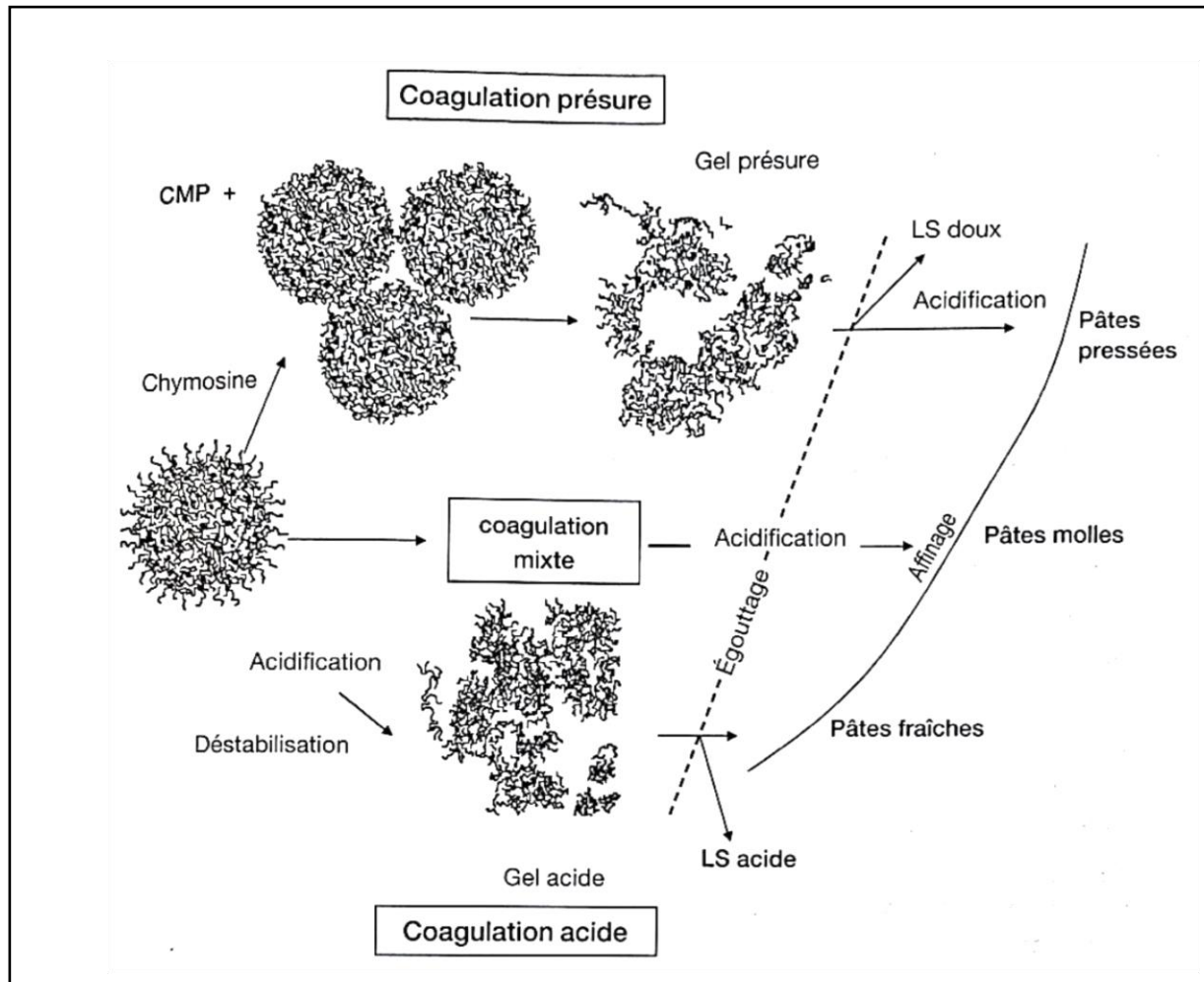


Figure 5 ■ Types de coagulation et diversité fromagère. (Jeantet *et al.*, 2008)

4.3. L'égouttage :

L'égouttage est un processus dynamique au cours duquel le lactosérum emprisonné dans la structure gélatineuse formée par la coagulation acide et/ou enzymatique est éliminé. Le gel de fromage subit progressivement un durcissement, entraînant une déshydratation partielle du caillé. Ce processus débute dans les cuves de coagulation, se poursuit dans les moules et se termine finalement dans les salles de maturation (Jeantet *et al.*, 2008 ; Brulé *et al.*, 1997).

5. Différents coagulants enzymatique du lait :

Les enzymes de coagulation du lait jouent un rôle essentiel dans la fabrication des fromages en favorisant la coagulation des protéines du lait. Les avancées scientifiques et technologiques ont permis le développement de différentes sources d'enzymes de coagulation du lait, offrant ainsi des options alternatives à la présure de veau traditionnelle (Chazarra *et al.*, 2007 & Cavalcanti *et al.*, 2004).

5.1. Coagulants d'origine animale :

Dans la fabrication du fromage, la présure, une enzyme d'origine animale, est principalement utilisée pour induire la coagulation des protéines du lait. La présure contient une enzyme spécifique appelée chymosine, qui joue un rôle essentiel dans la formation du caillé.

La chymosine joue un rôle essentiel dans le processus de coagulation, et elle est capable d'hydrolyser le lien Phe105-Met106 dans la caséine κ en para-caséine κ et en glycolmacropeptide (Shabani *et al.*, 2017).

La pepsine, une endoprotéase appartenant à la famille des protéases à acide aspartique, est présente dans le suc gastrique de tous les mammifères et les oiseaux. Il a une action sur les micelles de caséine comprend trois phases distinctes :

- l'hydrolyse spécifique de la liaison Phe105-Met106 de la κ -CN par la pepsine à un pH supérieur à 5 ;
- l'agrégation des micelles de caséine par association hydrophobe et effets électrostatiques ioniques ;
- la protéolyse progressive où à un pH inférieur à 4, à la fois les caséines et les protéines de lactosérum sont hydrolysées en peptides.

(Yang *et al.*, 2022)

5.2. Coagulants d'origine végétale :

Les recherches dans le domaine de la technologie laitière comme Tavarria *et al.*, (2001) ont montré que certaines enzymes de coagulation végétales présentent des propriétés enzymatiques favorables pour la production de fromage.

Une revue de la littérature a révélé que différentes protéases végétales, telles que le latex du figuier dans le fromage Teleme, les fleurs de chardon dans les fromages Serra da Estrada et Serpa, populaires au Portugal, la papaye, l'ananas et les graines de ricin, ont été utilisées pour la coagulation du lait (Silva & Gomes, 2012).

Parmi les enzymes végétales qui ont été signalées comme produisant des produits finaux satisfaisants les cardosines et les cyprosines (les protéases présentes dans les fleurs de (*Cynara cardunculus L.*) méritent une mention spéciale (Benhaddi & Hellal, 2019).

Selon **Shabani et al., (2017)** ont démontré que certains champignons ont la capacité de provoquer la gélification du lait, et il a été constaté que les basidiomycètes présentent une activité enzymatique élevée similaire à celle de la présure, et certains d'entre eux ont été utilisés dans des applications pratiques.

6. Classification des fromages

Une large gamme de variétés de fromages est produite dans le monde entier, environ 2000 variétés dont approximativement 500 variétés de fromages sont reconnues par la Fédération internationale laitière (FIL). Suite à cette grande diversité liée aux propriétés ou aux modes de fabrication des fromages, aucune liste définitive et universelle de classification ne pourra être établie (**Amimour, 2019**).

L'établissement d'une classification des fromages s'avère d'autant plus complexe en raison de la confluence des caractéristiques sur lesquelles une telle classification pourrait reposer. De manière générale, les critères primordiaux pris en compte dans la classification des fromages sont les suivants (**Miettob et al., 2004**)

- Origine géographique : La classification des fromages peut être basée sur leur lieu d'origine, en prenant en considération les traditions et les techniques propres à une région donnée. Cela permet de mettre en évidence les particularités et les spécificités régionales des fromages.
- Type de lait utilisé : Un critère essentiel dans la classification des fromages est le type de lait utilisé dans leur fabrication. Les fromages peuvent être élaborés à partir de lait de vache, de chèvre, de brebis ou d'autres animaux. Le type de lait influe sur les caractéristiques organoleptiques et la texture du fromage.
- La composition des fromages en matières grasses et en extrait sec influant sur leur consistance (pâte dure, demi dure, molle) ;
- Méthode de fabrication : Les différentes techniques de fabrication du fromage peuvent également être prises en compte dans la classification. Par exemple, la présure utilisée, la durée d'affinage, les étapes de caillage et de pressage peuvent varier et avoir un impact significatif sur les caractéristiques finales du fromage.
- Texture et aspect : La texture et l'aspect du fromage sont des éléments importants pour sa classification. Ils peuvent être influencés par des facteurs tels que la teneur en matière grasse, l'humidité, la présence de moisissures ou de trous.

- Caractéristiques organoleptiques : Les caractéristiques sensorielles du fromage, telles que l'arôme, la saveur et la consistance, jouent un rôle prépondérant dans sa classification. Ces caractéristiques sont souvent liées à des processus biochimiques et microbiologiques spécifiques qui se produisent pendant l'affinage.

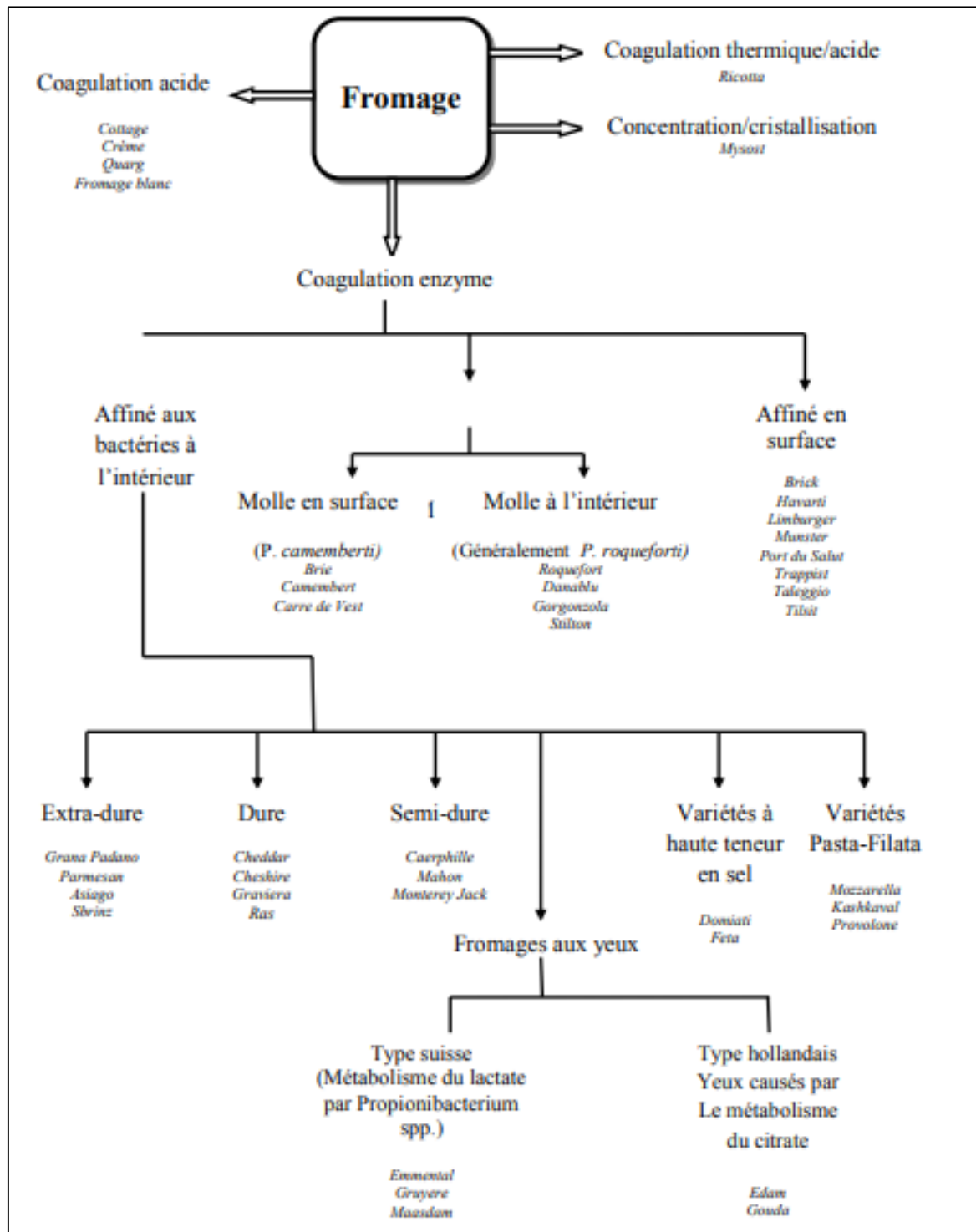


Figure 6■ : Schéma de classification de fromage basée sur la méthode de coagulation (Fox et al. 2000).

