

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Spécialité/Option : Production et Transformation Laitière
Département : Ecologie et Génie de l'Environnement
Filière : Science Alimentaire

Utilisation de l'analyse procustéenne généralisée (APG) pour tester l'effet de l'origine du lait sur la qualité sensorielle d'un fromage traditionnel cas de Bouhezza

Présenté par :

- Sarra DJOUDI
- Mehdi MERZOUGUI
- Haroun LOUNIS

Devant le jury composé de :

Mr. Mabrouk CHEMMAM (Professeur)	Président	Université de Guelma
Mr. Aissam BOUSBIA (MCA)	Encadreur	Université de Guelma
Mme. Sana BENOSMANE (MCB)	Examineur	Université de Guelma

Juillet 2021

Remerciement

Nous remercions d'abord le bon Dieu, pour le courage qu'il nous a donné pour surmonter toutes les difficultés durant nos années d'études et de nous avoir accordée la force, la volonté et le courage pour bien mener ce travail.

Nous faillirons à la tradition si nous n'exprimons pas ici notre gratitude envers tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à l'exécution de ce mémoire.

*Nous remercions très vivement notre encadreur **Mr BOUSBIA Aissam** Maître de Conférence à l'Université de du 8 Mai 1945 Quelma qui nous fait l'honneur de diriger ce travail, qu'il trouve ici l'expression de notre gratitude et de notre profond respect. Nous exprimons notre vive reconnaissance et immense gratitude pour leur aide précieuse et claire, ses relectures attentives et ses orientations.*

*Nos remerciements aussi adressés au membre de jury **Mr CHEMMEM Mebrouk** Professeur à l'université 8 Mai 1945 qui nous fait l'honneur de présider ce jury, et à **Mme BENOSMANE Sara** Maître de conférences à l'Université de du 8 Mai 1945 hommage respectueux.*

Nous tenons également à remercier infiniment l'ensemble des enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers qui nous ont appris les bases de la science, et en particulier ceux du département d'écologie et génie de l'environnement
Merci à vous, sans votre aide, ce travail n'aurait jamais pu être accompli.

Dédicace

*Je dédie ce travail à ceux qui m'ont ramené à ce vaste monde et m'ont donné
tous ce dont j'avais besoin.*

*Ils m'ont assuré l'amour et la bonne éducation ; mes deux bijoux qui allument mon cœur, mon esprit
et ma vie :*

*Mon père : la personne qui j'aime le plus au monde, me montre toujours le chemin, mon premier
enseignant, la source de mes efforts et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, que
dieu lui réserve une longue vie.*

*Ma mère : mon premier amour, celle qui m'a donné la vie, ma considération pour les sacrifices que
vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être, je t'aime.*

*A ma deuxième Maman, mon âme, mon ami et mon armée tu combats le monde pour moi, ton amour
est dans mon cœur pour toujours.*

*A ma sœur, mon amie, La personne qui me soutient le plus dans la vie, ma chère Khaoula, ton
support fait une grande différence dans ma vie, et notre petite princesse, ange de mon âme Ellen
A mes chères frères Salah et Sabri. Merci d'être dans ma vie et pour votre soutien continu. Je
vous aime.*

Mes amis Nechwa, Noassaiba, Raja, Nesrine, Meryem, Marwa, Malak, Ikrem.

*Mon encadreur Dr. Bousbia, le meilleur professeur merci pour votre orientation et de nous avoir
conseillé judicieusement, encouragé tout au long de ce travail.*

*Mon trinôme Mehdi et Haroun. Merci pour votre collaboration et l'achèvement de ce travail en
un minimum de temps, je vous souhaite tout le meilleur.*

Sarra

Dédicace

Avant tout, je remercie le grand dieu qui nous a aidés à élaborer ce modeste Travail.

*Je dédie ce travail également à mes très chers **Parents** qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma **Mère** qui a été à mes côtés et m'a soutenu durant toute ma vie, et mon **Père** qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis, merci mes*

Parents.

*A ma chère sœur : **Aya***

*A mes chers **Frères***

*A toute ma **Famille**,*

*A tous mes **Amis**, chacun par son nom.*

Et toute personne qui me connaît.

Haroun

Dédicace

Du profond de mon cœur je dédie ce travail

A mon Père

Qui m'a supporté vaillamment pas à pas tout au long de ma vie

A ma chère Mère

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

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

Que ce modeste travail soit l'exactitude de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse Dieu, le très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie...

A mes Frères, ma chère sœur Bellis

Et mes chers Amis

Mehdi

Résumé

Les relations entre les variables sensorielles, les espèces, les races et les panélistes ont été examinées par l'analyse procustéenne généralisée. Cinq types de fromage Bouhezza tenant compte des combinaisons d'espèces et race ont été évalués par quinze panélistes pour six caractéristiques sensorielles (couleur, odeur, goût acide, flaveur, dureté, astringence).

Celles-ci ont été évaluées à l'aide d'une échelle hédonique en neuf points (9 = extrêmement apprécié, 1 = extrême aversion). Une analyse procustéenne généralisée a été réalisée et 88,71% de la variabilité totale a été expliquée par le premier et deux le deuxième axe. Le panel n'a pas clairement détecté l'effet de la race, mais il a pu différencier les fromages en fonction de l'espèce, où les fromages issus du lait des vaches étaient les plus recherchés et avaient une couleur, une odeur et une saveur très appréciables, tandis que les fromages issus du lait des chèvres et brebis sont moins appréciés.

Cette étude a conclu que le fromage Bouhezza fabriqués du lait des vaches était plus préférable en ce qui concerne les caractéristiques sensorielles que celui des autres races.

Mots-clés : configuration ; consensus; dimension; race; espèce; vache; chèvre; brebis ; fromage ; bouhezza.

ملخص

لقد تم فحص العلاقات بين المتغيرات الحسية والأنواع و الأجناس وأعضاء اللجنة من خلال تحليل GPA. حيث تم تقييم خمسة أنواع من جبن بوهزة مع مراعاة مجموعات الأنواع والسلالات من قبل خمسة عشر عضواً بستة خصائص حسية (اللون، الرائحة، الطعم الحامض، النكهة، الصلابة، الحدة).

تم تصنيفها باستخدام مقياس المتعة من واحد لتسع نقاط (9 = محبوب للغاية، 1 = كره شديد). وتم إجراء تحليل GPA حيث شرح 88.71% من التباين الكلي من خلال البعدين الأول والثاني. لم تكشف اللجنة بوضوح أي تأثيرات لعامل السلالة، لكنها تمكنت من التمييز بين الجبن بناءً على الأنواع، حيث كانت الأجبان المصنوعة من حليب البقر أكثر طلباً واعتبر أن لونها ورائحتها ونكهتها في المستوى الجيد، في حين أن الأجبان المصنوعة من حليب الماعز والأغنام اعتبرت الأقل شعبية.

في الأخير خلصت هذه الدراسة إلى أن جبن بوهزة المصنوع من حليب الأبقار كان أكثر تفضيلاً من حيث الخصائص الحسية مقارنة بالسلالات الأخرى.

الكلمات المفتاحية : إعدادات؛ إجماع؛ البعد؛ السلالة؛ الأنواع؛ بقرة؛ معزة؛ خروف؛ جبنة؛ بوهزة.

Abstract

The relationships between sensory variables, species, races and panelists were examined by generalized procrustean analysis. Five types of Bouhezza cheese taking into account combinations of species and breed were evaluated by fifteen panelists for six sensory characteristics (color, odor, sour taste, flavor, hardness, astringency).

These were rated using a nine-point hedonic scale (9 = extremely liked, 1 = extreme dislike). Generalized Procrustes Analysis was performed and 88,71 % of the total variability was explained by the first and two dimensions. The panel did not clearly detect any effects of breed, but were able to differentiate cheeses based on species, where cheeses from cow's milk were most sought after and had color, smell and flavor. Very appreciable, while cheeses made from the milk of goats and sheep are less popular.

This study concluded that Bouhezza cheese made from the milk of cows was more preferable with respect to sensory characteristics than that of other breeds.

Keywords: configuration; consensus; dimension; race; species; cow; goat; sheep; cheese; bouhezza.

Liste des figures

Figure 1: Représentation géométrique de la démarche de la méthode GPA (exemple avec deux juges)	24
Figure 2: Histogramme des résidus de jury.	33
Figure 3: Facteurs de mise à l'échelle pour chaque jury.	33
Figure 4: Carte de configuration des caractéristiques sensorielles et les groupes des fromages.	35
Figure 5: Configuration consensuelle, par objet (type du fromage : génotype = espèce/race).	35

Liste des tableaux

Tableau 1: effets de quelques races bovines sur la qualité sensorielle des fromages	16
Tableau 2: Age moyen au vêlage selon les races	18
Tableau 3: Effet de la conservation du fourrage sur les caractéristiques physico-chimiques et sensorielles des fromages.....	21
Tableau 4: Effets du génotype sur quelques attributs de la qualité sensorielle des fromages (moyenne \pm écart type).	30
Tableau 5: Coefficient de corrélation de Spearman entre les différents attribues sensoriels. .	31
Tableau 6: PANOVA pour l'analyse sensorielle des fromages.	32
Tableau 7: Variance résiduelle pour chaque type du fromage lors de l'analyse sensorielle. ...	32
Tableau 8: Valeurs propres et corrélations entre descripteurs sensoriels et axe factoriel(F). ..	34

Sommaire

Remerciement	I
Dédicace.....	II
Résumé	V
Liste des figures	VIII
Liste des tableaux	IX
I. Introduction générale.....	1
II. Principes de fromagerie	3
II.1 Définition du fromage	3
II.2 Technologie des fromages	3
II.2.1 Coagulation.....	3
II.2.2 Egouttage	4
II.2.3 Affinage	5
II.3 Fromage traditionnel Algérien.....	5
II.3.1 Fromage traditionnel Algérien <i>Bouhezza</i>	6
II.3.2 <i>Chekoua</i> du fromage <i>Bouhezza</i>	6
II.3.3 Fabrication du <i>Bouhezza</i>	7
II.4 Conclusion	7
III. Analyse sensorielle des fromages	8
III.1 Historique	8
III.2 Définitions.....	8
III.3 Evaluation sensorielle	9
III.3.1 Rôle de l'évaluation sensorielle.....	9
III.3.2 Perceptions sensorielles	9
III.3.3 Les sens humains	10
III.3.4 Propriétés sensorielles.....	11
III.3.5 Méthodes utilisées en évaluation sensorielle	12
IV. Effets de la conduite d'élevage sur les caractéristiques sensorielles des fromages	15
IV.1 Introduction	15
IV.2 Effet génétique.....	15
IV.3 Effet de la race dans les diverses espèces laitières (Bovin. Ovin. Caprine).....	16
IV.4 Effet de l'état sanitaire et les caractéristiques physiologique.....	17
IV.4.1 Etat sanitaire	17
IV.4.2 Stade physiologique	18
IV.4.2.1 Effet de l'âge au premier vêlage	18

IV.4.3	Effet de l'alimentation	19
V.	Analyse procustéenne généralisée.....	22
V.1	Introduction.....	22
V.2	Notions de bases relatives à l'analyse procustéenne généralisée.....	22
V.3	Le principe de l'analyse procustéenne généralisée (APG).....	25
V.4	Application de l'analyse procustéenne généralisée (APG) dans l'analyse sensorielle 26	
VI.	Matériel et méthodes	27
VI.1	Contexte	27
VI.2	Objectif.....	27
VI.3	Type de lait et échantillonnage.....	27
VI.4	Analyse sensorielle	28
VI.5	Analyse statistique	28
VII.	Résultats et discussion.....	29
VIII.	Conclusion.....	35
IX.	Références bibliographiques	36

Introduction générale

I. Introduction générale

Le lait est un élément essentiel dans notre régime alimentaire, qu'il soit sous forme liquide, transformé ou sous forme cachée dans les préparations alimentaires diverses, sa composition équilibrée en nutriments de base (protéines, lipides, minéraux, glucides) et l'apport qu'il représente en protéines d'excellente qualité en font une source d'alimentation très riche [1]. Le fromage est l'une des formes de conservation du lait les plus anciennes [2]. Pâtes molles ou dures, fabriqués à partir du lait de vache, de brebis ou de chèvre cru ou pasteurisé et des conditions de production du lait diverses, les fromages donnent lieu à un ensemble de produits qui présentent des propriétés organoleptiques très variées [3]. Le fromage est une source importante de protéines pour le monde entier, ainsi pour le fonctionnement de l'industrie laitière [4-6]. L'industrie mondiale de la fabrication du fromage consomme environ un quart de la production mondiale de lait cru pour la fabrication des différentes variétés de fromages [7].

Selon [8] ; [9] ; [10] ; [11]. Les caractéristiques sensorielles d'un fromage, qui regroupent l'apparence, la texture et la flaveur, sont des critères importants de l'acceptabilité du fromage. Parmi ces caractéristiques, la texture est la composante essentielle de la qualité sensorielle des fromages. Elle peut être évaluée par analyse sensorielle ou par des méthodes d'analyse instrumentale. Ces différentes méthodes ont permis de montrer que les propriétés de texture des fromages sont déterminées à la fois par les caractéristiques physicochimiques des laits mis en œuvre et par les paramètres technologiques de fabrication. En effet, des corrélations assez étroites ont été mises en évidence entre l'évolution de certains paramètres physico-chimiques et les modifications des propriétés texturales.

L'évaluation de la qualité sensorielle d'un produit alimentaire nécessite la sélection et la formation des membres du jury de dégustation. Elle permet d'étudier les caractéristiques sensorielles des produits en faisant intervenir l'homme comme instrument de mesure à partir de ses cinq sens : l'odorat, le goût, la vue, l'audition et le toucher. Elle permet d'étudier différents problèmes ou de répondre à diverses questions posées par le fabricant et est utilisée dans de nombreux domaines [12]. Ensuite, les descripteurs de référence doivent être déterminés et enfin, le panel est entraîné avec ces descripteurs de référence. Cependant, le profil sensoriel par libre choix (PLC) qui a été développé en 1984 par [13]. Les descripteurs sensoriels d'un produit sont des informations de référence retenues et partagées par les membres d'un panel sensoriel lors de la dégustation.

Les résultats obtenus dans une analyse sensorielle sont généralement étudiés au moyen d'une analyse en composantes principales (ACP) bien que d'autres techniques d'analyse multi-variées soient également utilisées. Dans la procédure de profil à libre choix, des outils exploratoires pour l'analyse de données à trois dimensions comme l'analyse procustéenne généralisée (APG) [14] ou STATIS [15, 16] sont souvent appliqués.

Ce modeste travail porte sur la caractérisation sensorielle et hédonique du fromage *Bouhezza*. Il comprend une partie bibliographique qui traite des généralités sur le fromage et différents tests sensoriels parmi lesquels une analyse sensorielle descriptive a été utilisée pour caractériser les systèmes alimentaires et non alimentaires complexes tels que la viande, la volaille, les poissons [17], les boissons [18] et les produits laitiers [19].

