

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

N°:



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCE LIMENTAIR

**OPTION : QUALETE DES PRODUIT ET SECURETE
ALIMENTAIR**

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master professionnelle

Par :Bahache Ayoub

Attoui Mourad

Barkat Ahmed

Intitulé

**Evaluation des propriétés physico-chimiques et sensorielles
du yaourt étuvé et brassé fabriqués à la laiterie HODNA de
M'sila.**

Soutenu devant le jury composé de:

Dr. BOUBKEUR Hafsa

Université de M'sila

Président

Dr. BENMIRI Yamina

Université de M'sila

Rapporteuse

Dr. ARIECH Mounira

Université de M'sila

Examinatrice

Année universitaire:2021/2022

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, nous tenons à remercier « Allah » qui éclaire mes chemins, qui nous a donné la force, la volonté et la patience pour terminer ce modeste travail.

Nous tenons à remercier Dr. BEN MIRI Yamina, maitre de conférences à la faculté des Sciences de M'sila pour avoir accepté de diriger ce travail et pour tous ses conseils avisés. Que mes vifs remerciements aillent à Monsieur Bakhti Zakaria, Cogérant de la Laiterie HODNA de M'sila pour nous avoir permis de réaliser une partie de mon travail au sein de son entreprise.

Nous remercions également Monsieur MENSSOR Mbarek, Ingénieur à la laiterie HODNA, pour son aide précieuse et sa disponibilité.

Que tous les participants des séances d'évaluation sensorielle trouvent ici, l'expression de notre sincère gratitude pour leur disponibilité et leur application.

Nous exprimons notre reconnaissance à Dr. ARIECH Mounira (Maître de Conférences) qui nous fait l'honneur d'être les examinateurs de ce mémoire. Nous remercions également Dr. BOUBKEUR Hafsa (Maître de Conférences) qui a accepté de présider le jury

DEDICACE

Je dédie ce travail à :

*Mes chers parents que je remercie infiniment pour leur aide et d'être
toujours à mes côtés.*

*Mon cher frère, ishak, Mon cher frère aîné younes et sa femme, Ma sœur,
et leurs enfants qui ont toujours été là pour moi*

*A la mémoire de mon père ismail, que le Dieu le garde dans son vaste
paradis.*

*Mes amies :Aymen , Amine , Moussa , Abdelhak, Oussama , Yacine ,
et Tous mes amis sans exceptions.*

Mes amis du sport.

Mes collègues d'étude au niveau de l'université de M'sila

*A tous ce qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce
travail.*

Bahache Ayoub

DEDICACE

Je dédie ce travail à :

A mes très chers parents,

Pour toutes les peines et les sacrifices qu'ils se sont donnés pour me voir réussir

dans la vie

A Tous mes frères et toutes mes soeurs

A Tous mes collègues les vétérinaires, Tous mes collègues d'étude au niveau de

l'université de M'sila

A Tous mes amis sans exceptions

Et à tous ceux qui me sont chers,

Je dédie ce travail..

Barkat Ahmed

DEDICACE

Je dédie ce travail à :

A mes très chers parents,

Pour toutes les peines et les sacrifices qu'ils se sont donnés pour me voir réussir

dans la vie

A Tous mes frères et toutes mes soeurs

A Tous mes collègues les enseignants de l'école, Tous mes collègues d'étude au

niveau de l'université de M'sila

A Tous mes amis sans exceptions

Et à tous ceux qui me sont chers,

Je dédie ce travail...

Atoui Mourad

Résumé

L'objectif de ce travail est l'évaluation des propriétés physico-chimiques (pH, l'extrait sec total, et la teneur en matière grasse, et l'acidité titrable) et sensorielles de yaourt étuvé et brassé au niveau de l'entreprise "SARL HODNA-LAIT" de la wilaya de M'sila. Les résultats obtenus se concorde avec les normes fixées. Les analyses sensorielles obtenus avaient montré ont été appréciés auprès les dégustateurs.

Mots clés : yaourt étuvé, yaourt brassé, évaluation physico-chimique, analyse sensorielle.

Abstract

The objective of this work is the evaluation of the physico-chemical properties (pH, total solids content, and fat content, and titratable acidity) and sensory properties of steamed and stirred yogurt at the enterprise level. "SARL HODNA-LAIT" of the wilaya of M'sila. The results obtained comply with established standards. The sensory analyzes obtained had shown that they were appreciated by the tasters.

Keywords: steamed yogurt, stirred yogurt, physico-chemical evaluation, sensory analysis.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تقييم الخواص الفيزيائية والكيميائية (الرقم الهيدروجيني، المستخلص الجاف الكلي، ومحتوى الدهون، والحموضة المعاييرة) والحسية لزبادي المزوج والتخمير على مستوى الشركة "SARL HODNA-LAIT" ولاية المسيلة. النتائج التي تم الحصول عليها تتفق مع المعايير الثابتة. وقد أظهرت التحليلات الحسية التي تم الحصول عليها موضع تقدير مع المتذوقين.

الكلمات المفتاحية: زبادي تخمير، زبادي ممزوج ، تقييم الفيزيائي الكيميائي ، التحليل الحسي

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

°C : Degré Celsius

°D : Degré Dornic.

ACP : Analyse en Composantes Principales.

AFNOR : Association française de normalisation

Ca : Calcium

CAH : Classification Ascendante Hiérarchique.

cm : Centimètre

d : Densité

DCL : Désoxycholate citrate lactose

EST : Extrait sec total.

FAO : Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (Food and Agriculture Organization).

ISO : Organisation internationale de normalisation (International Organization for Standardization)

JAR : Just About Righ.

K : Potassium.

kcal : Kilocalorie

kg : Kilogramme

kJ : Kilojoule

Lb : *Lactobacillus Bulgaricus*

MG : Matière Grasse.

ml : Millilitre.

N : Normalité.

Na : Sodium

NaOH : Hydroxyde de sodium.

nd : Non déterminé.

NF : Norme Française.

NSA : Nutrition et sciences des aliments.

OMS : Organisation mondiale de la Santé.

pH : Potentiel d'Hydrogène.

PREFMAP : Preference Mapping.

QPSA : Qualité des produits et sécurité alimentaire

SARL : Société privé à responsabilité limitée.