7. Les fromages traditionnels :

En Algérie, les produits laitiers traditionnels, en particulier les produits fermentés, font depuis longtemps la fierté de la tradition culinaire. Il est évident que ces produits ont joué un rôle majeur dans l'alimentation des communautés rurales. La technologie traditionnelle occupe une place importante dans le traitement artisanal du lait frais. Ces produits laitiers traditionnels sont appréciés pour leur goût unique et leur contribution à la culture gastronomique locale (Derouiche et al., 2017).

7.1. Différents types de fromage traditionnels Algerian :

7.1.1. J'ben (fromage frais)

Le J'ben est un fromage frais traditionnel préparé à partir de lait frais et entier, principalement de brebis, le lait de vache est souvent utilisé, surtout en zone urbaine. La coagulation enzymatique du lait est nécessaire pour sa préparation, avec l'utilisation de coagulants d'origine végétale ou animale, tels que les fleurs de chardon (*Cynara cardunculus* L.), les fleurs d'artichaut (*Cynara scolymus*) et les feuilles de figuier (*Ficus carica*) ou les morceaux d'abomasum appelé "Douth" dans certaines régions (Derouiche et al., 2017).

7.1.2. Bouhezza (fromage affiné) :

Selon Mekentichi (2003), *Bouhezza* est un fromage fermier à égouttage spontané qui trouve ses origines dans la préparation traditionnelle à base de lait de chèvre (figure 6), et éventuellement de brebis, bien que de nos jours il soit couramment préparé à partir de lait de vache. Il est répandu dans la partie orientale de l'Algérie, plus précisément dans les régions d'Oum-El-Bouaghi, Khanchela, et dans certaines régions de Batna.



Figure 7 ■ *Bouhezza* (fromage affiné) (Boudalia et al., 2020)

7.1.3. Klila (fromage extra-dur) :

Le Klila est un fromage fabriqué principalement dans l'est de l'Algérie à partir de lait de vache (figure 7). La production de ce fromage implique la conservation du lait dans des pots propres à température ambiante pendant environ 2 jours afin d'obtenir une saveur acide. Le lait acide, appelé "Raib", est ensuite baratté dans une peau de chèvre spéciale appelée "Chakoua" pendant 1 à 2 heures. Ensuite, de l'eau est ajoutée pour séparer le beurre, qui est ensuite collecté.

Après avoir chauffé le L'ben pendant 15 minutes à une température de 40 à 50 C°, le lactosérum est séparé du coagulum en le filtrant à travers une mousseline (chèche). Le fromage obtenu, appelé "klila", peut être préparé en grandes quantités, séché et stocké pendant une durée allant jusqu'à 3 ans (Mahamedi *et al.*, 2015; Mechai *et al.*, 2014 & Derouiche *et al.*, 2017).



Figure 8 ■ Klilla frais (A) ; klilla séché (B) (Leksir *et al.*, 2019)

7.1.4. Takammart :

Le fromage Hoggar, dont la coagulation est obtenue grâce à la présure des jeunes reins de chèvre, est un fromage caractéristique préparé selon une méthode traditionnelle. Le caillé est prélevé à l'aide d'un louche et disposé en petits tas sur un tapis. La pâte est ensuite malaxée et déposée sur un tapis conçu à partir de tiges de fenouil sauvage pour lui donner de la saveur. Les tapis sont ensuite exposés au soleil pendant deux jours afin d'évaporer un maximum de petit-lait, puis placés à l'ombre jusqu'à ce que le fromage soit complètement durci. Le fromage peut ensuite être affiné pendant un mois (Derouiche *et al.*, 2017).

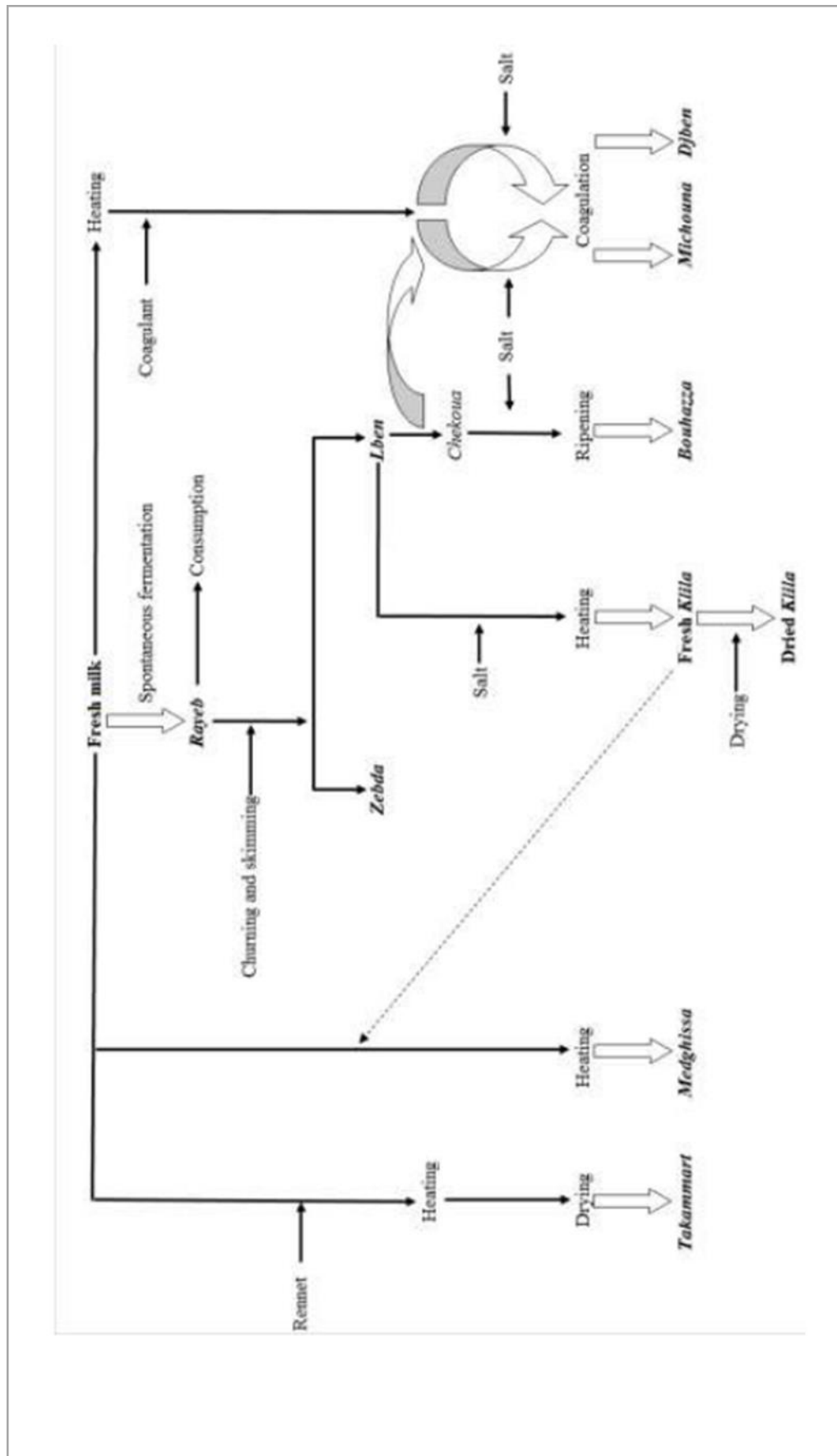


Figure 9 ■ Diagramme général des processus de production de certains fromages préparés en Algérie (Derouiche et al., 2017).

8. L'évaluation sensorielle du fromage :

L'acceptabilité des aliments par les consommateurs dépend des cinq sens. L'apparence, l'arôme, la saveur, le son produit lors de la mastication et de la déglutition, ainsi que la texture en bouche doivent se combiner pour offrir une expérience agréable (**Tunick, 2014**).

La perception sensorielle joue un rôle essentiel dans la détermination de l'acceptabilité des aliments. L'apparence d'un aliment, telle que sa couleur, sa forme et sa présentation visuelle, peut susciter l'intérêt et l'attrait chez les consommateurs. L'arôme, qui est détecté par le nez, contribue à la perception globale du goût d'un aliment. La saveur, résultant de l'interaction entre les sensations gustatives et olfactives, est un facteur clé dans l'appréciation d'un aliment (**Meilgaard et al., 2007**).

8.1. Flaveur :

La norme NF ISO 5492 définit la flaveur comme une « combinaison complexe des sensations olfactives, gustatives et trigéminales perçues au cours de la dégustation ». La flaveur peut être influencée par des impressions tactiles, thermiques, algiques et/ou kinesthésiques. Les flaveurs des fromages ont largement été étudiées dans de nombreuses études sur tous types de fromages (**Issanchou et al., 2015**).

La saveur et la libération des arômes sont des phénomènes extrêmement complexes. Chaque composé aromatique possède des propriétés physiques et chimiques différentes (**Carunchia Whetstine et al., 2006**).

8.2. Texture :

La texture d'un fromage peut être considérée aussi importante que son flaveur. Elle est une propriété sensorielle, ce qui signifie qu'elle ne peut être décrite que par des personnes, et non par des instruments (**Tunick, 2014**).

La texture présente de nombreuses caractéristiques dérivées de la structure de l'aliment, et est principalement détectée par le toucher et la pression. Les consommateurs n'accepteront pas un fromage, ou tout autre aliment, s'il ne procure pas la sensation attendue lorsqu'ils en brisent un morceau et le mâchent. Même si la saveur est correcte, les personnes éviteront un aliment qui leur semble "incorrect" au niveau de sa texture. La texture est d'autant plus importante dans le cas du fromage lorsqu'il est utilisé comme ingrédient dans un autre aliment (**Tunick, 2014**).

La texture d'un fromage peut varier considérablement en fonction de plusieurs facteurs (Tableau 5), tels que la teneur en humidité, la taille et la répartition des particules solides, etc.

Tableau 5 ■ Facteurs affectant la texture du fromage (Tunick, 2014)

Facteur	L'effet sur la texture du fromage	Cause
Teneur en humidité est haut	Plus douce	La rigidité diminue à mesure que la quantité de protéines diminue.
Le contenu en MG est élevé. La teneur en CCP diminue.	Meilleure élasticité. Affaiblit.	Le réseau protéique est moins dense. Les liens entre les molécules de caséine diminuent.
pH est inférieur à 4,9	Plus cassant et granuleux, moins cohésif et moins élastique.	Les molécules de caséine deviennent plus compactes.
pH est supérieur à 5,8	Friable, moins cohésif et moins élastique.	Les particules de caillé ne se fusionnent pas entre elles.
Affinage	Mou, moins élastique, et plus facile à fracturer.	La protéolyse rompt les liaisons entre les caséines.

CCP : (Phosphate de calcium colloïdal) ; MG : matières grasses

Les caractéristiques organoleptiques du fromage comprennent ses propriétés sensorielles perceptibles par les sens. Ils incluent l'aspect visuel, l'odeur, la texture et le goût du fromage.

Ces caractéristiques organoleptiques contribuent à la diversité et à l'appréciation du fromage (tableau 6), offrant une expérience sensorielle unique pour les consommateurs. La compréhension et l'appréciation de ces caractéristiques sont essentielles pour les amateurs de fromage, les experts en dégustation et les professionnels de l'industrie fromagère (Clark *et al.*, 2009).