Bien que l'analyse sensorielle soit un test subjectif, les évaluations humaines sont importantes car elles permettent une mesure directe de la perception des consommateurs. Par conséquent, les tests sensoriels sur panel sont utilisés comme méthode de référence dans de nombreuses études. Mais dans certains cas, l'évaluation des résultats des tests du panel est difficile en raison des grandes variations et des différences entre les évaluations des panélistes [20]. L'analyse procustéenne généralisée (APG) est une méthode statistique à plusieurs variables utilisée pour l'évaluation de l'analyse sensorielle dans l'industrie alimentaire. L'APG est bénéfique en termes de diminution des différences entre les panélistes et de la récapitulation des données obtenues des différents panélistes [21, 22] et une partie pratique dont le but de connaître les effets du génotype (espèces et races) sur les caractéristiques sensorielles des fromages Bouhezza, en utilisant l'analyse procustéenne généralisée (APG), où cette analyse est un outil très important pour montrer la relation entre produits et leurs attributs, tout en surveillant les performances des panélistes.

Partie 1 : Synthèse Bibliographique

Chapitre 1

II. Principes de fromagerie

II.1 Définition du fromage

Le lait se consomme à l'état nature, et peut également subir différentes biotransformations qui contribuent à étendre considérablement ses qualités sensorielles et nutritionnelles. L'un des dérivés de ces transformations est le fromage [23].

Le fromage, selon la norme du codex alimentarius [24] est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure obtenu après coagulation du lait, lait écrémé, lait partiellement écrémé, crème, crème de lactosérum, qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum (caséines) ne dépasse pas celui du lait. Il est obtenu par coagulation complète ou partielle du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation, tout en respectant la fabrication du fromage. Ce qui entraîne la concentration des protéines du lait (notamment de la caséine). La teneur en protéines du fromage est par conséquent nettement plus élevée que la teneur en protéines du mélange des matières premières ci-dessus qui a servi à la fabrication du fromage.

Des techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait de manière à obtenir un produit fini ont des caractéristiques physiques, chimiques et sensorielles similaires à celles de la définition précédente [23].

Le fromage affiné est un fromage qui n'est pas prêt à la consommation après sa fabrication, mais qu'on doit maintenir pendant un certain temps à la température et dans les conditions nécessaires pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage. Le fromage non affiné dont le fromage frais est un fromage qui est prêt à la consommation peu de temps après sa fabrication [23].

II.2 Technologie des fromages

Le fromage correspond à une véritable conserve alimentaire, obtenue grâce à l'action conjuguée de l'élimination de l'eau du lait et de la récupération des matières sèches. La transformation du lait en fromage comporte, pour la plus grande partie des fromages, trois étapes principales : la coagulation, l'égouttage et l'affinage [25].

II.2.1 Coagulation

La coagulation du lait s'accorde à des modifications physicochimiques et déstabilisation des micelles de caséines qui flocculent puis se soudent pour former un gel

emprisonnant des éléments solubles du lait [23] sous l'action d'enzymes protéolytiques et (où) de l'acide lactique, entraînant la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé coagulum ou gel. Selon les auteurs [26], [27],[23], on distingue trois types de coagulation :

II.2.1.1 Coagulation acide

Les caséines précipitent à leur point isoélectrique ($pH_i = 4,6$) par acidification biologique graduel obtenue soit par fermentation lactique qui transforme le lactose en acide lactique, soit par hydrolyse de la gluconolactone qui conduit à la formation d'un gel lisse homogène [26] ou par acidification chimique (injection de CO_2 , addition de glucono- δ -lactone ou ajout de protéines sériques à pH acide) [27].

II.2.1.2 Coagulation par voie enzymatique

Le lait est transformé de l'état liquide à l'état de gel par action d'un grand nombre d'enzymes protéolytiques d'origine animale, végétale ou microbienne, qui ont la propriété de coaguler le lait [23].

II.2.1.3 Coagulation mixte

Le résultat de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte pressée non cuite [27].

II.2.2 Egouttage

Une déshydratation partielle du gel par l'égouttage du caillé est obtenue par séparation d'une partie du lactosérum qui se joint à une séparation physique entre solide et liquide. Le gel obtenu par la floculation des caséines étant instable, il se transforme rapidement par la contraction des micelles, ce qui provoque l'expulsion de la phase liquide hors du caillé.

La séparation du caillé s'effectue par un phénomène physique actif appelé synérèse. Il contient de la caséine, de la matière grasse, du sérum qui contient le lactose, des minéraux et les protéines solubles du lait [23]. L'égouttage peut être spontané ou amélioré par pressage, par découpage et par brassage [28].

Cette phase se traduit macroscopiquement par une élimination progressive de lactosérum emprisonné dans les mailles du gel formées par voie acide et/ou enzymatique [25]. La séparation entre les phases liquides et solides, résulte de phénomènes physiques actifs (synérèse du gel) et passifs (la porosité et la perméabilité du gel).

Dans la plupart des fabrications, entre l'égouttage et l'affinage, se situe l'opération de salage qui représente un complément d'égouttage et un facteur important de la maîtrise de l'affinage par action sur l'activité de l'eau [29].

II.2.3 Affinage

Selon [27], l'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique des constituants protéiques et lipidiques du caillé égoutté, qui lui conférera à la fin une texture et une saveur caractéristique selon le type de fromage recherché [23].

Il se caractérise essentiellement sous l'action d'enzymes microbiennes [30] par des transformations biochimiques des constituants du caillé.

C'est un processus biochimique complexe. La matrice fromagère issue de la coagulation du lait et de l'égouttage du caillé présente une très grande hétérogénéité physico-chimique. Les enzymes intervenant dans l'affinage ont plusieurs origines. Il peut s'agir d'enzymes endogènes du lait (plasmine, lipase, etc.), ajoutées au lait au cours de la fabrication (enzymes coagulantes, microorganismes) ou produites au cours de l'affinage par synthèse microbienne (bactéries, levures, moisissures) [27].

II.3 Fromage traditionnel Algérien

La production laitière en Algérie est très insuffisante par rapport à la demande nationale et ce, malgré un effort considérable à l'augmentation des effectifs de bovins laitiers et à leur intensification [31]. Les aliments traditionnels font partie de l'environnement socioculturel de chaque pays. Parmi eux, les fromages traditionnels constituent à la fois un bien culturel et une ressource économique.

Le fromage a été fabriqué par l'homme pendant des siècles à l'aide de procédures traditionnelles. La transformation du lait en produits dérivés, comme les fromages, a été depuis longtemps un moyen traditionnel de conservation [32].

La majeure partie de ces produits appartient à la catégorie des fromages frais. Les plus connus sont seulement ceux portant les dénominations «*Djben*» et «*Klila*». Ils sont très répandus dans l'ensemble du territoire et même dans les pays du Maghreb [33]; [34]; [35].

Le fromage *Bouhezza* est le seul fromage affiné recensé à ce jour, son terroir est délimité dans la zone nord-est du pays, celle des Chaouia [36].

II.3.1 Fromage traditionnel Algérien *Bouhezza*

Bouhezza est un fromage de terroir très répandu dans la région des Chaouias. Fabriqué par les femmes en utilisant une *Chekoua*.

La *Chekoua* est un sac préparé à partir de la peau de chèvre ou de brebis non fendue. Elle joue le rôle à la fois d'un contenant de la masse fromagère et d'un séparateur de phase (ultrafiltre). Traitée principalement avec du sel et du genièvre [37].

Ce fromage peut être fabriqué avec du lait de (vache, chèvre, ou brebis), seul ou en mélange. La fabrication de *Bouhezza* est lancée le plus souvent avec le sel et *Lben*. La fabrication est terminée par l'ajout du lait cru, afin de corriger l'acidité, et le taux de sel du fromage. Le salage est réalisé en masse. Après égouttage de la *Chekoua*, des ajouts successifs du *Lben* sont effectués [38].

Du point de vue nutritionnel, *Bouhezza* peut apporter une portion d'acides gras de bonne qualité, car il renferme une quantité non négligeable en acides linoléiques conjugués. En plus, le ratio de l'acide α -linoléique (oméga 3) et l'acide linoléique (oméga 6) semble être équilibré [39].

II.3.2 *Chekoua* du fromage *Bouhezza*

La fabrication de *Bouhezza* est préparée par la méthode traditionnelle. Après le traitement de la peau et la confection de l'outre « *Djeld* » ou « *Chekoua* » dont la plus utilisée est celle de la chèvre, commence la fabrication de *Bouhezza*. [36]. Elle se présente comme un sac humide et souple ayant la couleur de la peau de l'animal et se caractérise par une certaine perméabilité. En effet, elle joue à la fois le rôle d'un séparateur de phase où c'est à travers les perforations naturelles de la peau que le lactosérum est exsudé et d'un contenant de la masse fromagère qui s'accumule au cours du temps [37].

Selon [40], la préparation de *Chekoua* consiste à utiliser la peau de différentes races de (chèvre ou brebis). La peau de chèvre ou de chevreau semble mieux égoutter, elle est plus épaisse, solide et plus résistante aux chocs [41] ; [42].

Avant utilisation, la peau de chèvre nécessite un traitement approprié. Elle est laissée se putréfier à température ambiante environ 2 à 7 jours pour faciliter l'arrachage des poils ou de la laine. Après lavage à l'eau, la peau est traitée principalement avec du sel et du genièvre avec la possibilité d'incorporer aussi d'autres produits tels que : orge, romarin, semoule, tanins [43].

Ensuite, la peau est laissée au repos pendant presque une ou deux semaines pour la rendre plus solide et en éliminer l'odeur de putréfaction. Après cette étape la peau doit être

retournée, coté poils à l'intérieur et coté chair à l'extérieur, puis elle sera nouée et ficelée pour lui donner la forme de *Chekoua* [38].

II.3.3 Fabrication du *Bouhezza*

La fabrication du *Bouhezza* est une fonction périodique liée à l'abondance laitière au printemps et à la taille de *Chekoua* [41]. Elle s'étale de plusieurs semaines à quelques mois. L'utilisation du lait de brebis est plus répandue dans les Wilaya de Khenchela et de Batna. De nos jours, c'est le lait de vache qui est le plus utilisé car c'est le plus disponible [36].

La préparation du fromage se fait par l'introduction d'une quantité initiale de lait fermenté spontanément, baratté et écrémé et désigné par *Lben* [38].

Le salage, l'égouttage et l'affinage sont réalisés simultanément durant la période de fabrication [44]; [36], Le salage est réalisé dans *Lben* avant son ajout dans la *Chekoua* à raison de 25 g/L. Une fois que *Lben* ou le lait est ajouté, le col de la *Chekoua* est noué. Pour une bonne homogénéisation de son contenu, un léger pétrissage est réalisée [45]. Ensuite la *Chekoua* est suspendue dans un endroit aéré, à l'ombre et bien entretenue au cours de la fabrication par des lavages réguliers avec raclage de sa surface externe à l'aide d'eau [36].

Si le fromage est affiné, du lait cru est ajouté pour ajuster l'acidité et la salinité du fromage. A la fin, le fromage est épicé avec de la poudre de piment rouge piquant qui est mélangée avec une quantité de lait cru lors du dernier ajout et bien les homogénéisé en plus de l'addition de vinaigre, poivron noir et d' H'rissa [37].

II.4 Conclusion

Les fromages traditionnels sont caractérisés par un lien fort avec leur terroir d'origine et attestent de l'histoire et de la culture de la communauté qui les produit. Chaque fromage traditionnel provient de systèmes complexes qui lui donnent des caractéristiques organoleptiques spécifiques. Ces caractéristiques sont liées à divers facteurs de biodiversité, comme l'environnement, le climat, la prairie naturelle, la race des animaux, l'utilisation de lait cru et de sa microflore naturelle. La technologie fromagère s'appuie non pas sur une technologie automatisée mais sur le savoir-faire unique des hommes, des outils historiques et des conditions naturelles d'affinage [46].

Chapitre 2

III. Analyse sensorielle des fromages

III.1 Historique

L'apparition de l'analyse sensorielle dans les années 1940-1950, au sein de l'armée américaine a commencé à assoir sa position, en optimisant le degré d'acceptabilité des menus servis à ses soldats [47].

Le terme « analyse sensorielle » semble avoir été utilisé pour la première fois en 1961 lors d'une conférence donnée au centre technique de la biscuiterie [48].

Les hommes ont utilisé leurs sens pour évaluer les aliments depuis plusieurs milliers d'années. Nous faisons tous des jugements au sujet des aliments à chaque fois que nous mangeons ou buvons [49]. Les individus peuvent souvent dire par : le goût, l'odeur, la vue et dans une moindre mesure le touché, si les aliments sont bons ou mauvais [50].

A la fin des années 50, l'Université de Californie à Denis donnait une série de cours sur l'évaluation sensorielle, fournissant une des rares sources académiques pour la formation des professionnels en évaluation sensorielle [51]. L'évaluation sensorielle est maintenant reconnue autant comme un outil au service du marketing, utilisé par exemple lorsqu'il s'agit de décrire le marché ou d'étudier les préférences sensorielles des consommateurs, que comme un outil au service de la production et de la recherche et développement [52].

III.2 Définitions

Selon les normes françaises NF ISO 5492 l'analyse sensorielle est définie comme étant « l'examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens (vue, ouïe, odorat, goût, toucher) ».

L'analyse sensorielle est mesurée par l'être humain pour caractériser et évaluer des produits. [53]. Elle se développe à partir des années 1950 afin de résoudre des problèmes concrets des industries alimentaires. Après avoir contrôlé et maîtrisé les risques sanitaires et la qualité nutritionnelle des aliments, il s'agit alors d'en maîtriser le goût, de fournir des produits de 'bonne' qualité organoleptique perçue par les organes de sens. Ce sont des chercheurs en physiologie et en sciences des aliments, en collaboration avec des industriels, qui développent les techniques d'analyse sensorielle en vue de mesurer, contrôler et maîtriser la qualité des aliments [54], [55], [56], [57] cité par [52].

III.3 Evaluation sensorielle

L'évaluation sensorielle est une méthode scientifique utilisée pour analyser, évoquer, mesurer et interpréter les réponses liées aux produits comme perçues à travers les sens de l'odorat, de la vue, du touché, du goût, et de l'ouïe [58] cité par [59].

L'analyse sensorielle permet par exemple d'évaluer l'effet d'un ingrédient, du procédé de fabrication ou des conditions de conservation sur les propriétés sensorielles du produit. Elle permet également de comparer les propriétés sensorielles des produits en cours de développement avec celles des produits concurrents et permet en outre de mieux comprendre les préférences des consommateurs [60].

L'évaluation sensorielle devrait être envisagée en termes beaucoup plus larges pour dépasser sa contribution aux questions de savoir quelle saveur est meilleure ou si un ingrédient A peut être remplacé par un ingrédient B [51]. L'évaluation sensorielle est nécessaire pour déterminer l'influence des caractéristiques sensorielles sur la qualité du fromage et son acceptabilité par le consommateur [61].

III.3.1 Rôle de l'évaluation sensorielle

L'évaluation sensorielle implique l'évaluation et la mesure des propriétés sensorielles des produits alimentaires. L'analyse est également l'implication du professionnel sensoriel [51], dans l'interprétation des résultats.