St : *Streptococcus Thermophilus*

Liste des figures

Figure 1. Diagramme des principales étapes de fabrication du yaourt.	7
Figure 2. Vue d'ensemble des différentes épreuves de la métrologie sensorielle en fonction de l'objectif	12
Figure 3. Déroulement de l'évaluation sensorielle.....	16
Figure 4. Pouvoir discriminant par descripteur, des produits de yaourt obtenu.....	21
Figure 5. Coefficients des modèles du yaourt étuvé, codé A1.	22
Figure 6. Coefficients des modèles du yaourt brassé, codé B1.	23
Figure 7. Les caractéristiques “attributs sensoriels” pénalisées pour le yaourt étuvé, codé A1.	25
Figure 8. Les caractéristiques “attributs sensoriels” pénalisées pour le yaourt brassé, codé B1.	26
Figure 9. Profil des différentes classes crée de panel naïf, selon les notations de préférence des yaourt étuvé et brassé.	28
Figure 10. La corrélation entre les variables et les facteurs du panel expert, pour les produits de yaourt étuve et brassé.	29
Figure 11. La carte des préférences et la courbe de niveau des produits étudiés.	30

Listes des tableaux

Tableau 1. La composition chimique du yaourt.....	3
Tableau 2. Valeurs du pH.....	18
Tableau 3. Valeurs de l'EST.	18
Tableau 4. Valeurs de la matière grasse.....	19
Tableau 5. Valeurs de l'acidité titrable.	19
Tableau 6. Moyennes ajustées par produit.	24

Sommaire

Résumé	i
Abstract	i
ملخص	i
Liste des abréviations	ii
Liste des figures	iii
Listes des tableaux	iv
Introduction	Erreur ! Signet non défini.
I. Le yaourt	2
I.1. Définition de yaourt	2
I.2. Classification de yaourt	2
I.3. Les bactéries caractéristiques du yaourt	3
I.4. La composition chimique du yaourt	3
I.5. Technologie du yaourt	4
I.5.1. La préparation du lait	4
I.5.1.1. Choix du lait	4
I.5.1.2. Reception et stockage	4
I.5.1.3. La standardisation en matière grasse	4
I.5.1.4. Enrichissement en matière sèche	5
I.5.2. Pasteurisation	5
I.5.3. Homogénéisation	5
I.5.4. Ensemencement	5
I.5.5. Conditionnement	6
I.5.6. Fermentation	6
I.5.7. Stockage	6

I.6.	Qualités du yaourt	7
I.6.1.	Aspects physico-chimiques	7
I.6.2.	Aspects hygiéniques	7
II.	Analyses sensorielles	9
II.1.	Définition.....	9
II.2.	Domaines d'application des analyses sensorielles	9
II.2.1.	La recherche et le développement	9
II.2.2.	Le marketing.....	10
II.2.3.	Le contrôle de qualité	10
II.3	Propriétés sensorielles	10
II.4.	Les Méthodes d'évaluation sensorielles	11
II.4.1.	Les méthodes descriptives	11
II.4.2.	Les méthodes discriminatives.....	11
II.4.3.	Les méthodes hédoniques	11
1.	Lieu de travail.....	13
1.1.	Présentation de l'unité.....	13
2.	Matériel et méthodes	13
2.1.	Matériel	13
2.1.1.	Appareillage utilisé	13
2.1.2.	Produits chimiques	14
2.2.	Méthodes d'analyse.....	14
2.2.1.	Matière première	14
2.2.1.1.	Analyses physico-chimiques	14
2.2.1.1.1.	Mesure du pH	14
2.2.1.1.2.	Détermination de taux de l'Extrait Sec Total (EST).....	14
2.2.1.1.3.	Détermination de la teneur en matière grasse	14
2.2.1.1.4.	Détermination de l'acidité titrable.....	15

2.2.1.2. Analyses sensorielles.....	15
2.2.1.2.1. Les sujets	15
2.2.1.2.2. Les produits	16
2.2.1.2.3. Le questionnaire	16
2.2.1.2.4. Déroulement des séances de dégustation	16
2.2.1.2.5. L'analyse statistique	17
Résultats et discussion.....	Erreur ! Signet non défini.
1. Les analyses physico-chimiques	18
1.1. Mesure du pH	18
1.2. Détermination de la matière grasse sur l'Extrait Sec Total.....	18
1.3. Détermination de la teneur en matière grasse	19
1.4. Détermination de l'acidité titrable.....	19
Le lait reconstitué	19
2. Lesanalyses sensorielles	20
2.1 La caractérisation des produits	20
2.1.1. Pouvoir discriminant par descripteur 'attribut sensoriel'	20
2.1.2. Coefficient des modèles	21
2.1.3. Moyennes ajustées par produit	24
2.2. L'Analyse de pénalités	25
2.3. La cartographie externe de préférence (PREFMAP)	27
2.3.1. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)	27
2.3.2. Analyse en composantes principales (ACP)	28
2.3.3. Synthèse cartographie externe de préférence	29
Conclusion.....	31
Références Bibliographiques.....	30
Annexes	35

INTRODUCTION

Le yaourt étant d'origine turc, a fait son apparition en nutrition humaine à partir de l'année 1542. Ce produit avant de connaître une consommation de niveau industriel, n'était qu'un simple produit issu d'une fabrication traditionnelle par les crémeries ainsi que les producteurs de lait. C'est à partir du milieu du XXème siècle, que les industriels se sont mis à produire en masse des yaourts, diminuant ainsi son côté traditionnel. Aujourd'hui, le yaourt est considéré comme un produit de large consommation, car celui-ci est consommé par près de 90% des populations du monde. Le yaourt représente la moitié du marché de l'ultra-frais (**Marcel et al., 2008**).

Les industriels sont contraints de faire face à une demande de plus en plus exigeante et perpétuellement changeante. Les processus de fabrication du yaourt, même si leur principe de base, demeure le même, sont complexes, en perpétuelle évolution, car, ils intègrent, à chaque fois, des nouvelles connaissances, les progrès, réalisés dans des domaines variés tels que : la Biologie moléculaire, la Biotechnologie, la chimie, la Biophysique (**Angelov et al., 2009**). En Algérie, le yaourt est fabriqué partiellement ou entièrement à base de lait en poudre (lait recombiné), de point de vue consistance du produit ont distingué des yaourts brassés plus ou moins fluide, yaourt ferme (formation du gel des protéines sous l'action d'acidité) et à un degré moins des yaourts fluide (mousse) à boire.

Le yaourt, apparaît comme un produit laitier très digeste, qui possède une, grande valeur nutritionnelle et qui est apprécié pour son goût et sa texture. C'est un produit consommé la plupart du temps comme un dessert, car il convient à toutes les tranches d'âge et même chez les sujets intolérants au lait (**Schmidt et al., 1994**).