Tableau 6 ■ Exemples de protocoles de dégustation sur les fromages (Issanchou et al., 2015)

Auteurs	Température de service	Types de fromages	Forme des échantillons	Descripteurs évalués
(Lesage et al. 1992)	22 et 25°C	Camembert	Portion de 30-40 g	44 descripteurs décrivant l'aspect, l'odeur, le goût (salé, amer, acide et piquant), les arômes et la texture de la pâte, de la croûte et du cœur
(Drake and Gerard 1999)	21°C	Feta, Parmesan, Brie...	Pièces rectangulaires de 5*2,5*2,5cm	7 descripteurs de texture : fermeté, rugosité, adhésion...
(Lawlor and Delahunty 2000)	21°C	Différents types de fromages: Mahon, Chaumes, gruyère, Blue shropshire...	Cube de 5 g	7 d'aspect, 9 d'odeur (fruité, moisi, crème...), 21 de saveurs (beurre, rance, noisette, savon, sale, acide amer...), 10 de texture (fermeté, lisse, râpeux, huileux...)
(Gaborit et al. 2001)	18°C	Fromages lactiques (Sainte-Maure-type) et des fromages type-camembert	Portion de 30g avec croûte	Intensité globale de l'odeur, odeur de chèvre, arôme global, arôme de chèvre, acidité, amer, arôme alcool, métallique/oxydé, piquant, rance, arôme savon
(Lawlor et al. 2003)	21°C	Fromage à pâte persillée	Cube de 5g	7 d'aspect, 9 d'odeur (fruité, moisi, crème...), 21 de saveurs (beurre, rance, noisette, savon, sale, acide amer...), 10 de texture (fermeté, lisse, râpeux, huileux...)
(Young et al. 2004)	10°C	Cheddar	Cube 2,5 cm	Cuit/lait, caillé, diacétyle, Gras/lactone, Fruité, Sulfuré, gras/animal, noisette, salé, sucré, acide, amer, umami
(Réiveau et al. 2005)	21°C	Différents types de fromages	Morceau de 1,5 cm ³	31 descripteurs qui sont classés en 7 familles d'arômes : saveurs fondamentales, arôme lactique ; arôme animal/gras ; arôme fermenté ; arôme moisi/champignon ; autres arômes et sensation en bouche
(Chambers et al. 2010)	18-20°C	Brie, Coulommiers, Munster, Chèvre, Bleu et St Nectaire	Echantillon de 1,5 cm ³ avec la croûte	26 descripteurs : composés aromatiques (beurre, moisi, fermenté, végétal, noisette, gras sensation) et saveurs (amer, acide, salé)

Partie
expérimentale

Chapitre III

Matériel et méthodes

Chapitre III

III. Matériel et Méthodes

Objectifs

Le but de cette recherche comparative est d'analyser l'influence des divers coagulants laitiers sur les caractéristiques organoleptiques du fromage blanc traditionnel (J'ben). À cet effet, trois types de coagulants ont été utilisés, à savoir la présure, l'extrait enzymatique d'artichaut et le jus de citron, afin de préparer le J'ben. Les trois types de J'ben ainsi obtenus ont ensuite été comparés du point de vue organoleptique. Une analyse sensorielle a été réalisée pour évaluer les différences entre les échantillons. Cette étude permettra de mieux comprendre l'impact des coagulants laitiers sur les propriétés organoleptiques du fromage blanc traditionnel et d'identifier le coagulant le plus approprié pour la production de J'ben de qualité.

1. Echantillonnage :

1.1. Lait cru :

Dans cette étude, les échantillons de lait cru de vaches locales ont été utilisés pour la préparation de J'ben. L'éleveur est un vieux laitier de confiance de la région d'Ain Madhi, utilise des équipements propres lors de la collecte de lait afin d'éviter toute contamination possible.

Tableau 7 ■ Informations sur l'échantillon de lait cru utilisé dans cette étude.

Origine	lait cru de vaches locales de la région d'Ain Madhi
Date	18/03/2023
Quantité	15 litres
Conservation	Réfrigération à 4°C avant l'utilisation

1.2. La présure :

La présure est une enzyme protéolytique appelée chymosine et pepsine, utilisée dans la fabrication du fromage pour coaguler le lait et former un caillé (Fox *et al.*, 2000). Cette enzyme est obtenue à partir de l'estomac de jeunes mammifères, tels que les veaux, les agneaux et les chevreaux. La présure utilisée dans la présente étude est de type CHY-MAX® (Plus/Ultra/Extra, dosage: 30 à 60 IMCU/l, Danemark) achetée chez un magasin de vente du matériel et des produits agricoles, situé dans la commune de Laghouat (Figure 9).

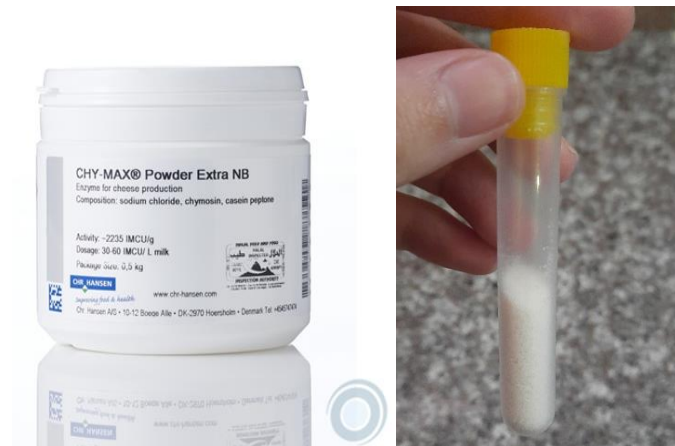


Figure 10 ■ La présure de type CHY-MAX®

1.3. L'artichaut :

Dans le but de préparer du J'ben, un extrait enzymatique d'artichaut (*Cynara scolymus*, L.) a été utilisé pour coaguler le lait. Au mois de mars, une quantité de 3 kg d'artichauts a été acquise sur le marché local de Laghouat. Cet extrait a été obtenu en utilisant la partie touffe de poils non comestible d'artichaut appelée aigrette, également connue sous le nom de foin de l'artichaut (Figure).

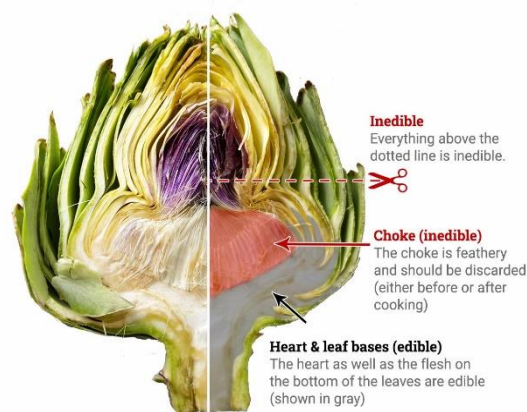


Figure 11 ■ Schéma de l'artichaut (site web askthefoodgeek)

1.4. Le citron :

L'acide citrique est un acide faible qui peut être utilisé pour abaisser le pH du lait et cailler le lait. Dans le cadre de la préparation du fromage traditionnel, une quantité d'un kilogramme de citrons a été acquise lors du mois de mars au sein du marché local de Laghouat.

2. Préparation de J'ben :

La préparation de J'ben peut varier considérablement en fonction des régions et des méthodes utilisées pour sa fabrication. Toutefois, dans le cadre de cette étude, j'ai tenté de standardiser les étapes de préparation du fromage blanc traditionnel, à l'exception du choix du coagulant.

En effet, le choix du coagulant est un élément crucial dans la fabrication du fromage blanc, car il permet de transformer le lait en une substance solide et caillée. Malgré ces variations, l'étude a cherché à uniformiser les autres étapes de la préparation de J'ben, telles que le chauffage du lait, la température de coagulation, le moulage et le salage. Cela permet de comparer les résultats obtenus avec différents types de coagulants, et de déterminer lesquels donnent le meilleur résultat en termes de texture, de flaveur et d'aspect.

Bien que la production de fromage blanc puisse varier selon les régions et les méthodes utilisées, l'uniformisation des étapes de préparation autres que le choix du coagulant permet de mener des études comparatives et de déterminer les meilleures pratiques pour obtenir un J'ben de qualité.

2.1. Coagulation par la présure :

Pour la préparation de J'ben par la présure, le lait de vache a été utilisé. Le processus de préparation a commencé par la pasteurisation du lait à haute température (71°C pendant 15 secondes) pour éliminer les bactéries nocives et assurer une bonne qualité hygiénique. Ensuite, le lait a été refroidi rapidement à 30°C pour arrêter le processus de pasteurisation et faciliter la coagulation du lait, puis la présure est mélangée avec de l'eau. Ce mélange est ensuite ajouté au lait pour provoquer la coagulation des protéines du lait, principalement les caséines. La présure contient des enzymes, appelées chymosine et pepsine, qui agissent sur les caséines et les transforment en une substance solide appelée caillé (Fox & McSweeney, 2013). Une fois que le lait a coagulé, le caillé est découpé en petits morceaux pour permettre à une partie du lactosérum (le liquide) de s'échapper. La maturation du caillé est importante pour le développement des caractéristiques organoleptiques du fromage blanc (Guinee & Mulholland, 2012). Le caillé obtenu est placé dans de la gaze pour être pressé et égoutté afin d'éliminer l'excès de liquide. Ensuite, le caillé est assaisonné de sel et moulé, donnant ainsi naissance à la formation du fromage J'ben.





<p>Pasteurisation de lait</p>	
<p>Petits morceaux de caillé</p>	
<p>Egouttage</p>	
<p>Moulage</p>	

Figure 12 ■ Etapes de preparation de Jben (Photo originale, 2023).

2.2. Coagulation par l'extrait d'artichaut :

Les parties touffe de poils non comestible « aigrette » au centre du bourgeon de l'artichaut globe ont été enlevées et séchées à l'air dans une chambre en les laissant dans un endroit sec et sombre (Figure 12). Après séchage, les stigmates et les aigrettes ont été stockés dans cette forme avant l'extraction. L'extrait brut a été préparé en broyant les stigmates et les aigrettes d'artichaut pendant 1 minute en suspendant 6 g de poudre dans 50 ml d'eau tiède pendant une nuit (El Kholly, 2015).



Figure 13 ■ l'aigrette de l'artichaut (Photo originale, 2023)

Afin de confectionner un fromage, le lait a été soumis à un processus de pasteurisation impliquant un traitement thermique, de manière similaire à la méthode employée pour le fromage antérieur. Une fois la pasteurisation est terminée, le lait a été rapidement refroidi à une température de 30°C. Ensuite, l'extrait végétal aqueux a été ajouté au lait dans une proportion de 10 ml par litre (Benheddi et al., 2019). Une fois le caillé est formé, il est découpé en petits morceaux et placé dans une gaze pour être égoutté sans être pressé, afin d'éliminer tout excès de liquide. Après le processus de coagulation, le caillé résultant est fragmenté en de petites pièces, qui sont ensuite placées dans un moule et assaisonnées de sel. Cette étape permet la formation du fromage J'ben.

2.3. Coagulation par le jus de citron :

Ce type de fromage blanc est fabriqué sans l'utilisation de ferments lactiques ou de présure, le caillé est formé par l'ajout du jus de citron. On commence par la dilution de jus de citron avec une quantité égale d'eau potable pour une répartition homogène. Ensuite, Le lait est soumis à un processus de chauffage et de refroidissement, de manière similaire à celui utilisé pour les J'ben précédents, puis 30 ml de jus de citron dilué sont ajoutés à chaque litre de lait, et

le mélange est constamment remué pendant environ trois minutes (**O'Connor, 1993**). Le caillé se forme immédiatement (Figure 13). Après la formation du caillé, celui-ci est placé dans une gaze pour être pressé et égoutté, afin d'éliminer l'excès de liquide. Ensuite, il est salé et moulé pour donner sa forme finale).