Le rôle de l'évaluation sensorielle a changé au cours des années. Au début, c'était un service fournissant des données, mais aujourd'hui c'est le partenariat avec la recherche, le développement et le marketing, afin de fournir des éclairages pour aider à guider le développement et la stratégie commerciale [62].

III.3.2 Perceptions sensorielles

C'est le résultat de l'intégration de l'information venant de tous les organes sensoriels. Qui sont impliqués dans l'évaluation d'une denrée alimentaire, de façons chronologiques ou simultanées. L'ordre d'utilisation des sens lors de la dégustation est généralement d'abord la vue, le toucher à la main ou avec un autre ustensile, suivi de l'olfaction (par voie ortho-nasale), et faisant suite à la mise en bouche, viennent les perceptions du goût, de l'olfaction (par voie rétro-nasale), et du toucher (somesthésie), qui cèdent la place aux arrière-goûts et autres impressions après déglutition. [60].

III.3.3 Les sens humains

Selon [60], c'est uniquement par nos organes de sens que nous recueillons les informations du monde extérieur. La peau pour le touché, l'oreille pour tout son possible, la langue pour le goût, le nez pour l'odeur et les yeux pour la couleur et l'aspect [50].

III.3.3.1 La vision

La vision est la perception de forme, de la texture, la taille, la luminosité, la couleur, et le mouvement. L'apparence de tout objet est déterminée par le sens de la vision [62]. D'après [50], l'aspect se réfère beaucoup plus qu'à la couleur ; c'est l'identification et l'évaluation des propriétés (structure, opacité, couleur extérieures) liées à l'objet vu. La vision peut être considérée par la nature physique de l'objet vu [63] cité par [50].

Les caractéristiques d'apparence du fromage sont évaluées visuellement, généralement avant de le consommer, ou lors de sa préparation pour la consommation par découpe ou diffusion. Les caractéristiques d'apparence comprennent la couleur, la présence ou l'absence de trous (ou d'ouvertures), de moisissure, d'écorce et de texture visuelle. L'apparence comprend l'image d'un fromage au marché (par exemple, taille, forme, emballage) [64].

III.3.3.2 L'odorat

L'olfaction ou l'odorat est le sens qui permet d'analyser les substances chimiques volatiles (odeurs) présentes dans l'air, leur forte association avec les émotions et donc leur potentiel de provoquer de fortes réactions affectives suite à une stimulation odorante ou gustative (écœurement, dégoût, attraction, désir.. etc.) [60].

La saveur est le plus souvent définie comme la perception intégrée de stimuli olfactifs, gustatifs et du nerf trijumeau. La perception de la saveur commence avant la consommation lorsqu'un consommateur peut sentir un fromage, mais est finalement perçu pendant la consommation lorsque les composés stimulent le système olfactif dans le nez. L'odeur ou l'arôme est généralement le premier aspect de la saveur rencontrée par un consommateur [65].

Les stimuli de l'odorat sont des composés aéroportés volatiles détectés par des récepteurs d'olfaction situés sur les millions de cils qui couvrent l'épithélium nasal (situé dans le toit de la cavité nasale). Les molécules volatiles entrent dans le nez par voie nasale pendant le reniflement et la respiration ou retro nasale par l'intermédiaire de la gorge pendant la consommation du repas [62].

III.3.3.3 La dégustation

Les sensations gustatives sont perçues pour l'essentiel au niveau de la langue, par les papilles gustatives. Ces papilles contiennent pour la plupart les bourgeons du goût, qui sont de petites unités en forme de ballon évasé, constitués de plusieurs cellules gustatives [60].

Le goût est un autre aspect de la saveur. La dégustation a lieu principalement dans la cavité buccale, non seulement sur la langue, mais aussi sur le palais mou. Les principaux stimuli du goût sont des composés non volatils, et ceux-ci doivent entrer en contact avec les récepteurs du goût [66]; [67]; [68]. Les sensations détectées peuvent être divisées en cinq qualités différentes de goût : le salé, le sucré, l'aigre (l'acide), l'amer et le goût savoureux [62].

III.3.3.4 Le toucher

La texture peut être définie comme l'attribut d'un fromage qui résulte d'une combinaison de propriétés physiques, y compris la nature des éléments structurels, le nombre, la forme, la taille, perçus par une combinaison des sens du toucher (texture tactile), la vision (texture visuelle), et audition (texture auditive). Par exemple, la «douceur» d'un fromage à la crème peut être évaluée visuellement lors de la coupe du fromage, par des sensations proprioceptives lors de l'étalement du fromage, et enfin par des sensations tactiles en bouche pendant la consommation [69].

III.3.4 Propriétés sensorielles

Selon [60], Les propriétés sensorielles sont perçues quand nos organes sensoriels interagissent avec les stimuli du monde qui nous entoure.

III.3.4.1 La couleur

La couleur est la perception résultante de la détection de la lumière quand elle interagit avec l'objet [70] cité par [50].

La couleur est définie dans un espace à trois dimensions : la luminosité (clair-foncé), la teinte (rouge, bleu, jaune, rose, vert, etc.) et la saturation (couleur vive ou plutôt terne, grisâtre) [60].

III.3.4.2 La texture

C'est l'ensemble des propriétés mécaniques, géométriques et de surface d'un produit perceptibles par les mécanismes récepteurs : les récepteurs tactiles et éventuellement, par les récepteurs visuels et auditifs [60].

III.3.4.3 L'odeur

Selon [50], la bouche détecte les odeurs rétro-nasales via l'intermédiaire du transport du stimulus du fond de la gorge vers la région des récepteurs olfactifs. Les odeurs ortho-nasales sont celles qui sont perçues par les narines.

III.3.4.4 La saveur

Un grand nombre des caractéristiques de saveur ont été décrites dans le fromage. Certaines ont été définies et normalisées pour une application dans les évaluations sensorielles descriptives. L'odeur ou l'arôme est généralement le premier aspect de la saveur rencontrée par un consommateur [65].

III.3.5 Méthodes utilisées en évaluation sensorielle

L'analyse sensorielle repose sur l'organisation de séances d'évaluation avec un panel, où les sujets ont un niveau de connaissance de l'univers produit et/ou de la méthode employée plus ou moins développé en fonction de la tâche à réaliser, [71].

L'analyse sensorielle regroupe trois familles de méthodes employées dans l'évaluation sensorielle : les tests de discrimination, les tests descriptifs et les tests hédoniques [59] cité par [72].

III.3.5.1 Méthodes discriminatives

Les méthodes discriminatives permettent de mettre en évidence si deux ou plusieurs produits sont différents. Très populaires, elles sont généralement utilisées lorsque les différences des produits à comparer sont peu perceptibles. Après l'évaluation des échantillons à comparer, les participants doivent indiquer les échantillons identiques ou bien différents en fonction de la variante utilisée. Parmi les techniques les plus courantes, nous pourrions citer : le test triangulaire, l'épreuve duo-trio, le test A/Non-A, l'épreuve p parmi n ... etc. [73].

Dans le test triangulaire, les évaluateurs reçoivent trois fromages et demandé de choisir lequel est le plus différent des deux autres. Dans le test de classement, quatre à six

fromages sont généralement présentés pour la comparaison d'un seul attribut désigné, et l'évaluateur est invité à les classer par ordre croissant selon l'intensité de l'attribut en question. Dans le test de comparaison par paires, deux fromages sont présentés pour être comparé l'un avec l'autre et il est demandé aux évaluateurs s'ils diffèrent ; généralement, une différence pour une caractéristique sensorielle spécifique est testée. Dans le test Duo-Trio, les évaluateurs doivent savoir lequel des deux produits est le plus similaire à un troisième produit de référence, permettant d'utiliser une référence, [61].

L'avantage de ces méthodes est qu'elles sont faciles à mettre en œuvre et que leur dépouillement statistique est aisé. Leurs inconvénients sont : indication uniquement en terme de différence ; obligation d'un échantillonnage précis obtenu dans les mêmes conditions et d'une préparation à la dégustation identique, [74]. Enfin, les méthodes discriminatives se limitent à détecter d'éventuelles différences entre les échantillons mais ne permettent pas d'identifier et encore moins de quantifier ces dernières.

III.3.5.2 Méthodes descriptives

Les tests descriptifs sont des méthodes qui mesurent les intensités des différentes caractéristiques sensorielles d'un produit, [72].

Les méthodes descriptives sont employées dans le but de qualifier les différences entre produits en établissant un « profil sensoriel » pour chacun d'eux. Le profil conventionnel est la méthode de référence recommandée par les normes AFNOR [75]. L'analyse sensorielle descriptive fait référence à une collection de techniques qui ne cherchent pas seulement à discriminer entre les caractéristiques sensorielles d'une gamme de fromages, mais aussi pour déterminer une description quantitative de toutes les différences sensorielles pouvant être identifiées. Cette méthode prend pour origine les trois méthodes à savoir :

- Flavor Profile [76].
- Quantitative Descriptive Analysis [56] et la méthode Spectrum [77].

D'après [74], ces tests s'appuient sur des grilles critères qui permettent de caractériser plus finement un produit suivant ces différentes composantes sensorielles : aspect extérieur, goût, odeur et texture. Ils sont très utilisés par les jurys de dégustation de produits labellisés ou dans des concours.

III.3.5.3 Méthodes hédoniques

Les méthodes hédoniques portent sur les préférences des consommateurs et ont pour but de comparer l'appréciation hédonique globale de différents produits en se focalisant sur les ressentis individuels liés au plaisir ou déplaisir provoqué par l'aliment. Contrairement à l'analyse sensorielle descriptive, ces méthodes font appel à des sujets naïfs n'ayant eu aucune pratique de l'analyse sensorielle [58].

D'après [72], les tests hédoniques essaient de mesurer le degré d'aimer ou détester un produit, On a deux grandes familles des méthodes hédoniques :

Les tests de préférence regroupant l'épreuve de classement et l'épreuve par paire. Par simplification, l'épreuve par paire peut être définie comme une épreuve simplifiée de classement avec uniquement deux échantillons. Lors d'une épreuve de classement, il est demandé aux sujets de hiérarchiser les produits en fonction de leur caractère agréable selon différents critères (goût, texture, visuel...). Un test de Friedman est généralement appliqué afin d'analyser les données issues de cette épreuve. Ces techniques ne renseignent aucunement sur le niveau d'acceptabilité des produits et de leurs écarts d'appréciation.

Les tests de notation visent à capturer le statut hédonique d'un ou plusieurs produits dans le but de les comparer. Pour cela il est demandé aux sujets de noter les produits présentés généralement successivement, sur une échelle dite d'intervalle pouvant être numérique, sémantique ou encore visuelle. Néanmoins, l'échelle hédonique à 9 points [78] semble être la plus fréquemment utilisée dans la littérature. Tout comme pour l'analyse descriptive, l'analyse de variance peut être employée afin d'analyser les données hédoniques.

Chapitre 3

IV. Effets de la conduite d'élevage sur les caractéristiques sensorielles des fromages

IV.1 Introduction

Les programmes de gestion d'élevage, ont connu un essor important au cours de ces dernières années ; appliqués à l'ensemble des aspects environnementaux et génétiques, ils sont devenus de nos jours un élément fondamental de la rentabilisation des exploitations bovines, ovines et caprines. Leur mise en œuvre, favorise le bien-être des animaux, et une meilleure expression de leur potentiel génétique [79].

L'équilibre des différents facteurs de la production, est le meilleur garant de l'efficacité de l'ensemble ; ainsi, la recherche du plus haut potentiel génétique est incapable de compenser, la production fourragère médiocre, la mauvaise gestion de la reproduction, ou une conduite défectueuse de la traite [80].

Ce chapitre fait le point sur les connaissances acquises au cours de plusieurs années sur les relations entre les facteurs de conduite des animaux et la qualité sensorielle des fromages [81]. La composition du fromage est variable : elle dépend bien entendu du génotype de la femelle (race, espèce), mais l'âge, la saison, le stade de lactation et l'alimentation sont des facteurs qui peuvent avoir des effets importants sur le fromage, [82].

IV.2 Effet génétique

La génétique est un facteur principal et déterminant pour l'expression du potentiel de productions laitières [83].

La performance d'un animal est la résultante de son potentiel génétique (génotype) et conditions d'élevage dans lesquelles il est entretenu (environnement) Ainsi pour avoir une production laitière élevée, il ne suffit pas d'avoir un animal avec un potentiel génétique élevé, il faut également lui offrir les conditions d'élevage adéquats pour extérioriser son potentiel [84].

Un certain nombre d'études ont évalué l'effet des caractéristiques génétiques animales (polymorphisme des races et des lactoprotéines) sur l'aptitude du lait à la fabrication du fromage (propriétés de coagulation et performances fromagères).

Ainsi, [85], ont rapporté que les vaches de race Montbéliarde ont un lait plus riche en matières protéiques que celui de la race Holstein, et il est de ce fait caractérisé par une meilleure aptitude à la coagulation et au rendement fromager. De même que les taux de caséines et de calcium ont été supérieurs chez la Montbéliarde et chez la tarentaise comparativement aux pie noirs [86]. En revanche, quelques études ont montré les effets des

facteurs génétiques sur les caractéristiques sensorielles de fromages, le (**Tableau 1**) a été synthétisé à partir des travaux de [87] à partir des données de [85]; [88]; [89] afin de monter l'effet du génotype sur la qualité sensorielle des fromages.

Tableau 1: effets de quelques races bovines sur la qualité sensorielle des fromages

Essai	1		2		3	
Race	HO	MO	HO	MO	HO	MO
Lait						
TB (g/l)	37,0**	34,0	35,7	35,9	35,8	35,9
TP (g/l)	29,4**	31,7	34,0	33,9	33,4	33,7
Fromage						
MS (%)	52,6*	54,8	55,3	55,0	54,6	54,7
TB (%)	53,8**	50,9	51,7	51,6	52,7	52,9
IN	28,9**	27,3	21,7	21,4	31,4	30,4
TF	3,0**	3,6	5,1	4,9	5,2	4,0
TFO	5,2**	4,5	3,2	3,7	3,0	4,3
IG	5,0	5,0	5,0	5,0	5,1	5,6
IO	4,5	4,8	4,8	4,1	5,2	5,3

HO : Holstein ; **MO** : montbéliarde ; **MS** : matière sèche ; **TB** : taux butyreux ; **TP** : taux protéique ; **IN** : indice de jaune, **TF** : texture ferme ; **TFO** : texture fondante ; **IG** : intensité de goût ; **IO** : intensité d'odeur, **P** < 0.05 ; ** **P** < 0.01.