La production , à l'échelle industrielle du yaourt et sa conservation au froid, durant sa mise en vente, pose le problème de viabilité des ferments lactiques, des modifications touchant le pH, la concentration d'acide lactique, la rhéologie du produit, et par conséquent des modifications des caractéristiques gustatives (**Irkin et Eren,2008**), ce qui conduit à des défauts d'ordre organoleptique et hygiénique du produit par modification des nombres des flores lactiques viables finales (**Abdelmalek et al., 2009**) et la détérioration de la qualité hygiénique du produit (**Saint-Eve et al., 2008**). Dans ce contexte précis, se situe le but de notre étude, ou nous avons fixé, comme objectif préalable, l'exploration de la qualité physico- chimique par réalisation de tests physico-chimiques et microbiologique par recherche des flores et espèces contaminantes.

Le présent mémoire est reparti en deux chapitres, dont le premier est relatif à une synthèse bibliographique, alors que le second est consacré à la partie expérimentale.

Etude Bibliographiques

I. Le yaourt

I.1. Définition de yaourt

Le yaourt est "un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique, par l'action de sous-espèce *bulgaricus* (Lb. *Bulgaricus*) et de *Streptococcus salivarius*, sous-espèce *thermophilus* (St. *Thermophilus*) du lait (pasteurisé, concentré, partiellement dégraissé, enrichi en extraits secs)" (**FAO (1975)**). La teneur en matières grasses est variable selon le lait et les produits laitiers ajoutés utilisés pour sa fabrication. Il peut être nature, sucré ou non, ou contenir des ingrédients autres que laitiers, mais pas plus de 30 % du poids final du yaourt (tranches de fruits, miel, confiture, arômes naturels ou synthétiques autorisés, etc.). Ces ingrédients sont pasteurisés ou stérilisés avant d'être ajoutés (**Bourlioux et al., 2011**).

La législation de nombreux pays exige que les bactéries du yaourt soient vivantes dans le produit mis en vente. Certains pays néanmoins admettent qu'à la suite d'un traitement thermique destiné à améliorer la durée de conservation, le produit ne contienne plus de bactéries vivantes. Cette pratique n'est toutefois pas recommandable, car elle modifie les propriétés du yaourt (**Benhammou et Latifa, 2019**).

I.2. Classification de yaourt

Il existe une très grande variété de yaourts qui diffèrent par leur composition chimique, leur technologie de fabrication et par leur saveur (**Etievant et Delolme, 2011; Dedaf, 2014; Merabet et Belgherissi, 2017**) :

- **Le yaourt ferme** : La fermentation a eu lieu en pots, se sont généralement les yaourts nature et aromatisé. Toute adjonction de fruits ou d'arôme est réalisée avant que la fermentation débute.
- **Le yaourt brassé** : La fermentation a eu lieu en cuve avant brassage et conditionnement. C'est le cas de yaourt veloutés nature ou aux fruits. Ici l'ajout des fruits ou d'arômes est réalisé après le refroidissement du lait fermenté.
- **Le Yaourt entier** : 3% de matière grasse en poids.
- **Le Yaourt partiellement écrémé** : Entre 0,5% et 3% de matière grasse.
- **Le Yaourt écrémé** : Au maximum 0,5% de matière grasse.
- **Le yaourt « nature »** : Il ne subit aucune addition
- **Le yaourt « sucré »** : Ils sont additionnés de sucre ;

- **Le yaourt** « aux fruits », « au miel », « à la confiture » avec addition inférieure à 30 % de ces différents produits ;
- **Le yaourt « aromatisé »** : Il contient des arômes (de produit de synthèse)
- **Le yaourt à boire** : Sa texture est liquide.

I.3. Les bactéries caractéristiques du yaourt

Les bactéries lactiques sont à l'origine des nombreuses vertus associées à la consommation de yaourt. Elles auraient, des effets bénéfiques sur la digestion du lactose, sur la diarrhée, sur des maladies inflammatoires de l'intestin, et possiblement sur des ulcères gastriques et des lipides sanguins (Feutry, 2005 ; Boudjema, 2008 ; Vanier, 2008). Les deux bactéries associées dans la préparation du yaourt ont pour rôle principal d'abaisser le pH du lait au point isoélectrique de la caséine (pH 4,6) de façon à former un gel (ou coagulum) (FAO, 1995).

Outre le goût acidulé qu'elles donnent au gel, elles lui assurent une saveur caractéristique due à la production de composés aromatiques (acétaldéhyde principalement, cétone, acétoïne, diacétyl), et par la production de polysaccharides (glucanes), certaines souches ont une action sur la consistance du gel formé (FAO, 1995 ; Bouchir, 2011 ; Douaer, 2018).

I.4. La composition chimique du yaourt

Le produit, le yogourt, est composé de divers nutriments tels que des protéines, des lipides, des glucides, des vitamines et des minéraux (Mahaut *et al.*, 2000). La composition chimique est représentée dans le **tableau 1**.

Tableau 1. La composition chimique du yaourt (Bourlioux *et al.*, 2011).

Yaourt \ Composition	Energie		Matière sèche (g)	Protéines (g)	Lipides (g)	Glucides (g)
	kJ	kcal				
Yaourt nature au lait entier	297	71	14,3	4,2	3,5	5
Yaourt nature (au lait partiellement écrémé)	213	50	12,3	4,3	1,2	5
Yaourt nature maigre (au lait totalement écrémé)	186	44	11,7	4,5	0,3	5,2
Yaourt maigre aux fruits	391	92	24,5	3,7	1,1	17
Yaourt au lait partiellement écrémé, aromatisé	346	82	20,1	3,9	1,1	14

I.5. Technologie du yaourt

La fabrication du yaourt, même si elle est connue depuis des temps très lointains, demeure un procédé assez complexe et en perpétuelle évolution car, il intègre à chaque fois les connaissances et les progrès réalisés dans des domaines variés tels : la biologie moléculaire et cellulaire, la chimie, la biophysique...etc. Les étapes de fabrication (**résumées sur la figure 3**) peuvent différer selon qu'on a affaire à un yaourt « étuvé » dont la fermentation se fait après conditionnement en pots et le yaourt « brassé », dont la fermentation se fait en cuve. Le coagulum obtenu dans ce dernier cas est dilacéré et brassé pour être rendu plus ou moins visqueux, puis conditionné en pots. Globalement, nous distinguons dans le processus d'élaboration les étapes énumérées ci-dessous.