Figure 14 ■ le caillé (**Photo originale, 2023**)

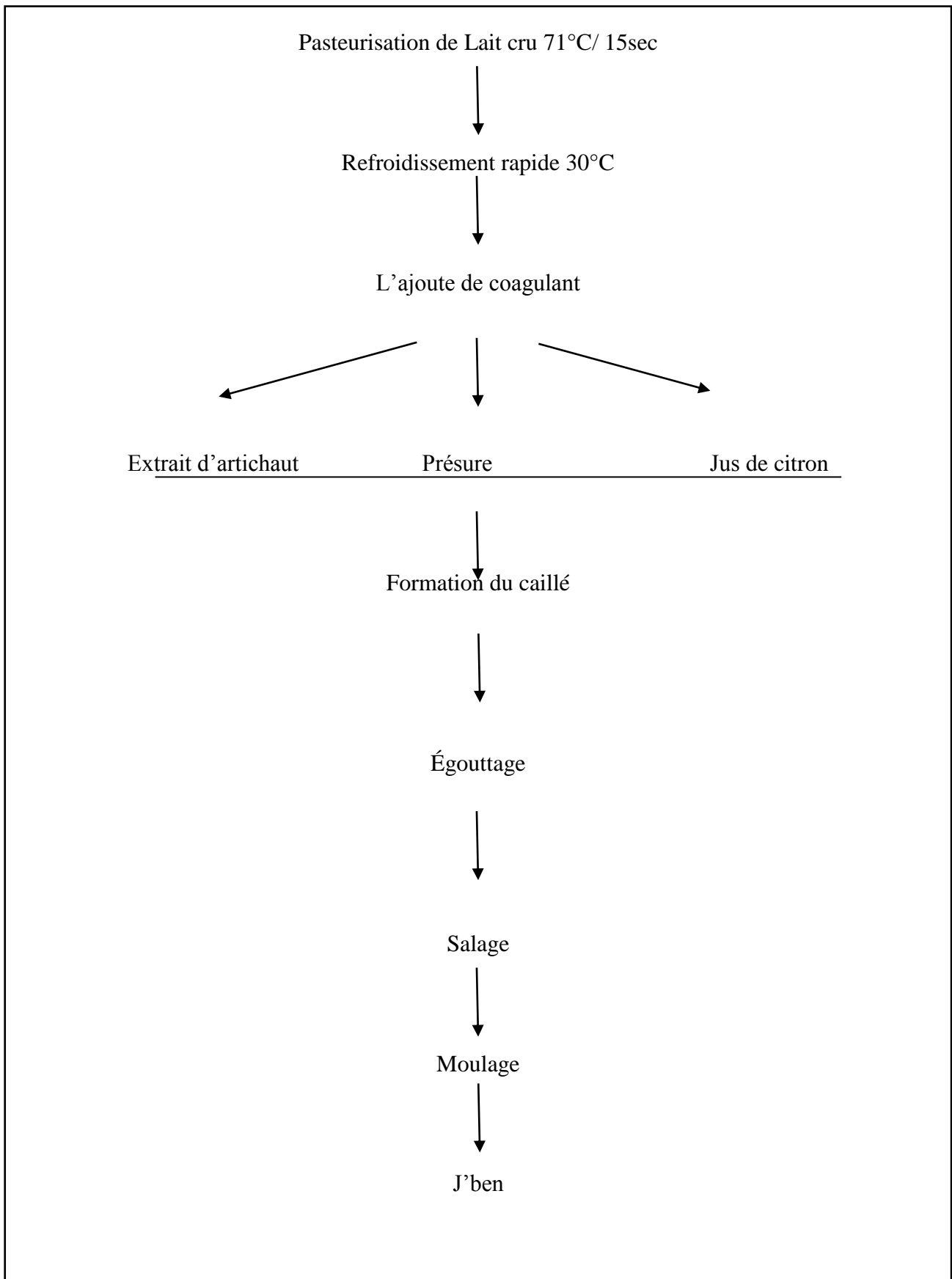


Figure 15 ■ les étapes de préparation de J'ben par les différents coagulants

3. Mesure de pH

Le pH était mesuré à l'aide d'une électrode de pénétration de type aiguille (EUTECH Instruments, Germany) enfoncée dans la pâte de fromage (Figure 15). La mesure de pH est répétée trois fois pour chaque type de fromage durant la période expérimentale.

4. Analyse sensorielle :

L'analyse sensorielle est une discipline qui fait appel aux dégustateurs et à leur sens de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher et de l'ouïe pour évaluer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité des produits alimentaires. Pour obtenir des résultats fiables et valides, un panel d'analyse sensorielle doit être considéré comme un instrument scientifique, avec des tests effectués dans des conditions contrôlées, en utilisant des plans d'expériences, des méthodes de vérification et des analyses statistiques bien conçues. Cela permet d'assurer que les données de l'analyse sensorielle sont uniformes et reproductibles (**Watts et al., 1989**).

Dans cette étude comparative appliquée sur le fromage blanc, l'analyse sensorielle a été employée pour évaluer les caractéristiques organoleptiques, c'est-à-dire les propriétés perceptibles par les sens comme la texture, l'odeur et la saveur du fromage. L'objectif de cette analyse était de recueillir des informations sur ces échantillons de fromage, dans le but de les comparer et d'évaluer leur qualité globale, où l'accent de cette analyse était sur le profil texture et le profil flaveur.

4.1. Panel :

Il est important de constituer un panel varié pour avoir des avis différents sur la dégustation du J'ben, donc les panélistes ont bien sûr besoin d'instructions précises concernant la manipulation des échantillons, l'utilisation de l'échelle d'analyse et les informations recherchées durant cette évaluation (**Meilgaard, 1999**).

Sept dégustateurs (3 hommes et 4 femmes) ont été sélectionnés et invités pour participer à l'analyse sensorielle du J'ben. Ce panel a été déjà participé en Master 1 à des tests sensoriels sur plusieurs produits alimentaires parmi eux les produits laitiers. Ils ont été informés sur l'importance de leur rôle dans cette étude comparative.

Avant de commencer l'analyse sensorielle du fromage, le panel a reçu une formation théorique ou un rappel durant une séance de 1.5 heure animée par le responsable de la matière de méthodes d'analyse sensorielle des aliments (ou l'encadreur) sur les règles de base de la

dégustation, la compréhension de l'échelle et des descripteurs utilisés dans cette étude (Tableaux 8 et 9), ainsi que la façon dont les fiches seront remplis.

4.2. Choix du test :

Le choix du test sensoriel dépend des objectifs de l'étude et des caractéristiques sensorielles du produit à évaluer. Par exemple, l'échelle d'intervalle structurée linéaire ou graduée (LIS) est une méthode couramment utilisée en analyse sensorielle pour évaluer la perception de la sensation ou de l'intensité d'un attribut sensoriel. Cette méthode utilise une échelle numérique graduée pour évaluer l'intensité perçue d'un attribut sensoriel, souvent en utilisant des valeurs allant de 0 à 9. Les sujets de test sont invités à évaluer l'intensité de l'attribut sensoriel en sélectionnant un point sur l'échelle qui représente leur perception de l'intensité (Meilgaard et al., 2007). Dans ce travail, l'échelle graduée (LIS) a été utilisée avec un nombre impair des barreaux (7 barreaux), ainsi un barreau définit le milieu correspondant au « juste bien » ou « intensité moyenne ».

Normalement, l'extrémité gauche de l'échelle correspond à "très peu intense" ou un niveau très faible du stimulus, tandis que l'extrémité droite de l'échelle représente "très intense" ou un niveau très fort du stimulus.

La validité de cette échelle dépend naturellement du choix des termes qui servent à définir les différents niveaux d'intensité (Bauer et al., 2010).

4.3. Etablissement les profils sensoriels :

4.3.1. Profil sensoriel de texture :

Le profil sensoriel de texture est une méthode d'évaluation de la texture des aliments qui implique l'analyse de plusieurs caractéristiques sensorielles telles que la dureté, la viscosité, la cohésion, l'élasticité, la friabilité, etc. (Bourne, 2002).

Le profil de texture (à la coupe et en bouche) a été utilisé sur les trois types de J'ben traditionnel présentant de faibles différences, les descripteurs ont été générés afin de mettre en évidence ces différences. Chaque descripteur a été défini et caractérisé (Tableau 8).

Tableau 8 ■ Liste de descripteurs de texture de fromage.

Descripteurs	Définitions
Tranchable	Facilement d'être coupé en tranches de façon mécanique avec un bon couteau, vous pouvez couper un bon fromage en fines tranches et il ne se cassera pas.
Ferme	En bouche : Signifie que le corps du fromage est solide et qu'il n'est pas mou et nécessite de mastication. A la coupe : Signifie que le corps du fromage est solide et nécessite une petite force dès la coupe.
Élastique	Petits rebonds de la texture dès le début de la coupe. Il faut observer si le texture revient vite et complètement à l'état initial.
Collant	A la coupe : Force nécessaire pour décoller le produit adhérent a la surface du couteau.
Mou	En bouche : Signifie d'un fromage qui nécessite peu ou pas de mastication.
Fondant	C'est la texture qui emplit la bouche et le palais, en gardant tout de même un peu d'épaisseur et de consistance. (Ex. La crème glacée).
Granuleux	Qui présente des petites particules plus ou moins durs.
Lisse	Absence de particules solides.
Gras	Qui formé de graisse ou qui en contient.

4.3.2. Profil sensoriel de flaveur :

La méthode du profil sensoriel de flaveur a été développée par Arthur D. Little, Inc. à la fin des années 1940 (**Keane, 1992**). Elle implique l'analyse des caractéristiques perçues de l'arôme et de la saveur d'un produit, leurs intensités, l'ordre d'apparition et l'arrière-goût par un panel de quatre à six juges formés (**Meilgaard, 1999**).

Le profil sensoriel de flaveur a été appliqué à trois types de J'ben traditionnels fabriqués par différents coagulants. Des descripteurs ont été générés pour mettre en évidence ces

différences. Chaque descripteur a été défini et caractérisé afin d'assurer une évaluation sensorielle précise et cohérente des échantillons de J'ben (Tableau 9).

Tableau 9 ■ Liste de descripteurs de flaveur de fromage.

	Descripteurs	Définitions
Saveur	Sucré	Sensation d'un goût sucré associé avec la présence des sucres.
	Amer	Goût de caféine due au peptide amer produit par certains ferments.
	Acide	Saveur acide due à la présence de l'acide lactique.
	Salé	Saveur salée due à la présence du chlorure de sodium.
	Aigre	Qui produit une impression piquante, désagréable sur l'odorat.
	Beurre	Se dit d'un corps gras qui, au contact de l'air, a pris une odeur forte.
Odeur	Citron	Qui contient du citron ou l'odeur de citron.
	Frais	Odeur fort agréable de fromage ou lait frais.
	Herbe	L'odeur d'une herbe séchée destinée au bétail.
Arrière-goût	Piquant	Provoquant une forte sensation d'irritation des muqueuses buccale et nasale.
	Astringent	Est une sensation entre sécheresse intense et amertume qui se produit dans la cavité buccale, tels que le thé vert.

4.3.3. Fiche d'évaluation :

Une fiche d'évaluation a été proposée pour évaluer et mesurer en les descripteurs du J'ben testé dans cette étude (Figures 16 et 17).

FICHE DE L'ÉVALUATION A L'ÉCHELLE GRADUEE D'UN FROMAGE BLANC

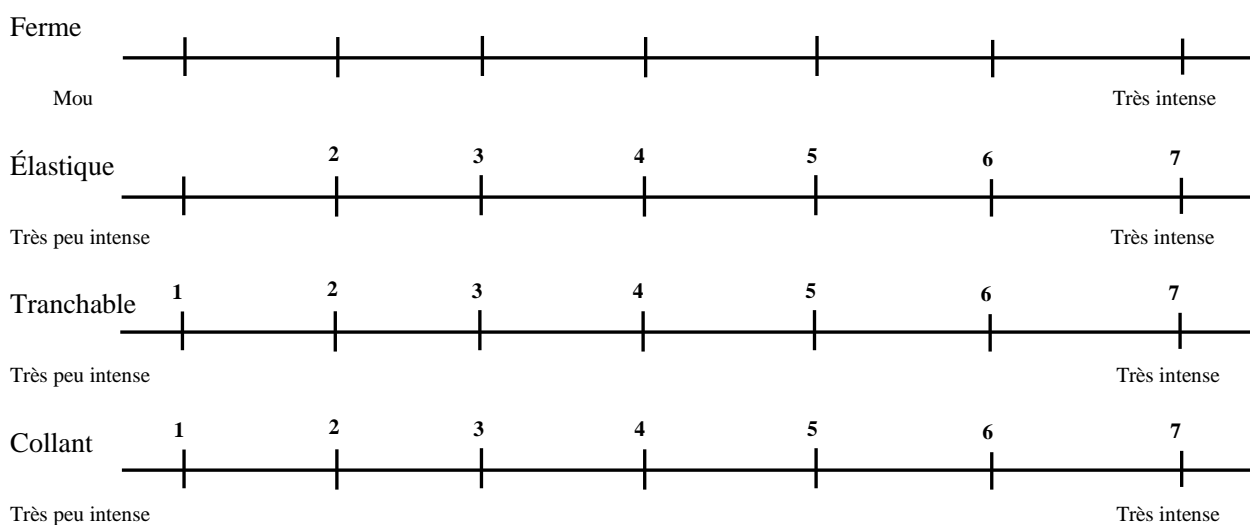
Produit : Fromage blanc

Nom : -----Date : -----

Veillez évaluer le profil de la texture et de la flaveur de ces échantillons de fromage blanc. Indiquez le pointage que vous accordez à chaque descripteur sur les échelles ci-dessous.