IV.3 Effet de la race dans les diverses espèces laitières (Bovin. Ovin. Caprine)

L'effet de la race sur les caractéristiques sensorielles des fromages ont été principalement lancés suite à plusieurs questions soulevées par les filières fromagères sur la production de lait de certaines races et en particulier sur celles traditionnellement exploitées dans la zone de production. Les premiers travaux entrepris en Auvergne n'avait pas permis de mettre en évidence de très grandes différences sensorielles entre des fromages de Saint-Nectaire fabriqués avec du lait de vaches Pie-Noires ou Montbéliardes [90], hormis sur la couleur plus jaune avec le lait de vaches Pie-Noires, mais les descripteurs sensoriels étaient dans cette étude peu nombreux. Plus récemment, les laits de vaches Tarentaises, Holstein et Montbéliardes ont été transformés en fromage de Saint-Nectaire, en conditions technologiques contrôlées et identiques d'une fabrication à l'autre, au cours de trois séries d'essais (**Tableau 1**) dans lesquels on faisait également varier l'alimentation des vaches. Dans

le premier essai, les fabrications ont eu lieu à partir du lait entier [85]. Dans les deux autres, le lait était standardisé par écrémage partiel avant fabrication [89], [88]. Dans le premier essai, des différences très importantes de texture ont été observées : les fromages issus de vaches Holstein ont été moins fermes et plus fondants que ceux issus de vaches Montbéliardes en raison d'un gras/sec plus élevé, lié à un rapport taux butyreux/taux protéique supérieur chez les Holstein. Ces différences ne se retrouvent pas dans les deux autres essais où le rapport taux butyreux/taux protéique était standardisé avant fabrication. Au contraire, dans ce cas, et quelle que soit la nature de la ration, les fromages fabriqués avec le lait de vache Holstein étaient plus fermes, moins fondants, plus granuleux que les fromages fabriqués avec le lait des vaches de races Tarentaise ou Montbéliarde. Ils ont aussi présenté un goût moins prononcé. Dans les 3 essais, les fromages issus du lait de vaches Holstein ont été plus jaunes que les autres. Dans le deuxième essai, les fromages issus du lait de vaches de races Montbéliarde et Tarentaise ont été globalement plus appréciés que ceux issus du lait de vaches de race Holstein.

Dans l'espèce caprine, les Norvégiens ont montré les premiers que la saveur «chèvre» appréciée et recherchée dans les fromages produits dans le nord de l'Europe était un caractère héréditaire des populations de chèvres [91], [92] et que cette saveur caractéristique dépend aussi de la race des animaux. Plusieurs études mettent en effet en évidence que les fromages produits avec des laits de race Norvégienne comparés à ceux de race Saanen possèdent une saveur « chèvre » plus intense [93], [94], [95], [96]. Dans l'espèce ovine, il n'y a pratiquement pas de travaux concernant l'influence de la race sur les caractéristiques sensorielles du fromage. [97] On a étudié les caractéristiques physico-chimiques et sensorielles de certains fromages à pâte dure produits dans différentes régions d'Espagne avec du lait de différentes races de brebis. Il n'y a pas eu de différences significatives dans la composition chimique des fromages en fonction de la race ou de la région. Les caractéristiques sensorielles des fromages ont été liées à leur composition chimique, mais pas à la race des animaux. Les propriétés rhéologiques de huit fromages de brebis AOC européens ont été étudiées par [98].

IV.4 Effet de l'état sanitaire et les caractéristiques physiologique

IV.4.1 Etat sanitaire

Les mammites sont les troubles sanitaires les plus fréquemment rencontrés dans les élevages laitiers. Elles sont à l'origine d'une modification des composants du lait avec pour conséquence, une altération de l'aptitude à la coagulation des laits et du rendement

fromager [99]. Ce sont des infections microbiennes de la mamelle qui sont à l'origine d'une augmentation forte de la concentration en cellules somatiques (CCS) du lait. Outre leur impact sur la qualité microbiologique du lait lié au transfert au lait des germes responsables de l'infection (dont certains comme *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*...peuvent être pathogènes pour l'homme), les mammites sont également à l'origine de modifications importantes de la composition chimique du lait. Elles entraînent en général, au moins chez la vache, une diminution de la teneur en lactose, une altération de la membrane des globules gras favorisant la lipolyse, une diminution de la teneur en caséines, une augmentation de la teneur en protéines solubles et en enzymes ainsi qu'une modification des équilibres salins [100], [101]. Ces effets résultent d'un dysfonctionnement de la glande mammaire entraînant un transfert accru de certains composés du sang vers le lait.

Selon [102], les troubles sanitaires ont tendance à augmenter avec le rang de lactation (à l'exception notable des difficultés de vêlage). Le début de lactation est la période la plus sensible.

IV.4.2 Stade physiologique

IV.4.2.1 Effet de l'âge au premier vêlage

Ce facteur agit plus sur la quantité que sur la composition du lait. Son effet est plus marqué sur les trois premières lactations et beaucoup moins sur les lactations suivantes [103]. Selon [80], l'âge au premier vêlage est associé au poids corporel lors de la première saillie, qui doit être d'environ 60 à 70% du poids adulte. Il est à signaler que le fait de diminuer le poids de la vache laitière entraînerait la diminution de la production laitière en 1ère lactation. D'autres auteurs ont montré que la grande variation de l'âge au premier vêlage est selon les races, les régions et les conduites d'élevage. (**Tableau 2**).

Tableau 2: Age moyen au vêlage selon les races, [104]

Races	Age au premier village
Montbéliarde, Flamande	2 ans et 8 mois
Française Frisonne, Pie Noire	2 ans et 7 mois
Normande, Saler Pie rouge d'Est	2 ans et 9 mois
Tarentaise, Brune des Alpes	2 ans et 10 mois
Jersyaise	2 ans et 3 mois

IV.4.2.2 Effet du numéro de lactation

La quantité du lait augmente de lactation en autre lactation jusqu'à la 4^{ème} ou la 6^{ème} lactation ; une augmentation de 40 à 50 % est à noter entre la première lactation et la lactation à la production laitière maximale ; au-delà de cette dernière, la quantité diminue. Le TB est au maximum en 2^{ème} lactation et il décroît lentement pour se stabiliser à partir de la 5^{ème} lactation, pour le TP, il reste stable au cours des lactations successives [105].

IV.4.2.3 Effet de stade de lactation

Après la période colostrale, la sécrétion du lait augmente pendant environ un mois, puis se maintient au cours des deux mois qui suivent pour diminuer progressivement jusqu'à de la période de lactation. Ces variations induisent des modifications importantes dans la coagulation et les performances de fabrication du fromage [106].

IV.4.3 Effet de l'alimentation

L'alimentation est le facteur extrinsèque le plus responsable de la qualité laitière mais aussi de sa quantité. Cette variation dépend de la nature d'aliment (fourrage, concentré), de son mode de distribution, de son aspect physique (grossier ou finement haché) et de son niveau d'apport en azote et en énergie. L'alimentation est parmi les facteurs sur lequel l'éleveur peut réagir facilement par rapport aux autres. Elle affecte plus la matière grasse (5 à 7% du lait) que les protéines (1 à 2%) [107].

IV.4.3.1 Effet de l'apport énergétique

Les apports énergétiques sont permis par une ingestion importante d'aliments concentrés et s'accompagnent d'une production laitière élevée. Une sous-alimentation qui correspond à un bilan énergétique fortement négatif, entraîne une diminution de la production laitière et de TP avec augmentation du TB [108]. Par ailleurs, il y a des aliments riches en énergie mais peuvent augmenter l'apport de TB comme l'indique [107] : l'ensilage de maïs est à l'origine de TB élevé, car il contient une proportion non négligeable de glucides pariétaux et est riche en lipides. [109] Trouve que le niveau d'apport énergétique reste le principal facteur de variation de TP.

IV.4.3.2 Effet de l'apport en matière grasse

L'apport de MG dans la ration alimentaire engendre une variation de la production et la composition du lait. Cette variation induit des modifications importantes dans les performances de la fabrication du fromage [108] ; [110].

Selon [111], la production laitière est maximale lorsque la ration contient 5% de lipides. L'addition de lipides réduit légèrement le pourcentage de protéines dans le lait avec 0,1%. L'excès de lipides peut diminuer l'ingestion totale, la production laitière et modifie la composition de la matière grasse du lait.

IV.4.3.3 Effet de la nature des apports alimentaires

La production et la composition du lait varient avec la nature des aliments (fourrage conservé, fourrage vert et concentré). Le maïs a conduit à des fromages plus blancs, légèrement plus fermes et noté globalement plus bas par les dégustateurs, par rapport à l'herbe, quel que soit son mode de conservation (foin/vert).

Chez les brebis, l'utilisation de l'ensilage de maïs a augmenté le nombre de spores butyriques mais n'a eu aucune conséquence sur les caractéristiques sensorielles des fromages [112]. Les fromages à base de lait d'ensilage étaient plus jaunes et légèrement plus amers que ceux à base de lait de foin. Les autres caractéristiques chimiques et sensorielles des fromages ne différaient pas entre les deux traitements.

La question de la conservation de l'herbe sous forme d'ensilage est depuis longtemps un sujet de débats au sein des filières fromagères d'AOC. Certains défauts spécifiques peuvent être observés avec des ensilages mal conservés [113], [114], en particulier en fabrication de pâte pressée cuite où la présence de spores butyriques dans l'ensilage et dans le lait peut conduire à des problèmes importants sur les fromages affinés (gonflements tardifs, mauvais goût et odeur) [115]. Lorsque les ensilages sont de bonne qualité les résultats semblent différents. Nous avons réalisé un essai [88] où l'herbe d'une même parcelle a été récoltée le même jour et conservée soit sous forme d'ensilage (avec adjonction d'un conservateur acide) soit sous forme de foin (séché en grange) (**Tableau 3**). Dans les deux cas, la qualité de conservation a été excellente et les apports nutritifs offerts aux animaux ont été calculés pour être équivalents. Des fromages de Saint-Nectaire ont été fabriqués dans une fromagerie expérimentale à partir du lait des vaches ayant consommé l'un ou l'autre des types de fourrages. Les fromages réalisés à partir du lait d'ensilage ont été plus jaunes et légèrement plus amers que ceux réalisés à partir du lait de foin. Les autres caractéristiques chimiques et

sensorielles des fromages n'ont pas été différentes entre les deux traitements. Ce résultat expérimental a été confirmé par des observations en fermes [116]. Ces travaux montrent que lorsque la conservation du fourrage est correctement réalisée et que les rations correspondantes sont correctement élaborées, le mode de conservation au sens strict n'a qu'un effet limité, en dehors de la couleur de la pâte, sur les caractéristiques sensorielles du fromage. Il est cependant possible que les effets de la conservation de l'herbe sous forme d'ensilage soient variables selon le type de fromage. Dans un essai récent [117], la distribution d'ensilage d'herbe comparativement à du foin a entraîné des différences sensorielles plus significatives sur des fromages de type Cantal que sur des fromages de type Saint-Nectaire.

Tableau 3: Effet de la conservation du fourrage sur les caractéristiques physico-chimiques et sensorielles des fromages [88] et [118]

Essai	1		2	
	Ensilage d'herbe	Foin	Ensilage d'herbe	Pâturage
Lait				
Taux Butyreux (g/Kg)	35,3	36,3	36,4	37,1
Taux Protéique (g/Kg)	33,6	33,5	28,7**	33,6
Fromage				
Extrait sec (%)	54,6	54,8	52,6	52,7
Gras/ Sec	52,3	52,0	54,1**	50,5
Texture ferme	4,6	4,5	4,3**	3,4
Texture collante	3,1	3,3	4,1*	3,5
Intensité du gout	5,4	5,3	5,0**	5,6
Intensité de l'odeur	5,2	5,2	4,6	4,4
Odeur piquante	-	-	1,3**	0,2
Amertume	3,5	3,2	1,5*	1,9
Indice de jaune	32,9**	29,9	24,7**	30,5

Chapitre 4

V. Analyse procustéenne généralisée

V.1 Introduction

Les caractéristiques sensorielles d'un fromage, qui regroupent l'apparence, la texture et la flaveur, sont des critères importants de l'acceptabilité du fromage. Parmi ces caractéristiques, la texture est la composante essentielle de la qualité sensorielle des fromages. Elle peut être évaluée par analyse sensorielle ou par des méthodes d'analyse instrumentales [8]; [9] ; [119] ; [120] ; [121]. Ces différentes méthodes ont permis de montrer que les propriétés de texture des fromages sont déterminées à la fois par les caractéristiques physicochimiques des laits mis en œuvre et par les paramètres technologiques de fabrication. En effet, des corrélations assez étroites ont été mises en évidence entre l'évolution de certains paramètres physico-chimiques et les modifications des propriétés texturales.

Les méthodes instrumentales peuvent fournir des informations sur la présence d'agents odorants dans le fromage, la définition de la qualité du fromage reste souvent incomplète à moins qu'un objectif sensoriel comme la caractérisation de l'aspect, l'arôme, la saveur des fromages et la texture est fournie [122]. Par conséquent, de nombreuses études sur le fromage combinent des mesures sensorielles pour mieux comprendre les propriétés des fromages [123], et dans certains cas, pour définir une relation entre composition et les caractéristiques de saveur [124].

L'Analyse Procustéenne Généralisée (APG) est une méthode statistique multi-variée qui est utilisée en évaluation des analyses sensorielles dans l'industrie alimentaire. APG offre un avantage en termes de diminution de la différence entre les panélistes et en rassemblant les données obtenues auprès de différents panélistes. Dans cette étude, l'objectif était de déterminer l'effet d'une période de jeûne avant l'abattage sur la sensibilité sensorielle.

V.2 Notions de bases relatives à l'analyse procustéenne généralisée

L'Analyse Procustéenne Généralisée (APG, ou Generalized Procrustes Analysis GPA en anglais) est souvent utilisée en analyse sensorielle avant une cartographie des préférences pour réduire les effets d'échelle et obtenir une configuration bi ou tridimensionnelle consensuelle (ou configuration moyenne). Cette méthode est aussi utilisée en marketing pour comparer les proximités entre les termes utilisés par différents experts/amateurs pour décrire des produits. L'APG est une technique multi variée utilisée pour analyser les données de différents panélistes [14]. Elle a été initialement développée pour être utilisée dans l'analyse des données générées par profil libre choix (PLC). Dans ce type d'épreuve, tous les sujets

dégustent les mêmes produits mais chacun utilise sa propre liste de descripteurs sensoriels. Les données relatives au juge j sont rangées dans la matrice X_j à I lignes (nombre de produits) et p_j colonnes (nombre de descripteurs du sujet j). L'APG est populaire parmi les professionnels sensoriels comme moyen de combiner les données de différents évaluateurs individuels. L'APG est particulièrement utile pour le profilage à choix libre ou le profilage flash, car elle peut accueillir différents nombres et types d'attributs parmi les évaluateurs. De plus, l'APG peut être utilisée pour décrire visuellement différents effets, tels que les différences de produits, l'accord des évaluateurs et la répétabilité. La signification de ces effets différents peut être testée avec des tests de permutation APG.