I.5.1. La préparation du lait

I.5.1.1. Choix du lait

La principale matière première pour la fabrication du yaourt est le lait, dont la majeure partie est du lait. Il peut s'agir de lait frais, de lait reconstitué (issu de poudre de lait écrémé et de matière grasse laitière anhydre) ou de lait reconstitué (issu de lait en poudre). Le lait ne doit pas non plus contenir de résidus de substances dépassant les niveaux de tolérance acceptables, telles que les antibiotiques, les sulfamides, les mycotoxines, les métaux lourds, les éléments radioactifs artificiels (**Cherki et Hadji, 2018**).

I.5.1.2. Reception et stockage

Le lait frais, collecté au plus tard 72 h après la traite, arrive en camions-citernes réfrigérés à l'unité de production. Il est contrôlé lors de la réception, pompé et filtré pour éliminer les résidus solides, puis stocké à froid ($< 5\text{ °C}$) dans des tanks stériles. Une légère thermisation à 60-65 °C, au moyen d'un échangeur à plaques, peut être pratiquée si le lait est stocké plus d'une journée à l'usine (**Cherki et Hadji, 2018**).

I.5.1.3. La standardisation en matière grasse

Le lait est d'abord pelé, puis mélangé à de la crème dans les proportions souhaitées. Le yaourt peut avoir une teneur en matière grasse comprise entre 0,1 et 10 %, toute fois sur le marché des yaourts ayant un contenu entre 0,1 et 3, % de matière grasse (**Messoud,2013**).

I.5.1.4. Enrichissement en matière sèche

L'enrichissement du lait de fabrication par ajout de poudre de lait écrémé 0% ou de poudre de lait non écrémé 26% est la technique la plus largement répandue dans l'industrie. Elle présente l'avantage d'obtenir des produits avec de bonnes qualités texturales et de faire figurer sur l'emballage (**Béal et Sodini, 2003**).

I.5.2. Pasteurisation

La pasteurisation se fait à un traitement thermique à 90-95 °C pendant 3 à 5 minutes, dont le but de détruire les germes pathogènes et les formes végétatives des bactéries sporulées. Il permet également de réduire la flore banale et d'inactiver de nombreuses enzymes du lait.

Le traitement thermique dénature environ 80% des protéines solubles du lait et permet également d'accroître la rétention d'eau. En outre, les protéines dénaturées se fixent à la surface des micelles de caséine. Ces deux phénomènes ont une répercussion directe sur les propriétés rhéologiques du gel fermé après l'acidification (**Boubakri et al., 2009**).

I.5.3. Homogénéisation

Le but de ce procédé est de donner au yaourt un aspect homogène en évitant la remontée de la matière grasse pendant que le lait coagule (**Bourgeois et Larpent, 1996**). Ce procédé est réalisé par un homogénéisateur.

I.5.4. Ensemencement

Immédiatement après le traitement, le lait est rapidement refroidi à température de fermentation (42-45°C), puis mis en cuve etensemencé par fermentation de yaourt à un taux assez élevé pour s'assurer que l'acidification est corrigée par la production d'acide lactique. L'abaissement du pH a la déstabilisation progressive des micelles par libération de sel de calcium et de magnésium, entraînant ainsi la formation du gel. Pour obtenir un produit doux et aromatique, on utilise un ferment « jeune » relativement peu acide, dans lequel le streptocoque est en plein développement, et pour obtenir un produit acide on utilise un levain plus « âgé » dans lequel le lactobacille est dominant du fait de sa résistance à un pH bas. Les technologies particulières des yaourts (étuvés ou brassés) se différencient après l'ensemencement. En ce qui concerne le yaourt ferme, le laitensemencé est directement conditionné dans des pots par contre dans le cas du yaourt brassé, l'incubation se fait dans la cuve d'ensemencement. La fermentation est empêchée et arrête par un refroidissement rapide à 5°C après s'être assuré que l'acidité du lait a atteint 70-80 °C pour le yaourt étuvé, et entre 100 et 120 °C pour le yaourt brassé. (**Boubakri et al., 2009**).

I.5.5. Conditionnement

Le conditionnement est une étape très sensible, puisque plusieurs prouvent être à l'origine de la détérioration de la qualité du yaourt. Il varie selon les technologies utilisées (**Biot et al., 2012**):

- Le produit va passer à un refroidisseur afin de réduire la température du produit dont la température était de 95°C après pasteurisation à une température de 45°C puis conditionné dans des pots thermoformés à partir de bobines de plastique, après le produit entre dans l'étuve.
- Le yaourt brassé est conditionné après la fermentation en cuve et brassage du coagulum soit dans les bouteilles préformées, soit dans des pots thermoformés à partir de bobines de plastique, après le produit est stocké en chambre froide.

Les matériaux d'emballage ont beaucoup évolué. Actuellement, le yaourt est conditionné soit dans des pots en verre, soit dans des contenants en plastique. Les pots en carton en paraffiné ont maintenant disparu (**brulé,2003**).

I.5.6. Fermentation

Le processus de fermentation du yaourt étuve s'effectue au niveau de son emballage dans une étuve à une température de 45°C pendant 4 heures.

La fermentation du yaourt brassé se déroule dans le tank à température de 45°C pendant 4 heures. Quand l'acidité désirée est atteinte (environ 1% d'acide lactique), puis il est nécessaire de faire un refroidissement pour limiter l'activité des levains le plus rapidement possible afin d'éviter une sur acidification (**Luquet ,1990**).

I.5.7. Stockage

Le yaourt est stocké dans chambres froides entre 0 et 6 °C jusqu'à sa consommation. Le froid aussi limite la décontamination par les levures et les moisissures pour lesquelles ce milieu à pH acide est optimal (**Biot et al., 2012**).