Veillez évaluer les échantillons dans l'ordre suivant : **590 228 172**

Texture à la coupe



Texture en bouche

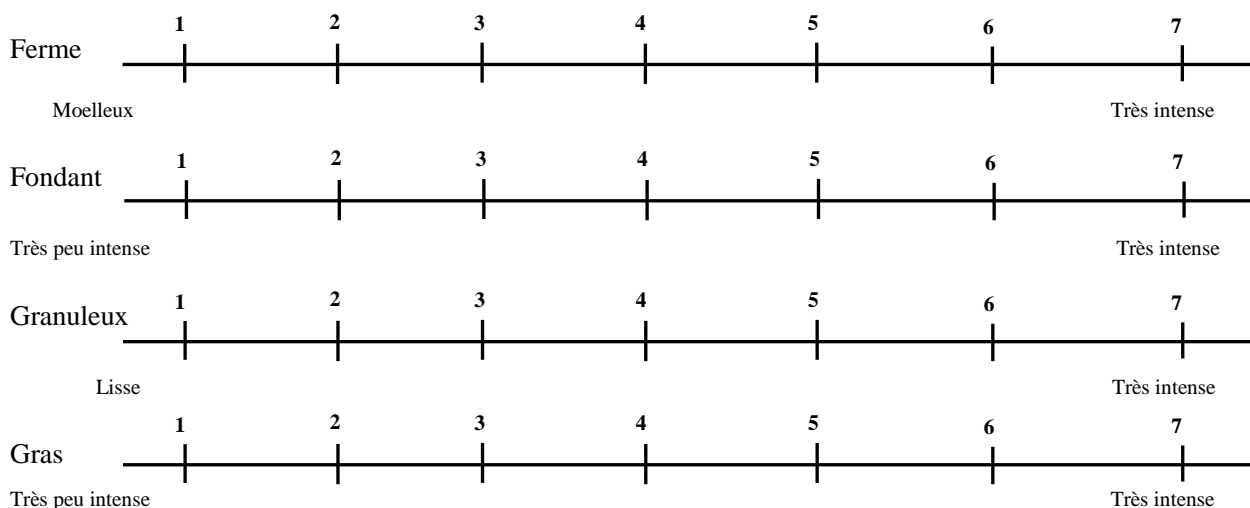


Figure 16 ■ fiche d'évaluation de texture

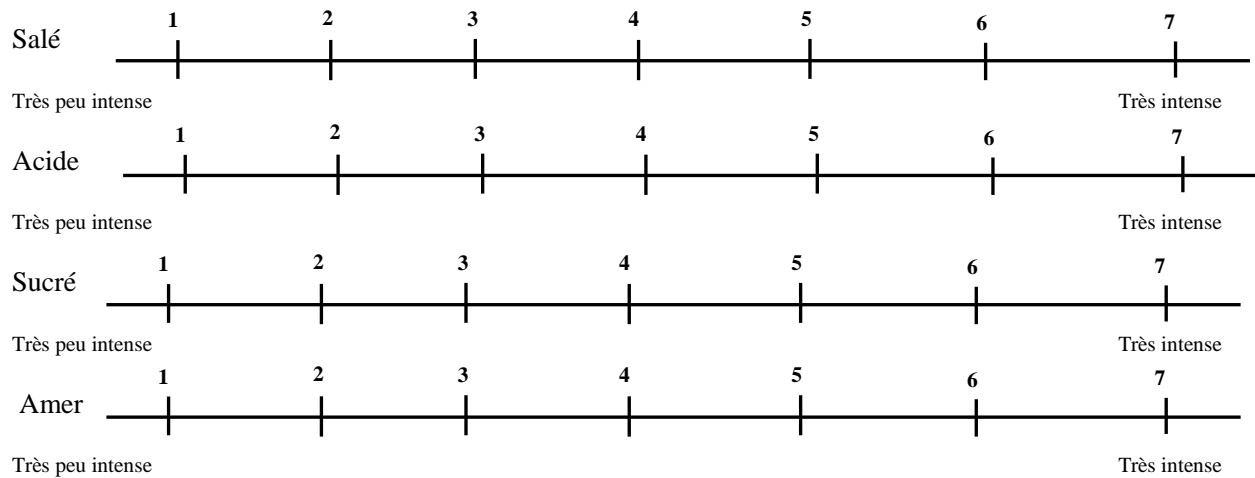
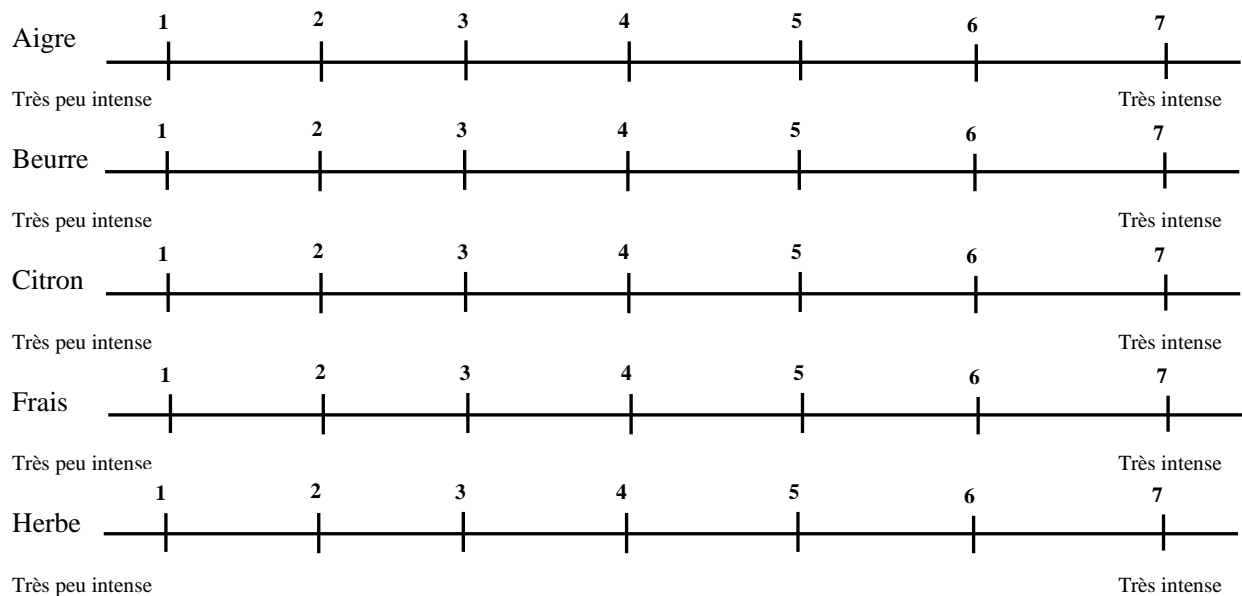
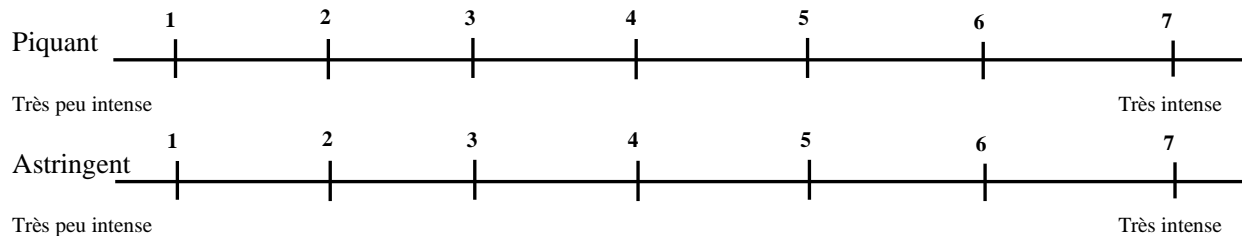
Flaveur**Odeur****Arrière-goût**

Figure 17 ■ Fiche d'évaluation de flaveur

4.4. Déroulement de l'analyse

4.4.1. Salle d'évaluation

Afin de ne pas gêner les dégustateurs dans leur travail et pour le bon déroulement des analyses sensorielles, une salle au niveau du département des Sciences Agronomiques a été choisi pour ce type d'analyse car toutes les conditions sont réunies en termes de propreté, d'éclairage et de température ainsi que l'absence des odeurs désagréables et de bruit (Figure 18).

4.4.2. Préparation des échantillons

L'analyste sensoriel doit s'assurer que chaque panéliste reçoit une portion exactement identique à celle de son voisin, ce qui peut s'avérer difficile. Il est également important que les portions soient de taille égale et servies à la même température. La taille idéale est généralement de 1/4 à 1/2 d'une portion normale, mais cela peut varier en fonction des produits testés (**Bauer et al., 2010**).

4.4.3. Le codage :

Il est nécessaire d'attribuer des codes aléatoires à chaque échantillon pour chaque panel en utilisant des nombres à trois chiffres. Les codes aléatoires sont écrits sur les contenants d'échantillons. Il est important de choisir des nombres qui n'ont pas de signification particulière pour les juges afin de garantir l'objectivité de l'évaluation (par exemple, éviter les nombres fétiches tels que 007 ou 111). Les codes aléatoires doivent être écrits sur la feuille d'évaluation pour chaque échantillon (**Lawless et Heymann, 2010 & Bauer et al., 2010**).

4.4.4. Présentation des échantillons :

Au cours de la phase d'évaluation, il est important de fournir de l'eau pour les panels avec une faible teneur en minéraux et de préférence non gazeuse, afin qu'ils puissent se rincer la bouche entre chaque échantillon et éliminer les résidus gustatifs de l'échantillon précédent (**Bauer et al., 2010**).

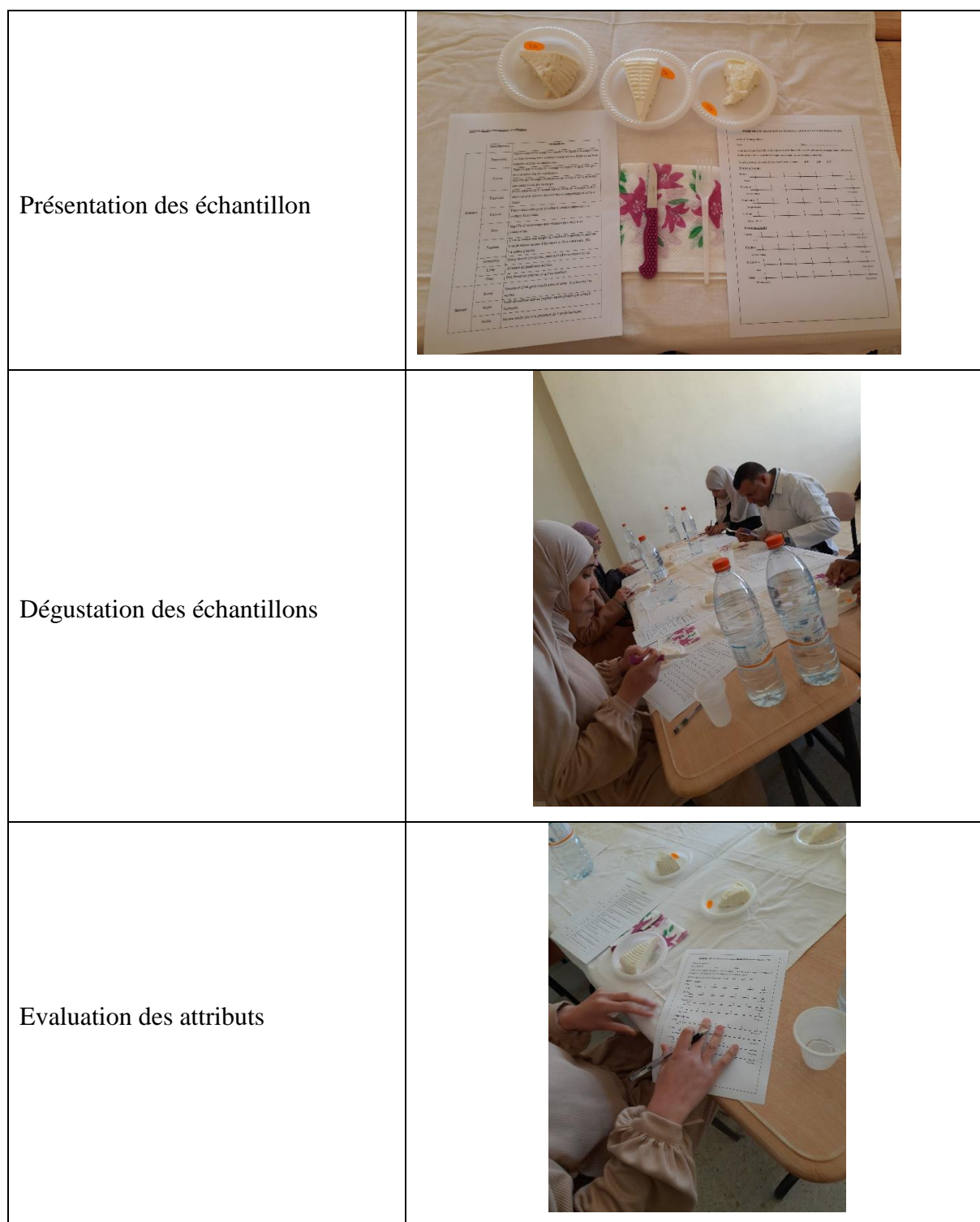


Figure 18 ■ Déroulement de l'analyse (Photo originale, 2023).