L'Analyse Procustéenne Généralisée égalise les termes attributs et l'utilisation de l'échelle utilisée dans les vocabulaires spécifiques aux panélistes de PLC. Au lieu d'utiliser des valeurs moyennes comme l'ACP, APG utilise des scores individuels pour tenir compte de toute variance. Puisque tous les panélistes évaluent les mêmes échantillons, les échantillons restent constants et ne varient pas [125]. Les matrices individuelles et de consensus sont généralement soumises à l'analyse en composantes principales (ACP) et projetées sur un espace dimensionnel inférieur. Cet espace fournit un point de vue pour comparer les données individuelles et visualiser le consensus. En théorie, on peut supposer que les processus de transformation matricielle aident à se concentrer sur les phénomènes perceptifs sous-jacents indépendants. Une APG ultérieure peut démontrer le produit / attribut et les scores du panéliste dans l'espace sensoriel. Combinée avec ANOVA, la reconnaissance de panélistes singuliers est simple. La représentation graphique d'APG est facile à interpréter car les vecteurs illustrent la distance entre les réponses des panélistes et l'origine. Cela indique également les relations entre les panélistes et les produits, y compris les différences de produits et l'accord des panélistes (indiquant les valeurs aberrantes, etc.). L'ACP par attribut peut également être effectué sur les données. Cependant, il n'est pas aussi agréable visuellement ni facile à interpréter en ce qui concerne l'accord des panélistes [125].

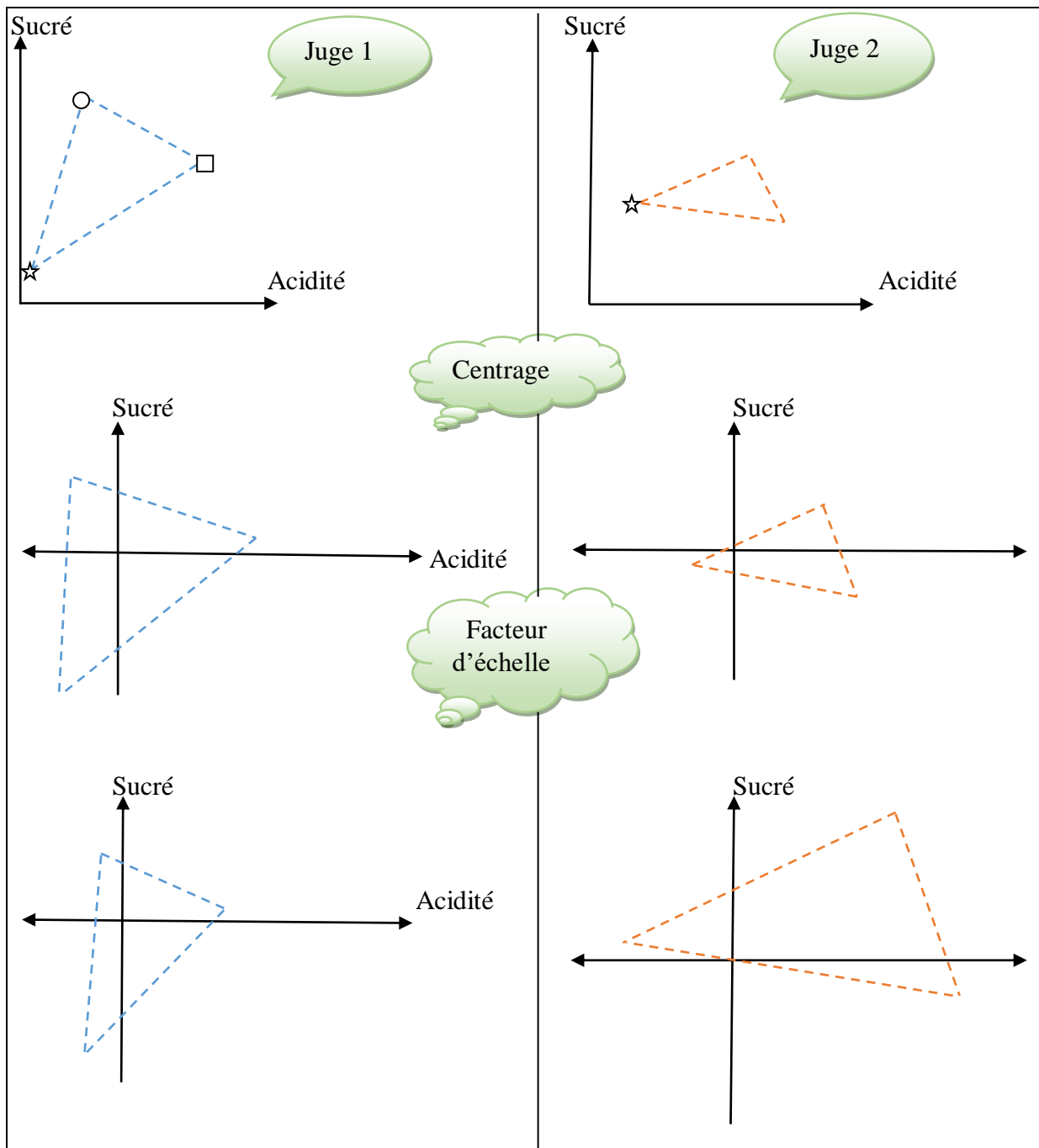


Figure 1: Représentation géométrique de la démarche de la méthode GPA (exemple avec deux juges) [125]

L'APG consiste à faire coïncider au mieux les polyèdres ABC de deux sujets en utilisant des transformations géométriques qui ne modifient pas les positions relatives des produits. Pour chaque couple de sujets on minimise la somme des carrés des distances entre les sommets correspondants.

$$D^2(\text{sujet}_1, \text{sujet}_2) = d^2(A_1, A_2) + d^2(B_1, B_2) + d^2(C_1, C_2)$$

Lorsqu'il y a plus de deux sujets on obtient une matrice de distances. Une stratégie possible consiste à effectuer une analyse factorielle d'un tableau de distances ou une classification automatique sur cette matrice. La seconde stratégie consiste à utiliser l'analyse procustéenne généralisée ou APG cette analyse ajuste chacune des configurations individuelles à une moyenne fournie par l'analyse. Cette configuration moyenne est interprétée comme le consensus du panel elle n'a de sens que si les sujets sont homogènes dans leurs jugements [71].

V.3 Le principe de l'analyse procustéenne généralisée (APG)

Le principe de la GPA est de déterminer un compromis C des configurations X_j en se basant uniquement sur les distances entre produits. Les descripteurs peuvent donc être différents d'un juge à l'autre. Cette méthode fonctionne également dans le cas particulier où les descripteurs sont les mêmes pour tous les sujets. Afin de faire coïncider au mieux les configurations des produits de chaque sujet entre elles, des transformations géométriques (rotations et dilatations/contractions) sont appliquées à chaque matrice X_j . La détermination de C revient à résoudre le problème d'optimisation suivant [126]; [127] :

$$\{C_{\text{Min}}, \alpha_j, H_j\} \sum (\alpha_j X_j H_j - C)^2$$

H_j est la rotation qui ajuste la configuration X_j au compromis

C et α_j sont les facteurs d'échelle associée à X_j .

L'APG corrige les différences artificielles de variance qui résultent de l'utilisation d'échelles différentes (ayant des plages différentes) dans différents panneaux. L'option de réduction de dimension fait référence à la méthode développée par [128], où la configuration du consensus est contrainte d'être d'une dimensionnalité inférieure à la pleine. La méthode par défaut, est l'approche "classique" de l'APG introduite par [14] en utilisant l'algorithme amélioré par [129]. Une dernière option d'entrée concerne un test de permutation, qui vérifie si le consensus trouvé est significatif, c'est-à-dire significativement meilleur que ce qui peut être obtenu à partir de données publiées par [130].

Une analyse des composantes principales avec 3 axes, permet de visualiser les positions relatives des échantillons ; il faut faire preuve de prudence dans l'interprétation non seulement en examinant la conformité du placement des produits, mais également en examinant le degré d'incrémentation entre les sujets pour chaque échantillon dont l'inspection visuelle peut être complétée par un test qui nous permet de voir si les produits sont significativement différents en regardant les coordonnées individuelles de chaque produit, d'effectuer toute analyse de

variance séparément pour chacun des axes réservés ou analyse MANOVA (Multiple Analysis of variance) sur tous les axes. Pour voir comment les produits diffèrent, il est nécessaire d'interpréter les axes conservés pour construire un consensus et dessiner des circuits de corrélation dans chaque plan spécifique [71].

V.4 Application de l'analyse procustéenne généralisée (APG) dans l'analyse sensorielle

Les spécialistes de l'alimentation utilisent souvent la méthode du profil. C'est la description des propriétés sensorielles d'un échantillon, consistant généralement à évaluer les descripteurs sensoriels en attribuant une valeur d'intensité à chaque descripteur. Les descripteurs sont généralement évalués dans l'ordre de la perception. Certains profils sensoriels mettent en jeu tous les sens, alors que d'autres (profils partiels) se concentrent en détail sur des sens spécifiques. La qualité des résultats dépend du nombre de sujets et de leur capacité à décrire leurs perceptions. De plus, comprendre quels attributs sont responsables de l'acceptation d'un produit est indispensable pour le développement de nouvelles techniques de fabrication. [131]. Par exemple, la compréhension des attributs peut être différente de l'un à l'autre, ou des attributs donnés ne peuvent pas être les évaluateurs les plus appropriés. Pour décrire les différences entre les échantillons détectés [132], ont décrit le profil à libre choix (PLC) afin d'éviter ces problèmes. Chaque évaluateur est invité à établir sa propre liste d'attributs, qui doivent signifier quelque chose pour lui, mais pas nécessaire pour quiconque. Le fondement du (PLC) est de supposé que les évaluateurs ressentent les mêmes différences entre les échantillons, mais les décrivent avec des vocabulaires différents. Ainsi, il est admissible de traduire, dilater et faire pivoter des configurations définies par les évaluateurs, car ces transformations gardent le rapport des distances. Les rotations établissent un lien entre les différents vocabulaires et enfin, chaque composante principale du consensus peut être référencée à chaque vocabulaire par des corrélations.

Partie 2 : Pratique

VI. Matériel et méthodes

VI.1 Contexte

L'évaluation sensorielle d'un aliment est l'étude systématique des réponses humaines aux propriétés physico-chimiques d'un produit alimentaire dont l'objectif principal est de contrôler la qualité d'un produit alimentaire afin de contribuer au développement de ce dernier. La qualité sensorielle d'un fromage dépend de certain nombre de facteurs liés à la fois à la technologie fromagère, les caractéristiques chimiques et microbiologiques de la matière première utilisée. Ces caractéristiques sont eux-mêmes dépendants de facteurs de la conduite des élevages, facteurs génétiques, facteurs physiologiques ...etc. Ces facteurs en amont sont de plus en plus au centre des préoccupations des consommateurs, en particulier ceux liés à l'alimentation des animaux et leurs origines génétiques. Ils prennent une importance particulière dans le cas de produits labellisés (appellation d'origine protégée, AOP), (indication géographique protégée, IGP) et les notions relatives au produits de terroir [133]. Il existe un lien entre les caractéristiques sensorielles du produit final et quelques unes des composantes du terroir comme l'environnement, l'alimentation, etc. [134].

VI.2 Objectif

Le fromage Bouhezza est un produit de terroir en cours de labellisation, consommé localement et un peu connu hors des communautés productrices, ou destiné à des marchés à la demande. L'objectif de l'analyse sensorielle était de déterminer si le fromage Bouhezza fabriqué à partir du lait de plusieurs espèces laitières (vache, brebis et chèvre) appartenant aux plusieurs races locale et étrangère pourrait être accepté par les consommateurs. Cette étude évalue donc les effets du génotype sur les caractéristiques sensorielles des fromages Bouhezza, en utilisant l'analyse procustéenne généralisée (APG), où cette analyse est un outil très important pour monter la relation entre produits et leurs attributs, tout en surveillant les performances des panélistes.

VI.3 Type de lait et échantillonnage

Deux génotypes de vache (locale = « métisse » et Holstein), deux génotypes de chèvres (local = « arbia ») et un seul génotype de brebis (locale = berbère) ont été inclus dans l'étude. Les laits de différents génotypes ont été collectés et acheminés vers un producteur artisanal pour la fabrication du fromage bouhezza.

VI.4 Analyse sensorielle

L'épreuve hédonique a été choisie pour pouvoir cerner les préférences des consommateurs finaux de produit. C'est un test simple à mettre en place et relativement peu coûteux, ce test « consommateurs » permet également de connaître le degré d'appréciation du fromage par les utilisateurs finaux. Cinq échantillons de fromage (B1, B2, B3, B4 et B5) ont été évalués en même temps, et l'évaluation a été réalisée dans deux essais. Le panel sensoriel était composé de 15 membres (7 hommes et 8 femmes), âgés de 23 à 45 ans, tous membres du personnel et étudiants en master de l'université. Six sessions de formation de 2 heures ont été réalisées sur une période de quatre semaines, axées sur l'identification et l'analyse des composants de fromage. La formation comprenait : la génération d'attributs sensoriels ; fixer le minimum et le maximum pour chaque attribut ; pratiquer l'utilisation d'échelles d'intensité pour l'évaluation des attributs sensoriels de différents types de fromages. L'épreuve de notation hédonique consiste à demander aux sujets d'évaluer leur appréciation du fromage sur une échelle de 1 (je déteste) à 9 (j'adore) pour 8 descripteurs spécifiques (couleur, odeur, goût acide, goût salé, flaveur, dureté, astringence et acceptabilité).

VI.5 Analyse statistique

On suppose que pour k panélistes ou évaluateurs X_k matrice représente la matrice de données de dimension $(n \times m)$, où n , m sont les nombres de produits (objets) et les caractéristiques (attributs), respectivement. Ainsi la matrice de données de chaque panéliste X_k se compose de n lignes de scores sur m caractéristiques. L'APG est la technique de faire correspondre deux configurations de n points en k dimensions par translation, rotation/réflexion, et éventuellement une mise à l'échelle isotrope. Les rotations ou réflexions sont calculées pour toutes X_k matrices pour s'adapter à la matrice moyenne du groupe. Le résultat du calcul sont indiqués dans la rotation matrice H_k . Après chaque calcul de matrice de rotation individuelle, la nouvelle matrice individuelle tournée ($X_k H_k$) et la matrice moyenne du groupe sont recalculées pour tous les k ensembles. Après ces calculs, les facteurs d'échelle isotropes (r_k) sont calculés pour chaque matrice X_k . Une configuration (k) est rétrécie lorsque $0 < r_k < 1$ et étiré lorsque $1 < r_k$. A cette étape, la méthode d'itération est utilisée. Mathématiquement, le processus de correspondance est exprimé en minimisant les distances entre les mêmes objets pour différents panélistes, dans les conditions que les distances entre les objets d'un expert ne peuvent pas changer [135].

L'APG utilise l'ANOVA pour identifier les effets des transformations. Après avoir terminé l'analyse, la dimension doit être réduite à 2 pour la présentation pratique de la configuration des objets. Pour la réduction dimensionnelle l'analyse des composantes principale ACP a été également réalisée. La configuration de consensus des échantillons permet de présenter graphiquement les résultats dans des cartes à deux dimensions (F1 et F2). Les matrices de données de 5 (échantillons de fromages) par 6 (attributs) pour 15 panélistes ont été regroupées pour trouver un consensus à l'aide du logiciel XLSTAT [136]. Les deux premiers axes obtenus dans la configuration consensuelle ont été interprétés.