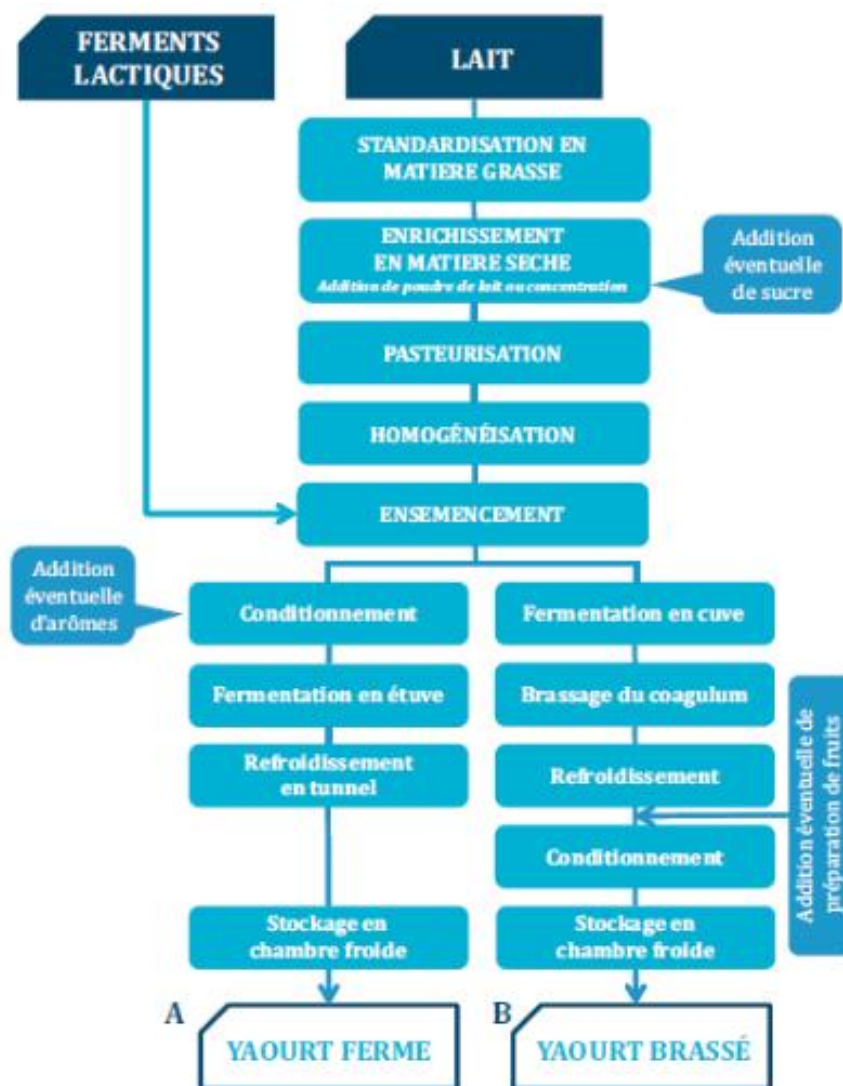


Figure 1.Diagramme des principales étapes de fabrication du yaourt.

I.6. Qualités du yaourt

I.6.1. Aspects physico-chimiques

Le yaourt doit répondre aux caractéristiques suivantes :

- Couleur franche et uniforme ;
- Goût franc et parfum caractéristique ;
- Texture homogène (pour le yaourt brassé) et ferme (yaourt étuvé).

I.6.2. Aspects hygiéniques

Selon la **norme nationale de 1998**, N°35 parue au Journal Officiel, les yaourts ne doivent contenir aucun germe pathogène. Le traitement thermique appliqué sur le lait avant

fabrication du yaourt est suffisant pour détruire les micro-organismes non sporulés pathogènes ou non. Leur présence dans le yaourt ne peut être que de manière accidentelle. Le pH acide du yaourt le rend hostile aux germes pathogènes, comme pour la plupart des autres germes indésirables. Les levures et les moisissures peuvent se développer dans le yaourt.

II. Analyses sensorielles

II.1. Définition

L'analyse sensorielle ou métrologie sensorielle représente l'ensemble des méthodes, outils et instruments permettant d'évaluer la qualité sensorielle d'un produit, c'est-à-dire les caractéristiques liées aux perceptions sensorielles évoquées par le produit grâce aux 5 sens humains : le goût, l'odorat, la vue, le toucher et l'ouïe (**Thomas, 2016**).

L'évaluation sensorielle est une technique d'analyse qui peut sembler trop simpliste par rapport à d'autres techniques. En effet, il ne nécessite pas de matériel complexe, il repose avant tout sur les sens humains. L'évaluation sensorielle peut être un test de préférence ou un test d'acceptation. Le test de préférence consiste à comparer deux ou plusieurs produits pour n'en choisir qu'un seul ou les commander selon la préférence du sujet. Alors que les tests d'acceptation impliquent de noter chaque produit dans l'étude. Lors de cette évaluation, chaque dégustateur s'est vu présenter deux échantillons, codés A et B, le témoin et le produit détaillé. Cette évaluation est réalisée en deux étapes : Analyse du plaisir et analyse sensorielle (**Schlich et al., 2010**).

II.2. Domaines d'application des analyses sensorielles

Les domaines d'application de la métrologie sensorielle peuvent être classés en trois familles, à savoir la recherche et le développement ; le marketing ; et le contrôle de qualité (**Eurofins, 2006**).

II.2.1. La recherche et le développement

L'analyse sensorielle peut donner des informations sensibles et importantes pour le développement d'un produit particulier et également contribuer grandement à améliorer le processus de recherche qui permet au développeur de connaître les forces et les faiblesses. Elle représente un moyen privilégié de contrôle de la qualité d'un produit et constitue surtout une aide précieuse au développement et à la conception de produits nouveaux. Si le produit doit être perçu comme différent, les épreuves d'évaluation sensorielle permettent de confirmer ou d'infirmer cette réalité. Elles contribuent à maîtriser les efforts de conception nécessaires à l'amélioration des stimuli perçus par le consommateur (**Avramescu et al., 2014**).

II.2.2. Le marketing

Le processus de commercialisation d'un produit, dépend fortement de la publicité et du marketing, Soit directement, soit indirectement au consommateur, Par conséquent, les experts estiment que l'analyseur sensoriel est nécessaire pour être un guide dans la détermination du désir des consommateurs (**Makhlouf et Montaigne, 2017 ; Hadji et al., 2018 ; Kalli et al., 2018**).

II.2.3. Le contrôle de qualité

L'analyse sensorielle associée aux tests de plaisir est l'outil le plus approprié pour mesurer la qualité perçue. Bien qu'elle repose sur la discrétion des individus, la méthode cherche à atteindre une certaine objectivité. En fait, la caractérisation de la perception est plus compliquée qu'il n'y paraît, elle comprend un certain nombre de paramètres impossibles à effectuer. De les prendre en compte de manière globale ainsi que de les relier aux mesures instrumentales. De plus, la sensation combine toujours deux concepts complètement différents : l'évaluation subjective et l'évaluation objective. La métrologie sensorielle a pour tâche d'obtenir une évaluation objective de la sensation (**Lefebvre et Bassereau, 2003**).