5. Analyse statistique :

Les moyennes et les écarts type (SD) ont été calculés à partir des données obtenues de la dégustation de sept sujets pour chaque type de fromage et pour chaque descripteur sensoriel. Les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) et de test de comparaisons multiples de Duncan. Toutes les statistiques et les figures ont été réalisées avec le logiciel statistique SigmaPlot 12.0.

Chapitre IV

Résultats et Discussion

IV. Résultats et discussion :

1. pH de J'ben :

Les trois échantillons de J'ben ont été soumis à une mesure de pH en utilisant un pHmètre numérique de type aiguille (EUTECH Instruments, Germany). Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs de pH des différents types de Jben.

Tableau 10 ■ les résultats relatifs de pH pour les échantillons de J'ben.

Echantillon	pH
E 590 : J'ben préparé avec de la présure	6.24 ± 0,03
E 172 : J'ben préparé avec de l'extrait d'artichaut	5.57 ± 0,02
E 228 : J'ben préparé avec du jus de citron	5.67 ± 0,03

Les valeurs de pH des échantillons de J'ben varient en fonction du coagulant utilisé lors de la préparation (tableau 10). Selon les résultats de l'étude, il a été observé que le J'ben obtenu à l'aide de présure présente un pH plus élevé, atteignant 6,24. En contraste, le J'ben préparé avec de l'extrait aqueux d'artichaut donne un pH de 5,57, tandis que celui élaboré avec du jus de citron révèle un pH de 5,67. Ces observations soulignent une différence dans les conditions de coagulation requises pour la préparation du J'ben en tenant compte le coagulant utilisé.

Selon une étude publiée par Khan et al. (2019), le pH de J'ben peut varier de 3,9 à 4,7, en fonction de divers facteurs tels que la composition du lait et les conditions de production.



Figure 19 ■ Les trois échantillons de J'ben préparés dans cette étude (**Photo originale, 2023**)

2. Analyse sensorielle :

2.1. Profil sensoriel de texture :

a. Texture à la coupe :

Pour les échantillons de J'ben, cette méthode implique la coupe d'un échantillon avec un couteau tranchant et l'analyse de la force, de la cohésion, et d'autres propriétés de texture importantes.

Tableau 11 ■ Effets du coagulant sur le profil de texture à la coupe pour les échantillons de J'ben (moyenne \pm écart-type)

Descripteurs	590	228	172
Ferme	5,14 \pm 1,46 ^a	3,14 \pm 1,57 ^b	3,29 \pm 1,11 ^b
Elastique	3,14 \pm 1,95 ^a	3,71 \pm 1,60 ^a	3,57 \pm 1,72 ^a
Tranchable	5,57 \pm 0,79 ^a	2,43 \pm 0,79 ^c	3,71 \pm 1,11 ^b
Collant	1,71 \pm 0,75 ^c	5,14 \pm 1,21 ^a	2,86 \pm 1,06 ^b

590 : J'ben préparé avec la présure ; 228 : J'ben préparé avec le jus de citron ; 172 : J'ben préparé avec l'extrait d'artichaut.

a, b et c : les moyennes avec les mêmes lettres entre les échantillons ne sont pas significativement différentes (test Dancun $p < 0.05$).

L'analyse du tableau révèle des différences significatives ($p < 0.05$) entre les échantillons concernant la capacité de coupe. Plus précisément, l'échantillon 590 se distingue en tant que l'échantillon le plus tranchable, avec une note de 5,57, suivi de l'échantillon 172, qui obtient une note de 3,71, et enfin l'échantillon 228, qui présente la note la plus basse avec 2,43. En ce qui concerne la fermeté, l'échantillon 590 se démarque en obtenant la note la plus élevée, soit 5,14, ce qui indique une différence significative ($p < 0.05$) par rapport aux échantillons 172 et 228. Cependant, aucune différence significative n'a été enregistrée entre les échantillons pour le descripteur élastique.

Par ailleurs, lors de l'opération de coupe, l'échantillon 228 se révèle plus adhérent (collant) au couteau, avec une note de 5,14, suivi de l'échantillon 172, puis de l'échantillon 590, montrant ainsi une différence significative ($p < 0.05$) entre eux.

b. Texture en bouche :

Lors de l'évaluation, les dégustateurs ont mâché l'échantillon de J'ben et ont évalué la fermeté, la granulosité et d'autres propriétés de texture importantes.

Tableau 12 ■ Effets du coagulant sur le profil de texture en bouche pour les échantillons de J'ben (moyenne \pm écart-type)

Descripteurs	590	228	172
Ferme	5,43 \pm 0,79 ^a	2,14 \pm 1,06 ^b	2,71 \pm 0,95 ^b
Fondant	1,86 \pm 0,69 ^b	5,00 \pm 1,15 ^a	3,00 \pm 1,73 ^b
Granuleux	2,29 \pm 0,75 ^b	2,00 \pm 1,41 ^b	3,57 \pm 1,39 ^a
Gras	3,00 \pm 1 ^b	4,43 \pm 1,51 ^a	4,00 \pm 0,59 ^a

590 : J'ben préparé avec la présure ; 228 : J'ben préparé avec le jus de citron ; 172 : J'ben préparé avec l'extrait d'artichaut

a, b et c : les moyennes avec les mêmes lettres entre les échantillons ne sont pas significativement différentes (test Dancun $p < 0.05$)

À la lumière de l'analyse effectuée sur le tableau, des différences significatives ($p < 0.05$) de fermeté et de teneur en matière grasse perçues lors de la dégustation ont été observées entre l'échantillon 590 et les deux autres échantillons. Cependant, il convient de souligner que l'échantillon 228 se distingue par son caractère fondant, se voyant attribuer une note de 5, et présentant une consistance sensiblement plus molle que les échantillons 172 et 590. En ce qui concerne la cohérence des échantillons, il est à noter que l'échantillon 172 présente un caractère granuleux, obtenant un score de 3,57, tandis que les deux autres échantillons se révèlent moins granuleux.

2.2. Profil sensorielle de flaveur :

L'évaluation sensorielle de la flaveur d'un échantillon de J'ben implique une analyse détaillée des différentes caractéristiques gustatives et olfactives de l'échantillon. À cette fin, les dégustateurs ont minutieusement goûté l'échantillon de J'ben et ont évalué les différentes caractéristiques de flaveur telles que la douceur, l'acidité, l'amertume et la salinité ainsi que l'odeur et l'arrière-goût de l'échantillon.

Tableau 13 ■ Les effets du coagulant sur la saveur des échantillons de J'ben ont été étudiés (moyenne \pm écart-type)

Descripteurs	590	228	172
Salé	2,86 \pm 0,69 ^b	5,14 \pm 0,69 ^a	4,86 \pm 0,90 ^a
Acide	2,14 \pm 0,69 ^b	3,86 \pm 1,21 ^a	3,86 \pm 1,21 ^a
Sucré	1,86 \pm 0,38 ^a	1,71 \pm 0,76 ^a	1,57 \pm 0,79 ^a
Amer	1,43 \pm 0,53 ^b	2,57 \pm 1,13 ^{ab}	3,00 \pm 1,43 ^a

590 : J'ben préparé avec la présure ; 228 : J'ben préparé avec le jus de citron ; 172 : J'ben préparé avec l'extrait d'artichaut

a, b et c : les moyennes avec les mêmes lettres entre les échantillons ne sont pas significativement différentes (test Dancun $p < 0.05$)

Les observations initiales dérivées de l'analyse des deux premières lignes du tableau révèlent une différence significative ($p < 0.05$) entre l'échantillon 590 et les deux autres échantillons. En effet, les dégustateurs ont attribué les évaluations les plus élevées en termes de salinité et d'acidité aux échantillons 172 et 228, tandis que l'échantillon 590 a été évalué plus bas dans ces deux descripteurs. En ce qui concerne l'amertume, l'échantillon 172 a enregistré la note la plus élevée, atteignant 3,00, suivi de près par l'échantillon 228, qui a obtenu une note de 2,57. L'échantillon 590, en revanche, a été noté à 1,43 en termes d'amertume. Néanmoins, aucune différence significative n'a été enregistrée entre les échantillons pour le descripteur sucré.

Tableau 14 ■ Les effets du coagulant sur l'odeur des échantillons de J'ben ont été étudiés (moyenne \pm écart-type)

Descripteurs	590	228	172
Aigre	1,43 \pm 0,53 ^b	2,29 \pm 0,95 ^b	3,71 \pm 1,25 ^a
Beurre	2,14 \pm 1,07 ^a	3,57 \pm 1,72 ^a	2,86 \pm 1,21 ^a
Citron	1,29 \pm 0,49 ^b	3,00 \pm 1,15 ^a	2,14 \pm 0,90 ^{ab}
Frais	4,29 \pm 1,11 ^a	2,86 \pm 0,90 ^a	3,57 \pm 1,51 ^a
Herbe	1,86 \pm 0,69 ^a	2,71 \pm 1,50 ^a	2,43 \pm 1,62 ^a

590 : J'ben préparé avec la présure ; 228 : J'ben préparé avec le jus de citron ; 172 : J'ben préparé avec l'extrait d'artichaut

a, b et c : les moyennes avec les mêmes lettres entre les échantillons ne sont pas significativement différentes (test Dancun $p < 0.05$)

L'analyse du tableau révèle une distinction significative ($p < 0.05$) entre l'échantillon 172 et les deux autres échantillons, en termes d'évaluation sensorielle. Pour le descripteur aigre,

l'échantillon 172 a été attribué une valeur de 3,71, tandis que les deux autres échantillons ont obtenu des valeurs similaires, sans distinction marquée. Lorsqu'on examine la troisième ligne du tableau, il est observé que les dégustateurs ont perçu l'odeur de citron provenant de l'échantillon 228 comme étant la plus prononcée, avec une valeur de 3,00. En comparaison, l'échantillon 172 a été noté à 2,14, suivi de l'échantillon 590, évalué à 1,29 montrant une différence significative ($p < 0.05$) entre eux.

En ce qui concerne les autres odeurs émises par le fromage (frais, beurre et herbe), aucune différence notable n'a été relevée entre les échantillons.

Tableau 15 ■ Les effets du coagulant sur l'arrière-goût des échantillons de J'ben ont été étudiés (moyenne \pm écart-type)

Descripteurs	590	228	172
Piquant	1,43 \pm 0,53 ^b	1,86 \pm 0,90 ^b	3,00 \pm 1,15 ^a
Astringent	1,29 \pm 0,49 ^b	1,86 \pm 0,38 ^{ab}	2,43 \pm 0,98 ^a

590 : J'ben préparé avec la présure ; 228 : J'ben préparé avec le jus de citron ; 172 : J'ben préparé avec l'extrait d'artichaut

a, b et c : les moyennes avec les mêmes lettres entre les échantillons ne sont pas significativement différentes (test Dancun $p < 0.05$)

Selon les données présentées dans le tableau, il est possible d'observer que les dégustateurs ont attribué une valeur de 3,00 à l'échantillon 172 en termes de sensation piquante, ce qui se distingue nettement des échantillons 228 et 590 qui ont reçu des évaluations de 1,86 et 1,43 respectivement. Par conséquent, il est clair qu'il existe une différence significative ($p < 0.05$) entre l'échantillon 172 et les autres échantillons. En examinant ainsi la deuxième ligne du tableau, il est également remarquable de constater que l'échantillon 172 est significativement plus astringent que l'échantillon 590 ($p < 0.05$).