VII. Résultats et discussion

Des différences significative ont été enregistrée entre les différents types de fromages pour l'ensemble des attributs sensoriels à l'exception de l'acceptabilité que ce soit l'origine du fromage, les dégustateurs ont attribué une note moyenne avec une variation non significative ($p > 0,05$). L'acceptabilité varie entre 4,80 et 6,10 respectivement pour Bouhezza à base du lait de brebis et Bouhezza à base du lait de vache race Holstein. La période de formation des évaluateurs a favorisé des résultats d'évaluation similaires entre les différents jurys.

L'utilisation du lait de la chèvre locale dans la fabrication du fromage bouhezza a diminué les scores moyens sensoriels relatifs à la couleur, l'odeur et la flaveur. Cette diminution était plus marquée pour l'odeur et la flaveur, dont la différence est hautement significative ($p < 0,01$). De même pour la dureté, le fromage à base du lait de chèvre locale était significativement moins dur en comparaison avec les autres types des fromages. Le fromage à base du lait de brebis ayant un goût plus acide et plus salé en comparaison avec les autres types des fromages ($p < 0,01$). L'astringence des différents types des fromages était significativement plus marquée dans le fromage à base du lait de chèvre de race « Alpine » ($p < 0,01$). Un total de 28 corrélations entre les différents descripteurs sensoriels a été calculé, parmi ces corrélations, 11 étaient significatives dont une corrélation était négative entre l'acceptabilité et le goût salé (**Tableau 5**).

Tableau 4: Effets du génotype sur quelques attributs de la qualité sensorielle des fromages (moyenne ± écart type).

Descripteurs	B1	B2	B3	B4	B5	<i>p</i>
Couleur	7,80 ^a ± 0,63	6,50 ^{ab} ± 1,35	5,40 ^{ab} ± 1,17	6,50 ^{ab} ± 0,70	6,50 ^b ± 1,50	0,001
Odeur	6,00 ^a ± 1,05	5,80 ^a ± 0,91	3,60 ^c ± 0,96	5,55 ^{ab} ± 1,87	4,10 ^{bc} ± 0,99	0,001
G. acide	6,50 ^{ab} ± 0,70	5,80 ^b ± 1,31	5,50 ^b ± 1,26	5,90 ^{ab} ± 1,59	7,60 ^a ± 1,83	0,013
G. salé	4,70 ^{ab} ± 0,48	5,10 ^b ± 0,87	5,50 ^b ± 1,08	6,10 ^{ab} ± 1,10	6,80 ^a ± 1,61	0,010
Flaveur	5,00 ^a ± 0,00	5,00 ^a ± 1,15	3,20 ^b ± 0,63	6,20 ^a ± 0,42	5,60 ^a ± 1,83	0,000
Dureté	5,30 ^{ab} ± 0,48	5,20 ^{ab} ± 0,91	4,30 ^b ± 0,82	5,77 ^a ± 0,97	5,10 ^{ab} ± 0,73	0,005
Astringence	4,50 ^c ± 0,70	5,10 ^{bc} ± 0,87	4,80 ^c ± 0,63	6,40 ^a ± 0,51	5,80 ^{ab} ± 0,63	0,000
Acceptabilité	6,10 ^a ± 1,37	6,00 ^a ± 1,76	5,00 ^a ± 1,24	6,20 ^a ± 1,38	4,80 ^a ± 1,31	0,083

G. Goût ; B1 : Bouhezza à base du lait de vache race Holstein ; B2 : Bouhezza à base du lait de vache race locale ; B3 : Bouhezza à base du lait de chèvre de race « Arbia » ; B4 : Bouhezza à base du lait de chèvre de race « Alpine » ; B5 : Bouhezza à base du lait de brebis de race « locale ». Les descripteurs sont hédonique ; les moyennes de la même ligne suivies de lettres distinctes (a/b) sont différentes au seuil de ($p < 0,05$) selon l'ANOVA suivie du test Post Hoc de Tukey.

Tableau 5: Coefficient de corrélation de Spearman entre les différents attribues sensoriels.

Variables	Couleur	Acceptabilité	Odeur	G. Acide	G. Salé	Flaveur	Dureté	Astringence
Couleur	1							
Acceptabilité	0,222	1						
Odeur	0,161	0,485**	1					
G. Acide	0,163	0,098	0,315	1				
G. Salé	-0,142	-0,302*	-0,171	0,224	1			
Flaveur	0,342*	0,256	0,361*	0,213	0,200	1		
Dureté	0,332*	0,216	0,312*	0,284*	0,124	0,536**	1	
Astringence	-0,081	-0,002	-0,092	0,172	0,373*	0,395*	0,247	1

Les coefficients de corrélation en gras sont significatives au seuil $\alpha=0,05$ (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$)

L'utilisation d'une analyse multi variée est un outil précieux pour réduire la colinéarité entre les variables. APG a été utilisée pour minimiser les différences entre les évaluateurs, ainsi d'identifier un consensus entre eux afin de résumer les résultats dans une représentation en 3 dimensions facilitant ainsi l'interprétation et l'identification des principales conclusions. Les évaluateurs ont défini six termes (descripteurs/attributs) pour décrire les différences entre des produits.

Le jeu de données est constitué de 5 lignes (échantillons de chaque génotype) et de 6 colonnes (attributs) qui ont été soumis à APG. Le premier résultat est le tableau PANOVA qui a été présenté dans le (**Tableau 6**). Le tableau PANOVA résume l'efficacité de chaque transformation APG en termes de réduction de la variabilité totale. En effet, la rotation a eu le plus grand effet significatif ($p = 0,037$) dans la réduction des écarts entre les panélistes soit un pourcentage de 45,25%, alors que cette contribution était respectivement de l'ordre de 26,90% et 10,02% pour la translation et la mise en échelle ($p < 0,01$). Le pourcentage de 17,81% a révélé un manque d'homogénéité ou une différence de sensibilité.

Tableau 6: PANOVA pour l'analyse sensorielle des fromages.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Résidus après mise à l'échelle	112	105,887	0,945		
Mise à l'échelle	14	59,592	4,257	4,502	< 0,0001
Résidus après rotation	126	165,479	1,313		
Rotation	210	268,975	1,281	1,355	0,037
Résidus après translation	336	434,453	1,293		
Translation	84	159,947	1,904	2,014	0,000
Total corrigé	420	594,400	1,415		

DDL : degré de liberté

Les résidus par échantillon de fromage après transformation sont presque identiques (**Tableau 7**). Néanmoins, les fromages à base du lait de vache race Holstein présentent le résiduel le plus faible. Cela indique qu'il y a très probablement un consensus entre les panelistes. Par contre le fromage à base du lait de vache race locale était le moins consensuel parmi les panelistes.

Tableau 7: Variance résiduelle pour chaque type du fromage lors de l'analyse sensorielle.

(Génotype x Fromage)	Résidu
B1	18,492
B2	23,929
B3	21,899
B4	22,401
B5	19,167

Les résidus étaient un peu hétérogènes entre les panélistes, en revanche, le jury 14 avait le résiduel le plus élevé (**Figure 2**) et son évaluation ne correspond pas au consensus, où plus la valeur est petite, plus le sujet est en accord avec le consensus.

Les valeurs dont le score est supérieur à 1 indiquent que le panéliste utilise un intervalle plus court de l'échelle que les autres. Alors que les valeurs dont le score est inférieur à 1 ont montré cette fois-ci que le panéliste a utilisé un intervalle d'échelle plus grand que les autres. En effet, deux groupes de jurys pourraient être regroupés. Le premier groupe de jurys à savoir : 1, 2, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 14 et 15 ont utilisé une partie plus large de l'échelle tandis que le deuxième groupe de jurys 6, 7, 8, 9 et 10 ont utilisé une partie plus étroite de l'échelle, une fois que leurs facteurs d'échelle étaient supérieurs et inférieurs à 1, respectivement (**Figure 3**).

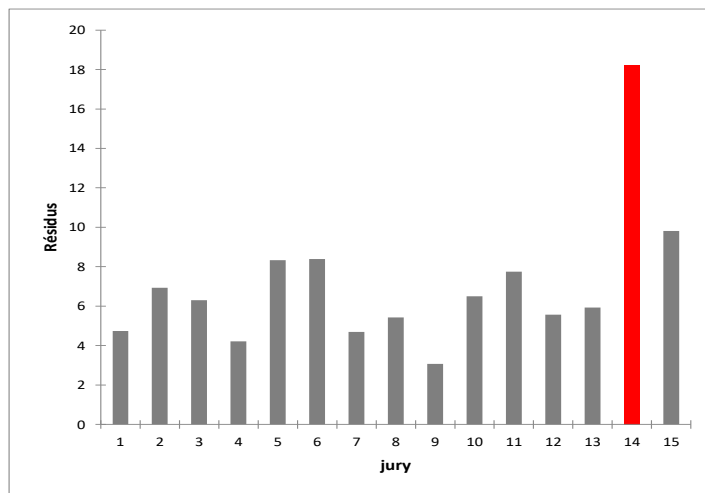


Figure 2: Histogramme des résidus de jury.

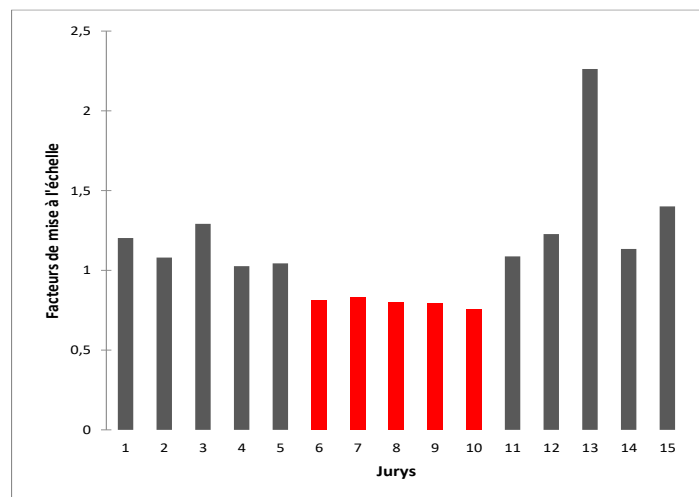


Figure 3: Facteurs de mise à l'échelle pour chaque jury.

Les valeurs propres pour les 4 facteurs ont été présentées dans le (**Tableau 8**). La valeur propre la plus élevée (8,5) a été trouvée pour le premier facteur suivi par le second facteur, avec une valeur propre de 3,80. Les valeurs propres expliquent de combien la variabilité correspond à chaque axe. Ainsi, il peut être conclu que les deux premières axes (c'est-à-dire F1 et F2), avec des valeurs propres supérieures à 1 ont été pris en compte, où les deux premiers axes factoriels ont expliqué l'information respectif de 61,26 et 27,45 % avec un cumul de 88,71% (**Tableau 7**). En revanche, la variance inexpliquée par ces deux facteurs (11,90 %) peut être négligée. Néanmoins, 88,7 % de la variance totale expliquée est largement suffisante pour la présentation des objets sur un plan à deux dimensions (F1 + F2). Dans l'étude réalisée par [137] selon les deux premières dimensions, la variance prise en compte était de 93 %. De même, [138]) ont rapporté que les deux premiers axes expliquent 84,29 % de la variance totale.

La matrice des poids factoriels contient les coefficients de corrélation permettant d'exprimer le poids et le signe de chaque descripteur sensoriel en fonction des composantes extraites (**Tableau 6**). Les descripteurs sensoriels fortement corrélés au premier facteur ($r > 0,9$) sont la couleur, l'odeur et la flaveur. Le second facteur attribue des coefficients négatifs à toutes les caractéristiques sensorielles sans aucune exception. Ce facteur caractérise l'astringence et le goût acide. En effet, l'accord (consensus) entre les évaluateurs est élevé pour les descripteurs couleur, odeur flaveur et goût acide, par contre il est faible pour la dureté et modéré pour l'astringence.

Tableau 8: Valeurs propres et corrélations entre descripteurs sensoriels et axe factoriel(F).

Axe factoriel					Corrélation entre axe factoriel et descripteurs sensoriels		
	F1	F2	F3	F4		F1	F2
V.P.	8,499	3,808	0,959	0,607	Couleur	0,903	0,385
Var. S.	61,260	27,451	6,911	4,378	Odeur	0,998	-0,045
Var. C.	61,260	88,711	95,622	100	G. Acide	0,347	-0,825
					Flaveur	0,919	-0,366
					Dureté	-0,074	-0,580
					Astringence	-0,577	-0,779

F : Facteur ; V.P : Valeur propre ; Var S. : variabilité simple ; Var C. : variabilité cumulée

D'après la (**Figure 4**), l'axe 1 oppose les fromages issus du lait de vache préférés par son couleur, odeur et saveur, et les fromages issus du lait des chèvres moins appréciés par le comportement des sujets surtout en odeur envers ces fromages. En effet, plusieurs études ont confirmé que les fromages fabriqués avec le lait des chèvres avaient un goût «de chèvre» plus fort que ceux à base de lait de chèvre Saanen [95, 96, 139]. Le second axe oppose schématiquement les fromages issus du lait des vaches et chèvres, et les fromages issus du lait des brebis. Cela indique que les panélistes ont distingué les fromages en provenance de différentes espèces. Par ailleurs, tous les types de fromage sont clairement séparés sur la (**Figure 4**), en particulier le fromage issu du lait des brebis, dont le point est à l'extrême coin bas du graphique. De plus, les évaluateurs considèrent que le fromage le plus acide et plus piquant est le fromage issu du lait des brebis. Ceci est en accord avec les travaux de Kondyli and Katsiari [140] qui ont montré l'influence de l'espèce à travers le lipolyse (très élevée dans le lait des vaches) et la composition en matières grasses, où le fromage issu du lait des

brebis contient plus d'acide acétique, alors que les fromages au lait de vache contiennent plus d'acide butyrique et des acides gras à chaîne moyenne et longue.

La (Figure 5) illustre la séparation des fromages en fonction de l'espèce et de la race, la plupart des points sont proches au premier axe car 61,26% de la variabilité est concentrée dans cette zone. De plus, presque tous les types fromages sont clairement séparés en fonction de leurs provenances des différentes espèces (vaches « vs » chèvres « vs » brebis), mais pas entre la race, où un très grand nombre des évaluateurs n'ont pas pu séparer les fromages issus du lait de race Holstein ou local. Ceci est en accord avec Verdier, Coulon [89] qui n'ont révélé aucunes différences sensorielles significatives entre Fromages au lait de vaches Holstein ou Montbéliarde, sauf la couleur, qui était plus jaune avec le lait Holstein. De même, pour le fromage issu du lait de la chèvre local ou importée.