II.3 Propriétés sensorielles

L'analyse sensorielle constitue une approche indispensable à l'évaluation de la qualité organoleptique d'un produit alimentaire. Etroitement associée à la caractérisation des propriétés physico-chimiques, elle peut être un outil d'aide à la maîtrise de la qualité et la formulation des produits transformés. La qualité organoleptique des aliments regroupe les propriétés d'un produit perceptibles par les organes des sens (**ISO 5492,1992**) à savoir : l'odeur, le goût et la texture.

- **L'odeur et l'arôme** sont perceptibles par l'organe olfactif. Pour l'arôme « yaourt », l'acétaldéhyde est considéré comme le principal composé d'arôme, mais la 2, 3 pentanedione, le dimethylsulfure, le limonène et l'un decanal ont également un impact (**Imhof et al., 1994**). Par ailleurs, de nombreuses notes aromatiques supplémentaires peuvent être apportées au yaourt par ajout de composés d'arôme et de préparation de fruits.
- **La saveur** correspond à la sensation perçue par l'organe gustatif lorsqu'il est stimulé par certaines substances solubles. Le yaourt est caractérisé par une saveur acide due à la présence d'acide lactique. D'autres saveurs, mais moins intenses, sont les saveurs sucrée et amère. La saveur sucrée est due à la présence du lactose non hydrolysé et du galactose produit au cours de la fermentation. Elle peut être renforcée par l'ajout du saccharose. La

saveur amère, considérée indésirable, est due aux peptides amères produits par certains ferments ou à une contamination par des germes protéolytiques (**Weber, 1994**).

- **La texture** est définie comme l'ensemble des propriétés mécaniques, géométriques et de surface d'un produit, perceptibles par les mécanorécepteurs, les récepteurs tactiles, et éventuellement les récepteurs visuels et auditifs.

II.4. Les Méthodes d'évaluation sensorielles

Dans la pratique, l'analyse sensorielle repose sur l'organisation des séances d'évaluation avec un panel, dit naïf ou expert, 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. Classiquement, l'analyse sensorielle regroupe trois familles de méthodes d'analyse sensorielle (**Depledge et Société Scientifique d'Hygiène Alimentaire, 2009**) (**Figure 2**).

II.4.1. Les méthodes descriptives

Les analyses descriptives visent à établir un profil sensoriel complet d'un ou de Plusieurs produits. Cette épreuve se décompose en trois étapes, à savoir la recherche des caractéristiques sensorielles les plus pertinentes pour exprimer un maximum d'informations sur les caractéristiques sensorielles des produits étudiés, la mesure de l'intensité de la sensation perçue pour chaque descripteur sélectionné et le profil visuel représentatif du produit (**Ben selhoub et Sitouf, 2021**).

II.4.2. Les méthodes discriminatives

Les épreuves discriminatives visent à détecter la présence ou l'absence de différences sensorielles entre deux produits au moins. On peut citer pour exemple l'essai triangulaire, l'essai par paire, le test duo-trio, le test « A », non « A » (**Lefebvre et Bassereau, 2003**).

II.4.3. Les méthodes hédoniques

Les méthodes hédoniques consistent à évaluer le degré d'appréciation des produits ou bien à mesurer la préférence d'un ou de plusieurs produits. Ces méthodes sont appliquées pour comparer la préférence organoleptique globale, elles se pratiquent avec un panel naïf. Le nombre de sujets recommandé par la norme (**ISO 11136, 2017**) est de 60 consommateurs au minimum. Parmi les méthodes hédoniques ; le test de notation hédonique et le test de préférence, sont les plus utilisés (**Ben selhoub et Sitouf, 2021**).

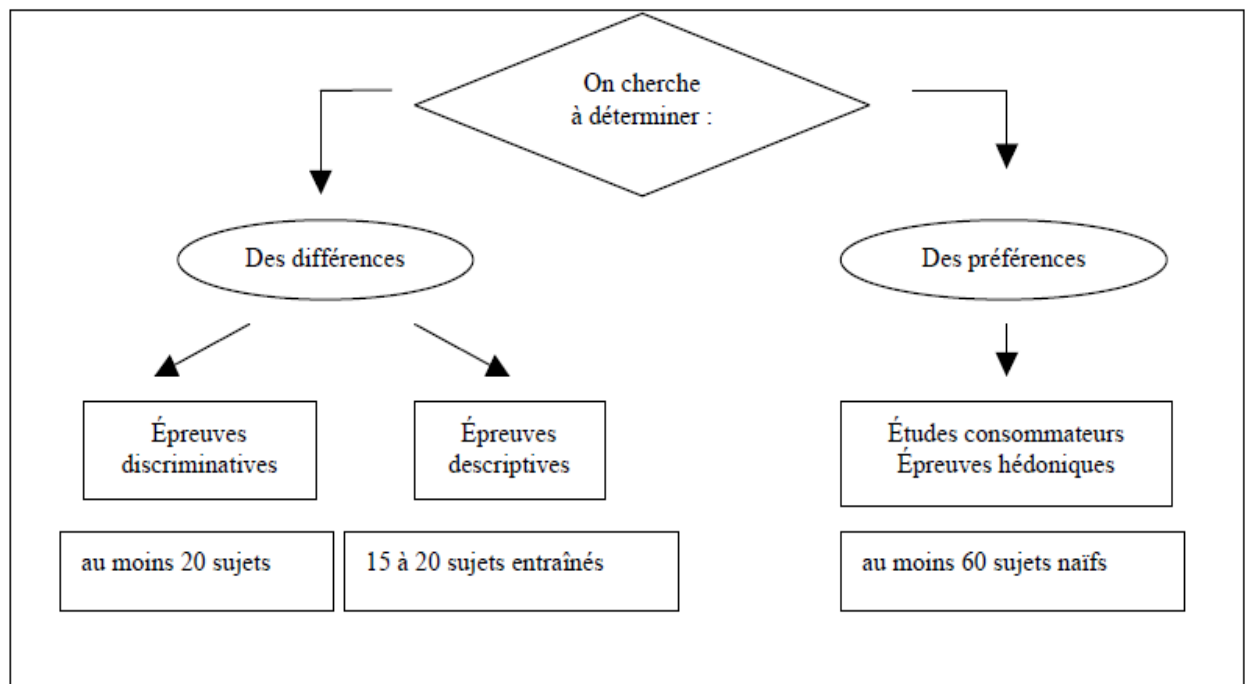


Figure 2. Vue d'ensemble des différentes épreuves de la métrologie sensorielle en fonction de l'objectif (SSHA 98).