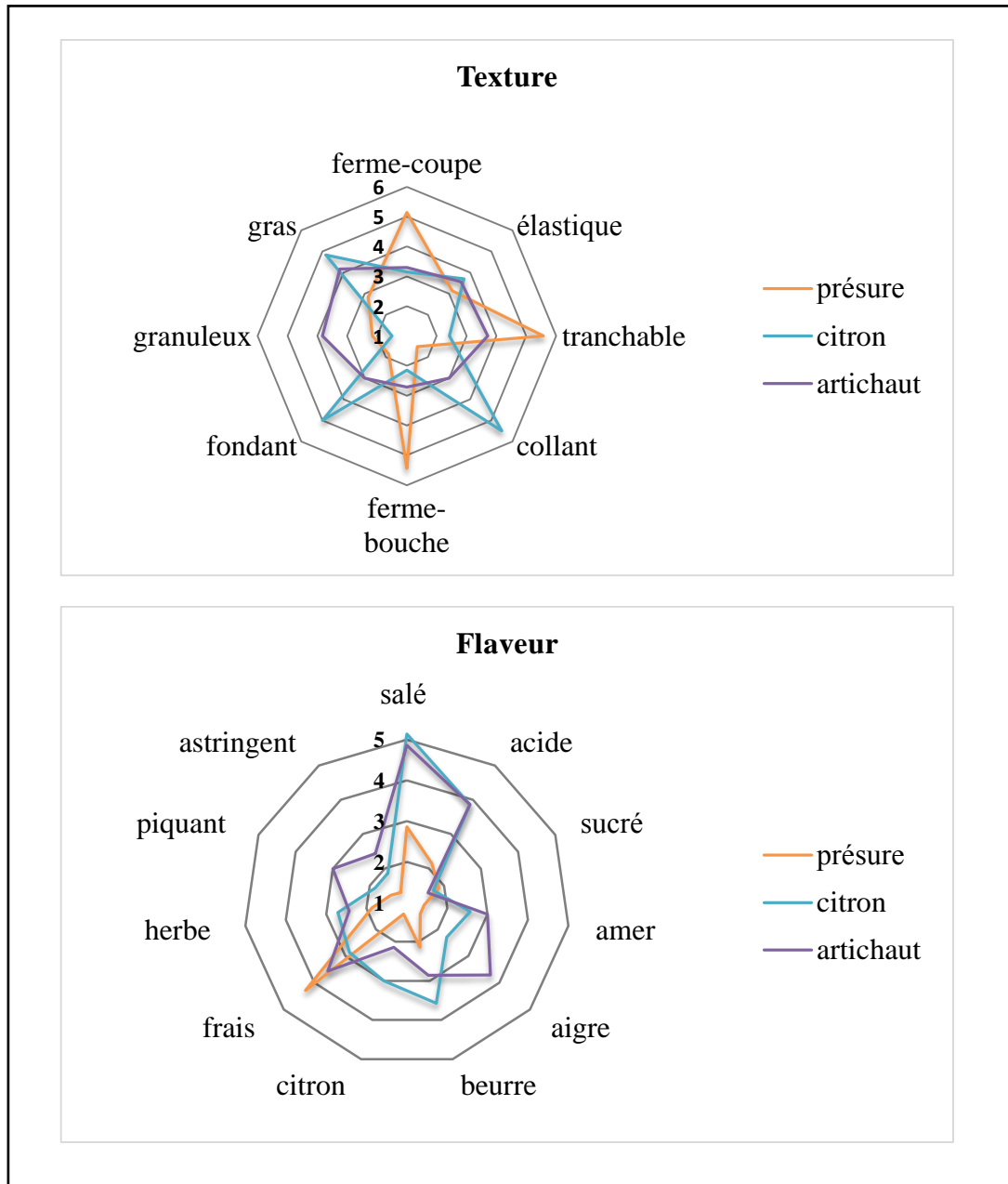


Figure 20 ■ Graphes radars montrant l'effet de différents coagulants sur les caractéristiques organoleptiques de fromage blanc traditionnel

Discussion :

Le niveau de pH du fromage blanc joue un rôle significatif dans la détermination de ses qualités sensorielles, car les variations de pH observées au cours de sa production et de sa maturation ont un impact sur les processus de protéolyse (dégradation des protéines) et de lipolyse (dégradation des graisses), ce qui à son tour influence la présence de composés volatils contribuant à la saveur et à l'arôme. Un pH plus bas favorise une consistance plus ferme du fromage avec une intensité gustative et olfactive plus marquée. En revanche, un pH plus élevé conduit à une texture plus molle du fromage, accompagnée d'une saveur plus douce et d'un arôme moins prononcé (**Pamuksuz, 2020**). En revanche dans cette étude, il est pertinent de mentionner, en faisant référence au tableau 1, que les échantillons préparés à l'aide de l'extrait enzymatique d'artichaut et du jus de citron présentent tous les deux une valeur de pH de 5. Il est notable que ces deux échantillons se caractérisent par une consistance moins ferme et une saveur plus intense que l'échantillon préparé avec la présure, qui quant à lui, affiche un pH de 6,24.

Les résultats de l'évaluation de la texture et de la saveur du J'ben sont synthétisés dans la Figure 1, laquelle présente l'impact de l'emploi d'un extrait aqueux d'artichaut et de jus de citron en tant que coagulants par rapport à l'usage conventionnel de la présure en tant que coagulant. L'utilisation de protéinases végétales a entraîné une augmentation significative ($p < 0,05$) de l'intensité de saveur en raison de la présence de composés phénoliques et de flavonoïdes qui peuvent améliorer la qualité organoleptique du fromage (**Cetin et al., 2012 & Gürsoy et al., 2012**). Un échantillon de J'ben préparé à partir de l'extrait d'artichaut a été soumis à une évaluation sensorielle. La saveur de ce fromage a été caractérisée comme étant à la fois piquante et acide, attribuable à la durée d'égouttage. Ces observations concordent avec les résultats rapportés précédemment par **EI-Kholy, (2015)**. En ce qui concerne la texture, elle a été décrite comme granuleuse et fragile, ce qui est en désaccord avec les résultats antérieurs présentés par **García et al., (2012)**.

Dans cette étude, l'ajout du jus de citron (30 ml/l) en tant que coagulant a été montré une augmentation de la teneur en acides organiques, ce qui a entraîné une saveur plus acidulée et une sensation en bouche plus acide avec un score 3.86, ce qui est cohérent avec les résultats rapportés dans des études antérieures menées par **Jouki et al. (2011) et Al-Otaibi et al. (2012)**. En ce qui concerne la texture du fromage, il a été observé que l'ajout d'acide citrique en tant que coagulant a conduit à une texture très collante avec un score 5.14, rendant la découpe difficile.

Cela peut être attribué à la réduction de la fermeté et de la cohésion du fromage, ainsi qu'à sa teneur en humidité, qui sont dépendantes de la dose d'acide citrique utilisée (**Lobato-Calleros et al., 2007**).

Il convient de souligner que des disparités sont observables en termes d'apparence et de couleur entre les différents échantillons de J'ben. En particulier, l'échantillon préparé avec de la présure présentait une couleur très blanche, contrairement aux autres échantillons. En revanche, l'échantillon préparé avec l'extrait aqueux d'artichauts (à une concentration de 10 ml/litre) présentait une couleur foncée (jaune pâle), ce qui est cohérent avec les résultats de recherches antérieures menées par **Darvishi et al. (2016)**. Cet échantillon était également en contradiction avec les résultats de l'étude menée par **Kholy (2015)**. De plus, il convient de souligner que l'échantillon préparé en utilisant du jus de citron a exhibé une teinte jaune clair, ce qui est en accord avec une recherche antérieure publiée dans le "Journal of Dairy Science", démontrant que les fromages élaborés avec de l'acide citrique présentaient une coloration plus prononcée de jaune par rapport à ceux produits avec l'utilisation de présure (**Guler-Akin et al., 2005**).

*Conclusion et
Perspectives*

Conclusion et Perspectives :

La présente étude met en évidence l'intérêt de l'application de l'enzyme végétale traditionnelle dérivée de l'artichaut (*Cynara cardunculus* L.) et du jus de citron comme des coagulants. Les résultats obtenus démontrent que ces coagulants offrent une alternative viable à la présure lors de la production de J'ben. Ces deux coagulants ont démontré leur capacité à induire la coagulation du lait, permettant ainsi la formation du caillé nécessaire à la production de J'ben. Cependant, il convient de noter que l'utilisation de ces coagulants a entraîné des différences sensorielles légères par rapport à l'utilisation de la présure.

Les attributs sensoriels de la flaveur observés dans le J'ben élaboré à l'aide d'une concentration de 1% (v/v) d'extrait enzymatique d'artichaut ont démontré une augmentation significative ($p < 0.05$) dans l'intensité de la flaveur par rapport à ceux obtenus avec l'utilisation de la présure. Le J'ben ainsi élaboré présente des caractéristiques distinctes. Il est à la fois granuleux et fragile. Cette observation suggère que l'utilisation d'extraits aqueux d'artichaut comme coagulant dans le processus de fabrication du J'ben conduit à une texture spécifique et à une structure particulière du produit final.

Concernant le J'ben élaboré à l'aide du jus de citron, il est important de noter que cela entraîne une influence sur les propriétés sensorielles du produit final. L'ajout de 30 ml/L de jus de citron pour la coagulation du lait engendre la formation d'un J'ben présentant une texture collante et une saveur acide, accompagnée d'une légère odeur de citron. Ces résultats ont révélé des différences significatives ($p < 0,05$) par rapport à ceux obtenus lors de l'utilisation de la présure.

En conclusion, les résultats de cette étude soulignent l'importance de l'application des extraits aqueux d'artichaut et du jus de citron en tant que substituts potentiels à la présure dans le processus de fabrication du J'ben. Des investigations complémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes sous-jacents à ces différences sensorielles et structurales, afin d'optimiser la qualité et la consistance du J'ben élaboré à partir d'extraits aqueux d'artichaut et le jus de citron.

Ces résultats ouvrent un vaste éventail de perspectives de recherche scientifique dans ce domaine, offrant ainsi de nouvelles opportunités d'exploration :

- Caractérisation des enzymes de l'artichaut : une étude approfondie des enzymes présentes dans l'artichaut permettrait de comprendre leur activité enzymatique spécifique et leur capacité à coaguler les protéines du lait.
- Optimisation des conditions de coagulation : il serait intéressant de mener des études visant à déterminer les meilleures conditions de coagulation en ajustant différents paramètres tels que la concentration d'extrait d'artichaut, la concentration de jus de citron, le pH, la température et le temps de coagulation.
- Valorisation des sous-produits : les extraits des parties non comestibles des artichauts pourraient être utilisés comme ingrédients fonctionnels dans le développement de nouveaux produits laitiers. Des recherches pourraient être menées pour explorer les possibilités d'utilisation des résidus d'artichaut dans d'autres applications alimentaires ou non alimentaires.
- Enfin, des études comparatives avec d'autres coagulants naturels tels que la ficine, le vinaigre ou d'autres jus de fruits acides, pour évaluer leur efficacité et leurs effets sur les propriétés organoleptiques du J'ben.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

A

Agraït, S., Castro, I., & Martín-Sánchez, A. M. (2016). Hygiene and quality control in milk production. In L. M. Wilson, D. W. Watson, & R. W. Dummer (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 500-506). Academic Press.

Aissaoui Zitoun-Hamama, O., Benyahia-Krid, F. A., Saoudi, Z., Senoussi, A., Boullouf, A., Mansouri, S., Lazzouni, I., & Zidoune, M. N. (2022). Bouhezza goat skin bag cheese: traditional cheesemaking and microbial quality. *Algerian Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2(3), 9-13. Retrieved from <https://fac.umc.edu.dz/inataa/revue/files/ajnfs0203002.pdf>

Alais C. et Linden G. (1993). *Biochimie alimentaire*. Masson, 2^{ème} édition paris.

Al-Otaibi, M. M., Abu-Jdayil, B., Osman, M. A., & Al-Muhtaseb, A. H. (2012). Physico-chemical and sensory properties of low-fat Akkawi cheese made using citric acid and microbial or animal rennet. *International Journal of Dairy Technology*, 65(2), 201-208.

Amimour, M. A. (2019). Essais d'optimisation des procédés de fabrication des fromages traditionnels de qualité (J'ben) (Doctoral dissertation, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abdelhamid IBN BADIS à Mostaganem). Technologie Alimentaire et Nutrition (TAN) Laboratoire.

Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., & Simpson, R. (2002). Composition, propriétés physico-chimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. In J. Amiot, S. Fournier, Y. Lebeuf, P. Paquin, & R. Simpson (Eds), *Science et Technologie du lait* (pp. 1-68). Presses Internationales Polytechnique.

B

Bauer, B., Gescheider, G. A., & Plack, C. J. (2010). Psychophysical scaling. In B. C. Julesz & G. N. Puvanendran (Eds.), *Handbook of Sensory Physiology* (pp. 15-45). Springer.