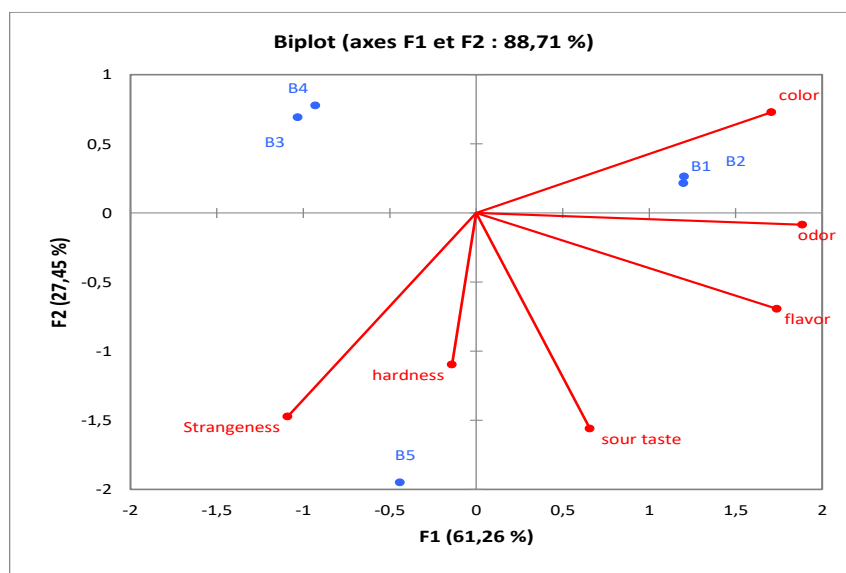


Figure 4: Carte de configuration des caractéristiques sensorielles et les groupes des fromages.

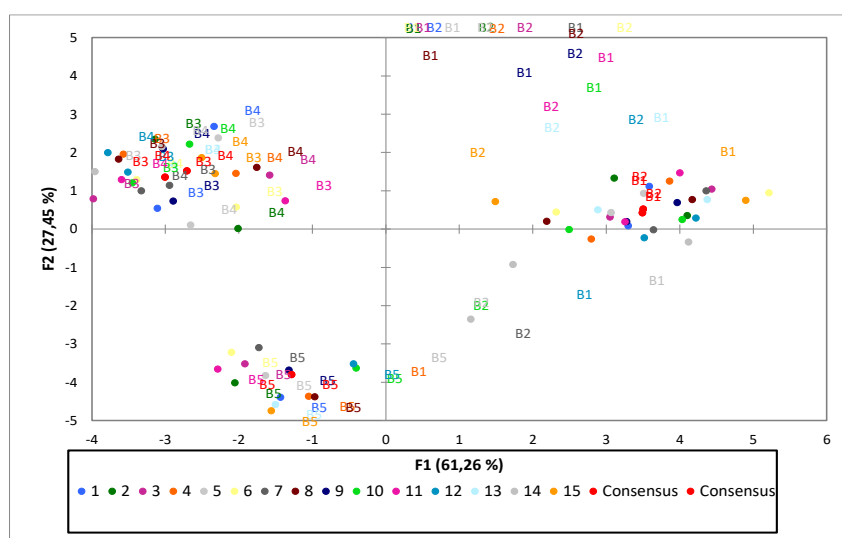


Figure 5: Configuration consensuelle, par objet (type du fromage : génotype = espèce/race).

Conclusion

VIII. Conclusion

Dans cette étude, les relations entre les panélistes, les génotypes et plus précisément l'effet d'espèce et de la race sur les variables sensorielles ont été examinés par APG. Nos résultats ont montré que deux dimensions ou facteurs représentaient 88,71 % des variations et il y avait des corrélations considérables entre les variables sensorielles, et les différentes espèces. Les résultats ont également indiqué que l'analyse des caractéristiques sensorielles des fromages Bouhezza issus de plusieurs types de lait en provenance de plusieurs espèces appartenant à plusieurs races peut fournir un outil utile pour l'évaluation de la qualité sensorielle des fromages. Cependant, les résultats ont montré certaines difficultés ou même un large désaccord dans la distinction des fromages Bouhezza à l'intérieur de la même espèce comme le cas des vaches et chèvres. Donc l'effet de l'espèce a eu un effet important sur la couleur, l'odeur et la saveur, et l'astringence dont les attributs étaient plus élevés dans le lait de vache à l'exception de l'astringence.

L'APG est une approche assez simple pour façonner les correspondances. Les algorithmes de faible complexité permettent une mise en œuvre facile. L'APG est un moyen d'alignement d'objets très similaires (variétés des fromages, et c'est aussi nous permet de traiter tous les descripteurs et tous les panélistes immédiatement. On peut suggérer que l'APG peut être utilisé avec succès pour distinguer les génotypes et les conditions d'élevage ou d'autres facteurs, où l'APG est également applicable dans la modélisation des relations entre les caractéristiques sensorielles et les autres variables de production. Ainsi, elle peut fournir aux chercheurs des informations précieuses. Cependant d'autres descripteurs et d'autres variables sont nécessaires pour mieux comprendre les relations entre les caractéristiques sensorielles le type du lait issus de plusieurs génotypes.

Références Bibliographiques

IX. Références bibliographiques

1. Cniel, C., *L'économie laitière en chiffres*. Cniel, Paris, 2007.
2. Linden, G. and J.-F. Chamba, *La typicité des fromages: une réalité, un objectif*. Sciences des aliments, 1994. **14**(5): p. 573-580.
3. Hennequin, D. and J. Hardy, *Relations composition-texture des fromages et définition des fromages à Appellation d'Origine Contrôlée (AOC)*. Industries alimentaires et agricoles, 1995. **112**(9): p. 647-651.
4. Lollo, P.C.B., et al., *Hypertension parameters are attenuated by the continuous consumption of probiotic Minas cheese*. Food Research International, 2015. **76**: p. 611-617.
5. Pereira, E.P.R., et al., *Effect of incorporation of antioxidants on the chemical, rheological, and sensory properties of probiotic petit suisse cheese*. Journal of Dairy Science, 2016. **99**(3): p. 1762-1772.
6. Dantas, A.B., et al., *Manufacture of probiotic Minas Frescal cheese with *Lactobacillus casei* Zhang*. Journal of Dairy Science, 2016. **99**(1): p. 18-30.
7. Xu, T., J. Flapper, and K.J. Kramer, *Characterization of energy use and performance of global cheese processing*. Energy, 2009. **34**(11): p. 1993-2000.
8. Creamer, L.K. and N.F. Olson, *Rheological evaluation of maturing Cheddar cheese*. Journal of Food Science, 1982. **47**(2): p. 631-636.
9. Hardy, J. and J. Scher, *Les propriétés physiques et organoleptiques du fromage* In A. Eck & J. C. Gillis (Eds.). Le fromage, Paris, France : Lavoisier., 1997: p. 3 ed., pp. 479-492.
10. Karoui, R. and É. Dufour, *Dynamic testing rheology and fluorescence spectroscopy investigations of surface to centre differences in ripened soft cheeses*. International Dairy Journal, 2003. **13**(12): p. 973-985.
11. Vassal, L., et al., *Relation entre le pH, la composition chimique et la texture des fromages de type Camembert*. Lait, 67(2) 1987: p. 173-185.
12. Totte, A., *L'analyse sensorielle en entreprise: pour qui? Dans quels buts ? Comment procéder ?*, 2008, Universitaire des Sciences Agroalimentaires de Gembloux: formation organisée par le Pôle Technologique Agro-Alimentaire (PTAA) en collaboration avec la Faculté p. 1-2.
13. Williams, A.A. and S.P. Langron, *The use of free-choice profiling for the evaluation of commercial ports*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1984. **35**(5): p. 558-568.
14. Gower, J.C., *Generalized procrustes analysis*. Psychometrika, 1975. **40**(1): p. 33-51.
15. Lavit, C., et al., *The act (statis method)*. Computational Statistics & Data Analysis, 1994. **18**(1): p. 97-119.
16. Abdi, H., et al., *STATIS and DISTATIS: optimum multitable principal component analysis and three way metric multidimensional scaling*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, 2012. **4**(2): p. 124-167.
17. Chambres, I., EDGAR and A. Robel, *Sensory characteristics of selected species of freshwater fish in retail distribution*. Journal of Food Science, 1993. **58**(3): p. 508-512.
18. Stampanoni, C.R., *Influence of acid and sugar content on sweetness, sourness and the flavour profile of beverages and sherbets*. Food Quality and Preference, 1993. **4**(3): p. 169-176.

19. Stampanoni, C.R., *The use of standardized flavor languages and quantitative flavor profiling technique for flavored dairy products*. Journal of Sensory Studies, 1994. **9**(4): p. 383-400.
20. Tomic, O., *Differences between generalised procrustes analysis and multiple factor analysis in case of projective mapping*, 2014, Norwegian University of Life Sciences, Ås.
21. Keskin, S., A. Kor, and S. Karaca, *Evaluation of sensory characteristics of sheep and goat meat by Procrustes Analysis*. Czech Journal of Animal Science, 2012. **57**(11): p. 516-521.
22. Rodrigues, S. and A. Teixeira, *Effect of breed and sex on pork meat sensory evaluation*. 2014.
23. St-Gelais, D. and P. Tirard-Collet, *Fromage*. Science et technologie du lait: transformation du lait, 2002: p. 349-415.
24. Stan, A.-. Amendé en 2006. Normes générales codex pour le fromage - Méthodes d'échantillonnages d'analyse., 1978: p. Pp 1-5.
25. Brule, G., Lenoir, G., Remeuf, F., *La micelle de caséine t la coagulation du lait*. In *Le fromage*. Ed., Eck A., , 1997: 3éme édition Tec et DOC Lavoisier, Paris. p. pp 7-41.
26. Brule G. et Lenoir J., *La coagulation du lait Dans le fromage d'ECK A Ed.* , 1987: Tec et doc. Lavoisier. Paris. . p. Pp (1-20). 539p.
27. Jeantet, R., et al., *Les produits laitiers*2007: Editions Tec & Doc Lavoisier.
28. Guiraud J.P., *Microbiologie alimentaire, édition DUNOD*, , 2003: Tec et Doc Lavoisier, Paris. p. Pp (136-137) 652p.
29. Hardy, J., *L'activité de l'eau et le salage des fromages*. Le Fromage, Édition Lavoisier, Technique et Documentation, Paris, 1997: p. 62-85.
30. Eck, A., Gillis, J.C. , *Le fromage*. Ed., Eck A.,, 1997 3éme édition Lavoisier, Paris, Tec et TOC. p. 891p.
31. Yakhlef, H., *La production extensive de lait en Algérie*. Options Méditerranéennes-Série Séminaires,(6), 1989: p. 135-139.
32. Arvanitoyannis, I.S., *HACCP and ISO 22000: Application to foods of animal origin*2009: Wiley Online Library.
33. Lahsaoui, S., *Etude de procédé de fabrication d'un fromage traditionnel (klila)*, 2009, Université El Hadj Lakhdar, Batna.
34. Leksir, C. and M. Chemmam, *Contribution à la caractérisation du klida, un fromage traditionnel de l'est de l'Algérie*. Livestock Research for Rural Development, 2015. **27**(5).
35. Mahamedi, A.E., Benlahcen, K. , *Etude des qualités: hygiénique, physicochimique et microbiologique des ferments et des beurres traditionnels destinés à la consommation dans différentes régions d'Algérie.*, 2015, Université d'Oran. Algérie. p. 111p.
36. Zitoun, O.A., et al., *Manufacture and characteristics of the traditional Algerian ripened bouhezza cheese*. Journal of Food, Agriculture & Environment, 2011. **9**(2 part 1): p. 96-100.
37. Aissaoui Zitoun, O., *Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien Bouhezza*. , 2014 Université Mentouri Constantine, Algérie (INATAA).
38. Saoudi, Z., *Caractérisation microbiologique et de la protéolyse du fromage traditionnel Algérien'Bouhezza'de ferme*. 2012.
39. Belbeldi, A., *Contributona la caractérisation du fromage Bouhezza: Contenu lipidique et vitamines*. Memoire de Diplôme en Sciences Alimentaires, Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA), Alger, 2013.

40. Lemouchi, L., Aissaoui Zitoun, O. , *Le fromage traditionnel Bouhezza : enquête dans la wilaya de Tébessa et suivi de l'évolution des caractéristiques physicochimiques de deux fabrications.* , 2007, Université de Constantine 1. Algérie. .
41. Rachef, R., *Caractérisation du fromage traditionnel algérien Bouhezza de ferme et de commerce.* , 2006, Université Mentouri Constantine. p. 57p.
42. Mc, O., H, Uc, A, Inata-A-. *Caractérisation microbiologique de la peau de chèvre utilisée dans la fabrication du fromage traditionnel Algérien «Bouhezza».* 2017.
43. Senoussi, A., *Caractérisation microbiologique de la peau de chèvre utilisée dans la fabrication du fromage traditionnel Algérien «Bouhezza».* 2013.
44. Zaidi, O., Zertal, M. et Zidoune, M.N. , *Présentation d'un fromage traditionnel bouhezza.* . Journal Algérien de Médecine. , 2000: p. 2: 96-101.
45. Zitoun, O.A., et al., *Bouhezza, a traditional Algerian raw milk cheese, made and ripened in goatskin bags.* Journal of Food, Agriculture and Environment, 2012. **10**(2): p. 289-295.
46. Licitra, G., et al., *Variability of bacterial biofilms of the "tina" wood vats used in the Ragusano cheese-making process.* Applied and environmental microbiology, 2007. **73**(21): p. 6980-6987.
47. Peryam, D.R. *Field testing of armed forces rations.* in *Food Acceptance Testing Methodology, A Symposium.* 1954. National Research Council, Advisory Board on Quartermaster Research and
48. Depledt, F. and F. Sauvageot, *Evaluation sensorielle des produits alimentaires.* Techniques de l'Ingénieur, 2002.
49. Lawless, H.T. and H. Heymann, *Sensory evaluation of food: principles and practices* 2010: Springer Science & Business Media, New York. p. 1-7.
50. Clark, S., et al., *The sensory evaluation of dairy products* 2009: Springer.
51. Stone, H., R. Bleibaum, and H. Thomas, *Sensory evaluation practices chap.1 introduction to sensory evaluation, 4ème éd.* , 2012, Elsevier Academic Press, San Diego, CA. p. p. 8, p. 15.
52. Giboreau, A., *De l'analyse sensorielle au jugement perceptif : l'exemple du touchet, Food and hospitality research,*, 2009, Université Claude Bernard, Lyon 1. p. p.11.
53. Urvoy, J.-J., S. Sanchez-Poussineau, and E. Le Nan, *Packaging: toutes les étapes du concept au consommateur* 2012: Editions Eyrolles.
54. Amerine, M.A., R.M. Pangborn, and E.B. Roessler, *Principles of sensory evaluation of food* 1965: Elsevier.
55. Le Magnen, J. and S. Tallon, *The spontaneous periodicity of ad libitum food intake in white rats.* Journal de physiologie, 1966. **58**(3): p. 323-349.
56. Stone, H., et al., *Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis.* Food Technology, 28(11),, 1974 **28**: p. 24-33.
57. Pangborn, R., et al., *Enzymes Responsible for Off-Flavor and Off-Aroma in Blanched and Frozen-Stored Vegetables I.* Biotechnology and Applied Biochemistry, 1989. **11**(1): p. 118-127.
58. Stone, H., & Sidel, J. L. , *Sensory evaluation practices* 2004, London, U.K.: Elsevier: Academic press.
59. Lawless, H.T., Heymann, H. ... , *chap. 1 introduction, 2ème éd. SPENGER, ? Sensory Evaluation of Food: principles and practices.* New York, ISBN : 978-1-4419-6487-8 / 978-1-4419-6488-5 2010: p. p. 1-7.
60. Bauer, W.J., R. Badoud, and J. Löliger, *Science et technologie des aliments: Principes de chimie des constituants et de technologie des procédés* 2010: PPUR Presses polytechniques.