PARTIE EXPERIMENTALE

1. Lieu de travail

Cette étude a été réalisée en partie à la Laiterie HODNA de M'sila et en partie au niveau de l'université Mohammed Boudiaf de M'sila. Le deuxième volet de ce travail qui comporte des analyses sensorielles a été réalisé au niveau de l'université Mohammed Boudiaf de M'sila.

1.1. Présentation de l'unité

"HODNA-LAIT" a été fondée en **1999** par Monsieur DILMI Ismail sous la forme d'une société à responsabilité limitée (SARL) implantée dans une zone industrielle de la wilaya de M'sila. Il comprend 6 ateliers de production en fonctionnement continu, un laboratoire central d'analyses physico-chimiques et microbiologiques, un laboratoire de recherche et développement, des entrepôts de stockage des matières premières et des emballages, un réservoir de stockage d'eau brute. La SARL HODNA-LAIT produit du lait pasteurisé ; du lait longévité ; du lait stérilisé UHT entier, partiellement écrémé et écrémé ; des boissons lactées ; du kéfir "Raib" et du lait fermenté acidifié "Laban". Elle produit également des yaourts cuits à la vapeur aromatisée, des yaourts brassés aromatisés, des yaourts à boire, des yaourts nature et des desserts crémeux.

Historiquement, l'entreprise a connu des débuts très timides, se contentant de produire un modeste total de 40 000 litres par jour de lait partiellement écrémé pasteurisé. Contrairement aux attentes de tous, quelques facteurs encourageants se sont révélés motivants. Ces facteurs comprennent principalement la bonne qualité du produit, la forte demande et, surtout, le fait que l'entreprise est la seule dans la région, le dernier point étant encore le plus décisif, puisqu'il faut noter qu'auparavant, le lait était produit par les entreprises publiques ou privées de, Batna, Bordj Bouarraridj). Depuis, l'entreprise n'a cessé d'investir dans les ressources matérielles et humaines, ce qui lui a permis de conquérir le marché national d'aujourd'hui et d'inscrire son nom devant les tribunaux des grandes entreprises.

2. Matériel et méthodes

Les essais ont nécessité le recours aux matériels et aux méthodes indiqués ci-après.

2.1. Matériel

2.1.1. Appareillage utilisé

pH-mètre(INOLAB: WTW).

Dessiccateur (MA 110.R).

Centrifugeuse (FURKE GERBER).

Agitateur.

Balance.

2.1.2. Produits chimiques

Acide sulfurique (H_2SO_4).

Alcool isoamylique ($\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$).

Hydroxyde de sodium (NaOH).

Phénophtaléine.

2.2. Méthodes d'analyse

2.2.1. Matière première

Quatre packs pour chaque type de yaourt (étuvé et brassé), contenant chacun 12 pots ont été destinés aux analyses physico-chimiques.

2.2.1.1. Analyses physico-chimiques

Les différentes analyses physicochimiques effectuées pour les échantillons étaient :

2.2.1.1.1. Mesure du pH

Le principe consiste à la mesure de la différence de potentiel entre une électrode de mesure et une électrode de référence réunies en un système d'électrodes combiné(Kodio,2005).

Le pH est déterminé directement en utilisant un pH-mètre électronique et ce après avoir plongé l'électrode dans un bêcher contenant du yaourt.

2.2.1.1.2. Détermination de taux de l'Extrait Sec Total (EST)

La détermination de l'extrait sec total du produit se fait par évaporation pendant 10 min pour le produit fini. L'EST représente la perte de masse du produit lors d'une dessiccation à une température de 105°C . Les résultats sont exprimés en % (Ilunga *et al.*, 2019).

2.2.1.1.3. Détermination de la teneur en matière grasse

La teneur en matières grasses (MG) du yaourt a été déterminée par la méthode GERBER ; la protéine a été dégradée par l'acide sulfurique ($d = 1,82$) et la chaleur produite a fait fondre la graisse. L'alcool isoamylique ($d = 0,81$) aide à la séparation des graisses. La

centrifugation sépare les phases grasse et aqueuse grasse. La centrifugation permet la séparation des phases grasse et aqueuses (**Kasamba *et al.*,2019**).

La mesure a été réalisée selon la norme (**ISO1211, 2010**), suite à l'introduction dans un butyromètre 10 ml d'acide sulfurique et 11ml de yaourt à analyser à l'aide d'une pipette et 1ml d'alcool iso amylique. Après, le butyromètre une fois fermé a été agité en faisant des mouvements de rotation jusqu'à la dissolution complète du contenu. Ensuite les échantillons ont été centrifugés à l'aide d'une centrifugeuse "GERBER" sous une vitesse de 1100 rpm pendant 10 minutes à 65°C. Les résultats sont exprimés en pourcentage.

2.2.1.1.4. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité du yaourt peut être titrée avec de la soude Dornic (N/9) avec de la phénolphthaléine comme indicateur de couleur.

L'acidité a été déterminée par titration, 10ml d'échantillon de yaourt ont été prélevés et versés dans un bécher. Ensuite 3 à 4 gouttes de phénolphthaléine ont été ajoutées au yaourt sous une constante agitation. La titration a été réalisée à température ambiante par ajout de gouttes à gouttes de la solution de NaOH de 0,1N jusqu'à que la couleur vire de la couleur blanche à la couleur rose, le volume final de la soude a ainsi été noté (**AOAC, 2005**).

2.2.1.2. Analyses sensorielles

La mise en place d'une analyse sensorielle nécessite les éléments suivants :

2.2.1.2.1. Les sujets

L'analyse sensorielle a été effectuée par un panel expert et un panel naïf. Le panel expert a été composé de 20 évaluateurs âgés entre 22 et 25 ans, qui sont des étudiants en 2^{ème} année Master en nutrition et sciences des aliments (NSA) et en qualité des produits et sécurité alimentaire (QPSA), qualifiés et entraînés dans la réalisation des tests sensoriels ayant une excellente acuité sensorielle, capable d'effectuer de façon fiable l'évaluation des produits pour lesquels ils ont été entraînés. Cependant, un panel naïf a été composé de 80 personnes de différentes catégories d'âge entre 22 et 60 ans, qui se compose des étudiants de différentes spécialités de département de microbiologie et de biochimie, n'ayant aucune formation préalable dans la réalisation des tests sensoriels.

2.2.1.2.2. Les produits

Tous les échantillons sont enlevés du réfrigérateur 1 h avant le début de chaque session d'évaluation. La gamme d'échantillons est servie à une température allant de 10 à 12°C. Chaque yaourt est présenté dans un contenant plastique.