Benheddi, H., & Hellal, F. (2019). Technological characterization and sensory evaluation of a traditional Algerian fresh cheese clotted with *Cynara cardunculus L.* flowers and lactic acid bacteria. *J Food Sci Technol*, 56(7), 3431-3438.

Boudalia, S., Boudebbouz, A., Gueroui, Y., Bousbia, A., Benada, M., LeksirCh., Boukaabene, Z., Saihi, A., Touaimia, H., Ait-Kaddour, A. et Chemmam, M. (2020). Characterization of traditional Algerian cheese “Bouhezza” prepared with raw cow, goat and sheep milks. *Food Sci. Technol*, Campinas, 40(2), 528-537.

Bourne, M. C. (2002). *Food Texture and Viscosity : Concept and Measurement* (2ed). Elsevier Science & Technology Books.

Brulé, G., Lenoir, J., & Remeuf, F. (1997). La micelle de caséine et la coagulation du lait. In A. Eck & J. C. Gillis (Eds.), *Les agents de transformation du lait : Le fromage* (pp. 7-41). Paris : Tec et Doc Lavoisier.

e

Carunchia Whetstine, M. E., Drake, M. A., Nelson, B. K., & Barbano, D. M. (2006). Flavor Profiles of Full-Fat and Reduced-Fat Cheese and Cheese Fat Made from Aged Cheddar with the Fat Removed Using a Novel Process. *Journal of Dairy Science*, 89(3), 505-517.

Cetin, B., Gumus, T., & Kirmaci, H. A. (2012). Influence of different coagulants on some properties of Tulum cheese. *LWT-Food Science and Technology*, 47(2), 413-418.

Cholet, O. (2006). Étude de l'écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire [Étude de doctorat, INAPG (AgroParisTech)]. *Life Sciences [q-bio]*. <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00003111>).

Clark, S., Costello, M., Drake, M., & Bodyfelt, F. (Eds.). (2009). *The Sensory Evaluation of Dairy Products* (2nd ed.). Springer.

Commission du Codex Alimentarius. (2011). Codex Alimentarius - Norme pour le lait et les produits laitiers (Codex Stan 206-1999, Rév. 2-2011). Rome : FAO/OMS.

D

Darvishi, P., Javidnia, K., & Daraei Garmakhany, A. (2016). Chemical composition, proteolysis, and sensory properties of Iranian UF-Feta cheese made with artichoke extract as a coagulant. *International Journal of Food Science & Technology*, 51, 972-979. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13066>

DEBRY G., 2001. *Lait nutrition et santé* .Ed.TEC&DOC, paris, 566

Derouiche, M., Medjouj, H., Aissaoui Zitoune, W., & Zidoune, M. N. (2017). Some traditional cheeses manufactured in Algeria. In M. H. F. Henriques et al. (Eds.), *Cheese Production* (Chapter 10). Nova Science Publishers, 225-243

Derso, A. G., & Dagneu, G. G. (2019). Isolate and Extract for Milk Clotting Enzymes from the Leaves of Moringa Oleifera, Carica Papaya and Mangifera Indica and Use in Cheese Making: The Case of Western Hararage Region, Ethiopia. *Journal of Food and Nutrition Research*, 7(3), 244-254.

Ε

El-Kholy, A. M. (2015). Ras Cheese Making with Vegetable Coagulant - a Comparison with Calf Rennet. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 10(1), 82-89. doi:10.5829/idosi.wjdfs.2015.10.1.95110.

Φ

Fox, P. F., & McSweeney, P. L. H. (2013). *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Springer Science & Business Media.

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017). *Fundamentals of Cheese Science* (2nd ed.). Springer.

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2000). *Fundamentals of Cheese Science*. Aspen. 19-43.

Γ

Gagnaire, M., Mollé, B., & Gaucheron, C. (2016). Lait cru, lait thermisé et produits laitiers. *Sciences des aliments*, 36(2), 127-143.

Garcia-Risco, M. R., Castro, E., Arranz, E., López-Pedrouso, M., & Fajardo, M. A. (2012). Characterization of Spanish artisanal cheese coagulated with *Cynara cardunculus* L. *International Journal of Dairy Technology*, 65(4), 556-563.

Guéguen, L., (1979). Apports minéraux par le lait et produits laitiers .Ed. Cah. Nutr. Diet , 3: 213-217.

Guinee, T. P., & Mulholland, E. O. (2012). *Cheesemaking: From Science to Quality Assurance*. Academic Press.

Güler-Akın, M. B., & Kılıç, G. B. (2014). Effect of pH on proteolysis and lipolysis during production and ripening of white cheese. *Journal of food science and technology*, 51(8), 1632-1640.

Gurr, M. I. (1992). Lipids in human nutrition : An overview. In *Lipids in Human Nutrition*. 1-14. Springer.

Gürsoy, A., Anlı, G., Altınkaya, S. A., & Seçkin, A. K. (2012). Effect of different coagulants on proteolysis and sensory characteristics of white cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 65(1), 80-86.



Haug, A., Høstmark, A. T., & Harstad, O. M. (2007). Bovine milk in human nutrition—a review. *Lipids in Health and Disease*, 6(1), 1-11.

Horne, D. S. (2002). Casein structure, self-assembly and gelation. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 7(6), 456-461. https://biochim-agro.univ-lille.fr/proteines/co/ch4_II_e.html



Iqra, Y., Iqbal, R., Liaqat, A., Khan, W. A., Nadeem, M., Iqbal, A., Chughtai, M. F. J., Rehman, S. J. U., Tehseen, S., Mehmood, T., Ahsan, S., Tanweer, S., Naz, S., & Khaliq, A. (2020). Characterization and Comparative Evaluation of Milk Protein Variants from Pakistani Dairy Breeds. *Food Science and Animal Resources*, 40(5), 689–698. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e44>

Issanchou, S., Mehinagic, E., Gaucheron, F. (2015). Impact du traitement thermique sur les perceptions sensorielles et les préférences des consommateurs pour les fromages à pâte persillée : cas de la fourme d'Ambert (Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal)

J

Jeantet, R., Croyennec, T., Mahant, M., Schuck, P., & Brule, G. (2008). *Les produits laitiers* (2nd ed). Tec et Doc, Lavoisier. Paris.1-9.

Jouki, M., Azarikia, F., & Dadashpour, A. (2011). Effect of citric acid, microbial and animal rennet on yield and quality of Iranian ultrafiltered Feta cheese. *African Journal of Agricultural Research*, 6(11), 2589-2594.

K

Keane, M. (1992). Manual on Descriptive Analysis Testing for Sensory Evaluation. Hootman, R. C. (Ed.). ASTM Manual Series: MNL 13. Baltimore, MD: American Society for Testing and Materials. ISBN 0-8031-1756-6.

Khan, S. A., Shah, A. H., & Ahmad, S. R. (2019). Jben: Traditional soft cheese of Mediterranean cuisine-a review. *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 599-610.

Kumar, P., Chatli, M. K., Mehta, N., & Singh, P. (2017). Understanding milk composition, synthesis and secretion: An overview. *Journal of Food Science and Technology*, 54(12), 3970-3987.

L

Labrie, S., Bisig, W., & Jordan, K. (2014). L'importance du NaCl dans la fabrication et l'affinage du fromage. *In L'importance du sel dans la fabrication et l'affinage du fromage* (Monographie SI-1401) (pp. 8-28). Fédération Internationale du Lait. Traduction française : FIL-IDF Canada et FIL France.

Larson, B. L., & Smith, V. R. (2016). Lactose and its significance in milk and dairy products. In B. L. Larson, V. R. Smith, P. E. Walstra (Eds.), *Dairy Science and Technology Handbook* (pp. 21-44). Wiley.

Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food – Principles and Practices* (2nd ed.). Springer New York Dordrecht Heidelberg London.

Leksir, C., Boudalia, S., Moujahed, N., & Chemmam, M. (2019). Traditional dairy products in Algeria: case of Klila cheese. *Journal of Ethnic Foods*, 6(7). <https://doi.org/10.1186/s42779-019-0008-4>

Leksir, C., Boudalia, S., Moujahed, N., & Chemmam, M. (2019). Traditional dairy products in Algeria: case of Klila cheese. *Journal of Ethnic Foods*, 6(1).

Lobato-Calleros, C., Martínez-González, R., & Vernon-Carter, E. J. (2007). Effect of calcium and citric acid on the microstructure of a fresh acid milk cheese. *LWT-Food Science and Technology*, 40(7), 1298-1305.



Mahamedi, A. E., Djellid, Y., Beblahcen, K., & Kihal, M. (2015). Caractérisation microbiologique du fromage traditionnel Algérien "Klila". 1ère journée scientifique du Master assurance qualité. Le 09 février 2015, Béchar, Algérie.

Martin, P., Szymanowska, M., Zwierzchowski, G., Leroux, C., & Grodkowski, G. (2002). The impact of genetic polymorphisms on the protein composition of ruminant milks. *Reproduction Nutrition Development*, 42(5), 433-459.

Mechai, A., Debabza, M., & Kirane, D. (2014). Screening of technological and probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from Algerian traditional fermented milk products. *International Food Research Journal*, 21(6), 2451-2457.

Meilgaard, M. C., Carr, B. T., & Carr, B. T. (2007). *Sensory Evaluation Techniques* (4th ed.). Boca Raton: CRC Press. (Original work published 2007). <https://doi.org/10.1201/b16452>

Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (1999). *Sensory evaluation techniques* (3rd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.

Miettob ; Gaucheronf., and Michel S.F., (2004). Pp 471-583. Dans minéraux et produits laitiers de Gaucheronf f. Ed. Lavoisier, Tec et Doc, Paris. 905p.



O'Connor, C. B. (1993). Traditional cheese-making manual. ILCA (International Livestock Centre for Africa), Addis Ababa, Ethiopia. (ISBN 92-9053-273-4).



Pamuksuz, T., Bulduk, K., & Ozturk, M. (2020). Effect of packing pH values on the crumbliness of fresh Turkish White cheese. *Journal of dairy science*, 103(11), 9860-9867.

Pereira, P. C., Cunha, S. C., Carreira, M., & Pimentel, F. B. (2014). The nutritional attributes of milk: lessons from genetically selected populations. *Food Science and Technology International*, 20(6), 433-446.



Robinson, R. K. (Ed.). (2002). *Dairy Microbiology Handbook: The Microbiology of Milk and Milk Products*. John Wiley & Sons.



Sengul, M. (2006). Effect of pH on yield, chemical composition, and sensory properties of white cheese made from ultrafiltered milk. *Journal of dairy science*, 89(5), 1496-1503.

Shabani, R., Shahidi, S. A., & Rafe, A. (2017). Rheological and structural properties of enzyme-induced gelation of milk proteins by ficin and *Polyporus badius*. *Food Science & Nutrition*, 1-8.

Silva, S. V., Malcata, F. X., & Gomes, A. M. (2012). Milk-clotting proteases of plant origin: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(6), 1233-1240.

Singh, J., Singh, H., & Kushwaha, A. (2013). Coagulants and Coagulation of Milk Proteins. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(6), 504-519

J

Tunick, M. H. (2014). *The Science of Cheese*. Oxford University Press.

T

Varnam, A. H., & Sutherland, J. P. (1994). *Milk and Milk Products* (1st ed). Springer. 1-33

Vetier, N. (1998). Contribution à l'étude structurale et rhéologique de la coagulation du lait par action conjuguée d'un agent acidifiant et d'une enzyme protéolytique. Thèse de doctorat en Biotechnologies et industries alimentaires. A Vandoeuvre-les-Nancy, INPL

Vignola, C. L., (2002). Science et technologie du lait : transformation du lait. Fondation et technologie laitier du Québec. P : 29-407.

Vuillemard, J.-C. (2018). Science et technologie du lait. 3eme Ed. Presses de l'Université Laval. 1-36

W

Walther, B., Schmid, A., Sieber, R. et Wehrmüller, K. (2008). Cheese in nutrition and health. *Dairy Sci. Technol.* 88, 389–405.

Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elias, L. G. (1989). *Basic sensory methods for food evaluation*. Ottawa, Ont : IDRC.

Y

Yang, M., Ye, A., Yang, Z., Everett, D. W., Gilbert, E. P., & Singh, H. (2021). Kinetics of pepsin-induced hydrolysis and the coagulation of milk proteins. *Journal of Dairy Science*, 105(2), 990-1003.

Site web :

<https://askthefoodgeek.com/how-to-cook-artichokes/> (APR 2, 2023)