61. Drake, M.A. and C.M. Delahunty, *Sensory character of cheese and its evaluation*, in *Cheese2017*, Elsevier. p. 517-545.
62. Kemp, S.E., T. Hollowood, and J. Hort, *Sensory evaluation: a practical handbook2011*: John Wiley & Sons.
63. MacDougall, J., et al., *Muscle fiber number in biceps brachii in bodybuilders and control subjects*. Journal of Applied Physiology, 1984. **57**(5): p. 1399-1403.
64. Murray, J. and C. Delahunty, *Mapping consumer preference for the sensory and packaging attributes of Cheddar cheese*. Food quality and preference, 2000. **11**(5): p. 419-435.
65. Maarse, H. and C. Visscher, *Volatile Components in Foods: Qualitative and Quantitative Data*. Vol. III. The Netherlands: Centraal Instituut Voor Voedingsonderzoek TNO, Zeist, 1989.
66. Drake, M., et al., *Cross validation of a sensory language for Cheddar cheese*. Journal of Sensory Studies, 2002. **17**(3): p. 215-227.
67. Engel, A., Y. Fujiyoshi, and P. Agre, *The importance of aquaporin water channel protein structures*. The EMBO journal, 2000. **19**(5): p. 800-806.
68. Warmke, R., H.-D. Belitz, and W. Grosch, *Evaluation of taste compounds of Swiss cheese (Emmentaler)*. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 1996. **203**(3): p. 230-235.
69. Foegeding, E., et al., *A comprehensive approach to understanding textural properties of semi-and soft-solid foods*. Journal of Texture Studies, 2011. **42**(2): p. 103-129.
70. Lawless, H.T. and H. Heymann, *Acceptance and preference testing*, in *Sensory evaluation of food1999*, Springer. p. 430-479.
71. Depled, F., *Évaluation sensorielle: manuel méthodologique2009*: Lavoisier Tec & Doc.
72. Pripp, A.H., *Applying Statistics to Food Quality*, in *Statistics in Food Science and Nutrition2013*, Springer. p. 25-39.
73. Strigler, F., et al., *Evaluation Sensorielle, manuel méthodologique, 3ème édition, chapitre Les épreuves discriminatives et descriptives*. Lavoisier, Collection sciences et techniques, 2009.
74. Raiffaud, C., *Produits" bio": de quelle qualité parle-t-on? annexe : 7 les épreuves sensorielles2010*: Educagri editions. p.186.
75. Pelonnier-Magimel, E., et al., *Sensory characterisation of wines without added sulfites via specific and adapted sensory profile*. OENO One, 2020. **54**(4): p. 671-685.
76. Cairncross, S.E., & Sjöström, L. B. , *Flavour profiles: A new approach to flavour problems*. Food Technology,. 1950: p. 4, 308-311.
77. Meilgaard, M., G. Civille, and B. Carr, *Controls for test rooms, product, and panel*. Sensory evaluation techniques, 1991: p. 23-36.
78. Jones, L.V., D.R. Peryam, and L.L. Thurstone, *Development of a scale for measuring soldiers' food preferences*. Food research, 1955. **20**: p. 512-520.
79. Nicks, B. *Le logement des vaches laitières*. in *Annales de médecine vétérinaire*. 1998. Université de Liège.
80. Wolter, R., *Alimentation de la vache laitière.-Paris: 2ème éd.* Alimentation des caprins dans la région de Fatick (Sénégal): Pratiques ressources, compléments alimentaires disponibles et possibilités d'amélioration, 1994: p. 255 p.
81. Grappin, R. and J. Coulon, *Terroir, lait et fromage: éléments de réflexion*. Rencon. Recher. Rumin, 1996. **3**: p. 21-8.
82. Pougheon, S. and J. Goursaud, *Le lait caractéristiques physicochimiques In DEBRY G. Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, 2007: p. 566p.*

83. Saidou, O., et al., *Analyse du peuplement herbacé de la station sahélienne expérimentale de Toukounous (Niger): composition floristique et valeur pastorale*. Sécheresse, 2010. **21**(2): p. 154-60.
84. Boujenane, I., *Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA) Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II*, 2003, BP.
85. Martin, B., P. Pradel, and I. Verdier-Metz, *Effet de la race (Holstein/Montbéliarde) sur les caractéristiques chimiques et sensorielles des fromages*. Rencontres autour des recherches sur les ruminants, 2000.
86. Macheboeuf, D., J.B. Coulon, and P. d'Hour, *Aptitude à la coagulation du lait de vache. Influence de la race, des variants génétiques des lactoprotéines du lait, de l'alimentation et du numéro de lactation*. INRA Productions Animales, 1993. **6**(5): p. 333-344.
87. Coulon, J.-B., et al., *Relationships between ruminant management and sensory characteristics of cheeses: a review*. Le Lait, 2004. **84**(3): p. 221-241.
88. Verdier-Metz, I., et al., *Effect of forage conservation (hay or silage) and cow breed on the coagulation properties of milks and on the characteristics of ripened cheeses*. Journal of dairy Research, 1998. **65**(1): p. 9-21.
89. Verdier, I., et al., *Effect of forage type and cow breed on the characteristics of matured Saint-Nectaire cheeses*. Le Lait, 1995. **75**(6): p. 523-533.
90. Garel, J.P., Coulon, J.B.,. *Effet de l'alimentation et de la race des vaches sur les fabrications de fromage d'Auvergne de SaintNectaire*. INRA Prod. Anim., 3, , 1990: p. 127-136.
91. Ronningen, K., *Causes of variation in the flavour intensity of goat milk*. Acta Agriculturae Scandinavica, 1965. **15**(3-4): p. 301-342.
92. Bakke, H., T. Steine, and Å. Eggum, *Flavour score and content of free fatty acids in goat milk*. Acta Agriculturae Scandinavica, 1977. **27**(3): p. 245-249.
93. Anonymous, *Flavour in goats' milk products*. Meieriposten, 65., 1976: p. 849-850.
94. Bakke, H., T. Steine, and A. Eggum, *Relationship between content of free fatty acids and flavour in goat's milk*. Meieriposten, 1976. **65**: p. 187-194.
95. Skjeldal, T., *Flavour of goat's milk: a review of studies on the sources of its variations*. Livestock Production Science, 1979. **6**(4): p. 397-405.
96. Bakkene, G., *Effect of crossbreeding on quality of goat's milk*. Meieriposten, 1985. **7**: p. 35-39.
97. Gonzalez Vinas, M., E. Esteban, and L. Cabezas, *Physico-chemical and sensory properties of Spanish ewe milk cheeses, and consumer preferences*. Milchwissenschaft, 1999. **54**(6): p. 326-329.
98. Pirisi, A., et al., *Rheological characterisation of Protected Denomination of Origin (PDO) ewe's milk cheeses*. Milchwissenschaft, 2000. **55**(5): p. 257-259.
99. Toureau, V., V. Bagieu, and A. LE BASTARD, *Une priorité pour la recherche: la qualité de nos aliments*. Les recherches sur la qualité du fromage. INRA mission communication, 2004.
100. Munro, G.L., P. Grieve, and B. Kitchen, *Effects of mastitis on milk yield, milk composition, processing properties and yield and quality of milk products*. Australian Journal of Dairy Technology, 1984.
101. Coulon, J.B. and A. Priolo. *Influence of forage feeding on the composition and organoleptic properties of meat and dairy products: bases for a "terroir" effect*. in *Multi-function grasslands: quality forages, animal products and landscapes. Proceedings of the 19th General Meeting of the European Grassland Federation, La Rochelle, France, 27-30 May 2002*. 2002. Organizing Committee of the European Grassland Federation.

102. Faye, B., et al., *Incidence des troubles sanitaires chez la vache laitière: bilan de 20 années d'observation dans 3 troupeaux expérimentaux*. INRA Productions Animales, 1994. **7**(3): p. 191-206.
103. Craplet, C. and M. Thibier, *In la vache laitière. 2 ème édition*. Vigot frères, 1973: p. 720p.
104. Gaci, A., . *Incidence des pratiques d'alimentation de reproduction sur la production laitière : cas du troupeau bovin de la ferme pilote Imekras (W. Tipaza)*. , 1995, Agro. NIA. (El-Harrach). Alger. p. 74p.
105. Ait-Saidi, A., et al., *Comparison of manual versus semiautomatic milk recording systems in dairy goats*. Journal of dairy science, 2008. **91**(4): p. 1438-1442.
106. Sérieys, F., *Le tarissement de la vache laitière. 2 ème Ed*. France Agricole Paris, 1997. **224**: p. 61-73.
107. Li, X., S. Jervis, and M. Drake, *Examining extrinsic factors that influence product acceptance: a review*. Journal of Food Science, 2015. **80**(5): p. R901-R909.
108. Araba, A.O., *Alimentation des vaches laitières Gestion des taux butyreux et protéique du lait Rv : Agriculture du Maghreb, Juillet –Août 2009, n° 37,, 2009: p. P 86-88*.
109. Wolter, R., *Alimentation de la vache laitière. 3eme Ed: France Agricole*, 1997, Paris.
110. Mannai, H., *Impact du profil en acides gras de la ration des vaches laitières sur la teneur en matière grasse du lait en conditions commerciales*. 2015.
111. Wattiaux, M., *Composition et valeur nutritive du lait*. Université du Wisconsin A Madison, 2000.
112. Cavani, C., et al., *Effects of a complete diet on the qualitative characteristics of ewe milk and cheese*. Small Ruminant Research, 1991. **5**(3): p. 273-284.
113. Urbach, G., *Effect of feed on flavor in dairy foods*. Journal of dairy science, 1990. **73**(12): p. 3639-3650.
114. Forss, D. *Effects of feed on flavour of dairy products*. in *Milkfat Flavour Forum. NZ Dairy Res. Inst., Palmerston North, New Zealand*. 1992.
115. Demarquilly, C., *Ensilage et contamination du lait par les spores butyriques*. Productions animales, 1998. **11**(5): p. 359-364.
116. Agabriel, C., et al., *Variabilité des caractéristiques des fromages saint-nectaire fermiers: relations avec la composition du lait et les conditions de production*. Le Lait, 1999. **79**(3): p. 291-302.
117. Verdier-Metz, I., P. Pradel, and J. Coulon. *Influence of the forage type and conservation on the cheese sensory properties*. in *Multi-function grasslands: quality forages, animal products and landscapes. Proceedings of the 19th General Meeting of the European Grassland Federation, La Rochelle, France, 27-30 May 2002*. 2002. Organizing Committee of the European Grassland Federation.
118. Verdier-Metz, I., et al., *Effect of the botanical composition of hay and casein genetic variants on the chemical and sensory characteristics of ripened Saint-Nectaire type cheeses*. Le Lait, 2000. **80**(3): p. 361-370.
119. Karoui, R., É. Dufour, and J. De Baerdemaeker, *Common components and specific weights analysis: A tool for monitoring the molecular structure of semi-hard cheese throughout ripening*. Analytica chimica acta, 2006. **572**(1): p. 125-133.
120. Karoui, R., A. Laguet, and É. Dufour, *Fluorescence spectroscopy: A tool for the investigation of cheese melting-Correlation with rheological characteristics*. Le Lait, 2003. **83**(3): p. 251-264.
121. Vassal, L., Monnet, V., Le Bars, D., Roux, C., & Gripon, J. C., *Relation entre le pH, la composition chimique et la texture des fromages de type Camembert*. . Lait, 67(2) 1987: p. 173–185.

122. Nielsen, R.G., et al., *Progress in developing an international protocol for sensory profiling of hard cheese*. International journal of dairy technology, 1998. **51**(2): p. 57-64.
123. Engel, E., et al., *Taste active compounds in a goat cheese water-soluble extract. 2. Determination of the relative impact of water-soluble extract components on its taste using omission tests*. Journal of agricultural and food chemistry, 2000. **48**(9): p. 4260-4267.
124. Hulin-Bertaud, S., et al., *Sensory and compositional relationships between commercial Cheddar-flavored enzyme-modified cheeses and natural Cheddar*. Journal of Food Science, 2000. **65**(6): p. 1076-1082.
125. Xiong, R., et al., *Permutation tests for generalized procrustes analysis*. Food quality and preference, 2008. **19**(2): p. 146-155.
126. Qannari, E., et al., *Comparaison de trois stratégies de détermination d'un compromis en évaluation sensorielle*. 4ièmes Journées Agro-Industries et Méthodes Statistiques. A. G. Agro-Industrie. Dijon, 7-8 December 1995, 1995. **45**(1): p. 59-66.
127. Qannari, E., et al., *Comparaison de trois stratégies de détermination d'un compromis en évaluation sensorielle*. Revue de statistique appliquée, 1997. **45**(1): p. 61-74.
128. Peay, E.R., *Multidimensional rotation and scaling of configurations to optimal agreement*. Psychometrika, 1988. **53**(2): p. 199-208.
129. Ten Berge, J.M., *Orthogonal Procrustes rotation for two or more matrices*. Psychometrika, 1977. **42**(2): p. 267-276.
130. Wakeling, I.N., M.M. Raats, and H.J. MacFIE, *A new significance test for consensus in generalized procrustes analysis*. Journal of Sensory Studies, 1992. **7**(2): p. 91-96.
131. Chollet, S., et al., *Sort and beer: Everything you wanted to know about the sorting task but did not dare to ask*. Food quality and preference, 2011. **22**(6): p. 507-520.
132. Williams, A.A. and S.P. Langron, *The use of free-choice profiling for the evaluation of commercial ports*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1984. **35**(5): p. 558-568.
133. Grappin, R. and J. Coulon, *Terroir, lait et fromage: éléments de réflexion*. Rencontres Recherches Ruminants, 1996. **3**: p. 21-28.
134. Martin, B., S. Buchin, and C. Hurtaud, *Conditions de production du lait et qualités sensorielles des fromages*. Productions animales, 2003. **16**(4): p. 283-288.
135. Dijksterhuis, G., *Procrustes analysis in sensory research*. Data Handling in Science and Technology, 1996. **16**: p. 185-219.
136. XLSTAT, A., *Analyse de données et statistique avec MS Excel*. Addinsoft, New York, 2014.
137. Rodrigues, S. and A. Teixeira, *Effect of sex and carcass weight on sensory quality of goat meat of Cabrito Transmontano*. Journal of Animal Science, 2009. **87**(2): p. 711-715.
138. Kor, A. and S. Keskin, *Quality and sensory evaluation for goat meat using generalized procrustes analysis*. Journal of Animal and Veterinary Advances, 2011. **10**(10): p. 1313-1316.
139. Auldish, M., et al., *Effect of cow breed on milk coagulation properties*. Milchwissenschaft, 2002. **57**(3): p. 140-143.
140. Kondyli, E. and M. Katsiari, *Differences in lipolysis of Greek hard cheeses made from sheep's, goat's or cow's milk*. Milchwissenschaft, 2001. **56**(8): p. 444-445.