2.2.1.2.3. Le questionnaire

Une fiche d'évaluation sensorielle portant un ensemble d'attributs sensoriels qui caractérisent le yaourt a été élaborée pour décrire la nature des perceptions sensorielles et pour quantifier leurs intensités afin d'établir le profilage sensoriel des yaourts préparés. Le produit préféré pour le panel expert et le panel naïf a été aussi déterminé.

Les membres des deux panels ont été invités à noter les quatre produits codés sur une échelle de "1 à 5" selon l'intensité de chaque attribut ; et de noter les produits selon leur préférence sur une échelle hédonique de "1 à 8". La fiche de dégustation est présentée dans **Annexe 1**.

2.2.1.2.4. Déroulement des séances de dégustation

Les séances ont eu lieu au niveau des salles du Département de Microbiologie et de Biochimie, Faculté des Sciences de l'Université de M'sila, de 10H00 à 12H00. Elles se sont déroulées dans une salle d'analyse sensorielle spécifique, où les conditions sont réunies en termes d'éclairage, et de température. Ces dernières ont permis de bien gérer les séances et de recueillir les réponses des sujets sans qu'il n'ait aucune influence entre les membres du panel (**Figure 3**).



Figure 3.Déroulement de l'évaluation sensorielle.

2.2.1.2.5. L'analyse statistique

Les données statistiques ont été traitées en utilisant le logiciel XLSTAT, ce dernier utilise Microsoft Excel comme une interface de récupération des données et d'affichage des résultats. XLSTAT permet d'utiliser des techniques statistiques des données et de modélisation mathématiques sans quitter Microsoft Excel. Cette outil est impliqué dans des études de marketing, de contrôle qualité, et d'analyse sensorielle.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Les analyses physico-chimiques

La maîtrise de la mise en place des analyses de contrôles, est nécessaire afin de garantir une stabilité de la qualité du produit final. Les deux types de yaourt ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques. Les paramètres étudiés sont le pH, l'extrait sec total, et la teneur en matière grasse, et l'acidité titrable.

1.1. Mesure du pH

D'après le **tableau 2**, le pH du yaourt étuvé et brassé lors de la préparation, du conditionnement et du produit fini a été comprise entre 4,51 et 6,55 ce qui répond aux exigences de la norme **AFNOR de 1996** et de celles rapportées par **le journal officiel de la république algérienne de 1993**, dont le pH exigé est compris entre 6,40 et 6,60 au préparation et 4.5-4.8 pour produit fini.

Tableau 2. Valeurs du pH.

	Preparation	Cconditionnement	Produit fini
Etuvé	6,54 ± 0,01	6, 4 ± 0,01	4,51 ± 0,01
Brassé	6,55 ± 0,02	nd	4,55 ± 0,01

nd : non déterminé

1.2. Détermination de la matière grasse sur l'Extrait Sec Total

D'après les résultats présentés dans **le tableau3**, les taux de l'EST du yaourt étuvé lors de la préparation et du conditionnement étaient respectivement de 19,03 et 18,95%, des valeurs très proches de celles-ci ont été enregistrées à partir du yaourt brassé lors de la préparation et du produit fini avec une moyenne de 20,53 et 20,34%, respectivement. Les résultats sont conformes à la norme rapportée par **le journal officiel de la république algérienne de 1998**, qui exige un taux d'extrait sec total de yaourt compris entre 18,50 et 20,60%.

Tableau 3. Valeurs de l'EST.

	Preparation	Cconditionnement	Produit fini
Etuvé	19,02 ± 0,01	18, 95 ± 0,01	nd
Brassé	20,53 ± 0,02	nd	20,34 ± 0,01

nd : non déterminé.

1.3. Détermination de la teneur en matière grasse

La teneur moyenne en MG dans le yaourt étuvé lors de la préparation (1,10 %) était similaire à celle lors du conditionnement (1,11%). Cependant, pour le yaourt brassé, la teneur en MG lors de la préparation (1,87%), était légèrement supérieure à la teneur moyenne en MG dans le produit fini (1,21%). Ces résultats répondent à la norme rapportée par **le journal officiel de la république algérienne de 1998**, qui exige un taux de matière grasse de yaourt consommable compris entre 0,5 et 3 %, cela peut être dû à la bonne standardisation de la matière grasse du yaourt lors de la préparation des produits (**Tableau 4**).

Tableau 4. Valeurs de la matière grasse.

	Preparation	Cconditionnement	Produit fini
Etuvé	1,10 ± 0,005	1,11 ± 0,01	nd
Brassé	1,87 ± 0,58	nd	1,21 ± 0,01

nd : non déterminé.

1.4. Détermination de l'acidité titrable

Le lait reconstitué avait enregistré une acidité titrable de l'ordre de 18°D (**Tableau 5**), ce qui est conforme à la norme établie dans **l'arrêté interministériel de 1998** relatif aux "spécifications physico-chimiques des denrées alimentaires qui exige une acidité titrable du lait de préparation comprise entre 14 et 18°D et 70-81 pour le produit fini, Quand l'acidité est supérieure à 19°D, cela peut conduire à l'instabilité du lait durant le traitement thermique.

Le taux d'acidité titrable du yaourt étuvé lors de la préparation, du conditionnement et du produit fini a été comprise entre 17,09°D et 83,00°D. Les valeurs obtenues étaient proches à celles du yaourt brassé lors de la préparation et du produit fini avec 16,18 °D et 78,33 °D, respectivement.

Tableau 5. Valeurs de l'acidité titrable.

	Preparation	Cconditionnement	Produit fini
Etuvé	17,09± 0,004	17,12 ± 0,01	83,00 ± 2,64
Brassé	16,18 ± 0,01	nd	78,33 ± 0,57

nd : non déterminé

2. Les analyses sensorielles

2.1 La caractérisation des produits

Ce test permet de caractériser rapidement les échantillons des produits de yaourt étuvé et brassé perçus par le jury composé d'experts, donc il s'agit d'identifier les descripteurs ou les attributs sensorielles qui discriminent le mieux les produits, et ainsi de déterminer les caractéristiques importantes de ces derniers (**Husson *et al.*, 2009**).

2.1.1. Pouvoir discriminant par descripteur 'attribut sensoriel'

Ce test permet d'afficher les descripteurs ordonnés, allant de celui qui a le plus important pouvoir discriminant sur les produits à celui qui a le plus faible pouvoir discriminant, selon les notes attribuées au différents attributs sensoriels par le panel expert. Les résultats du test sont présentés dans la **figure 4**, ci-dessous.

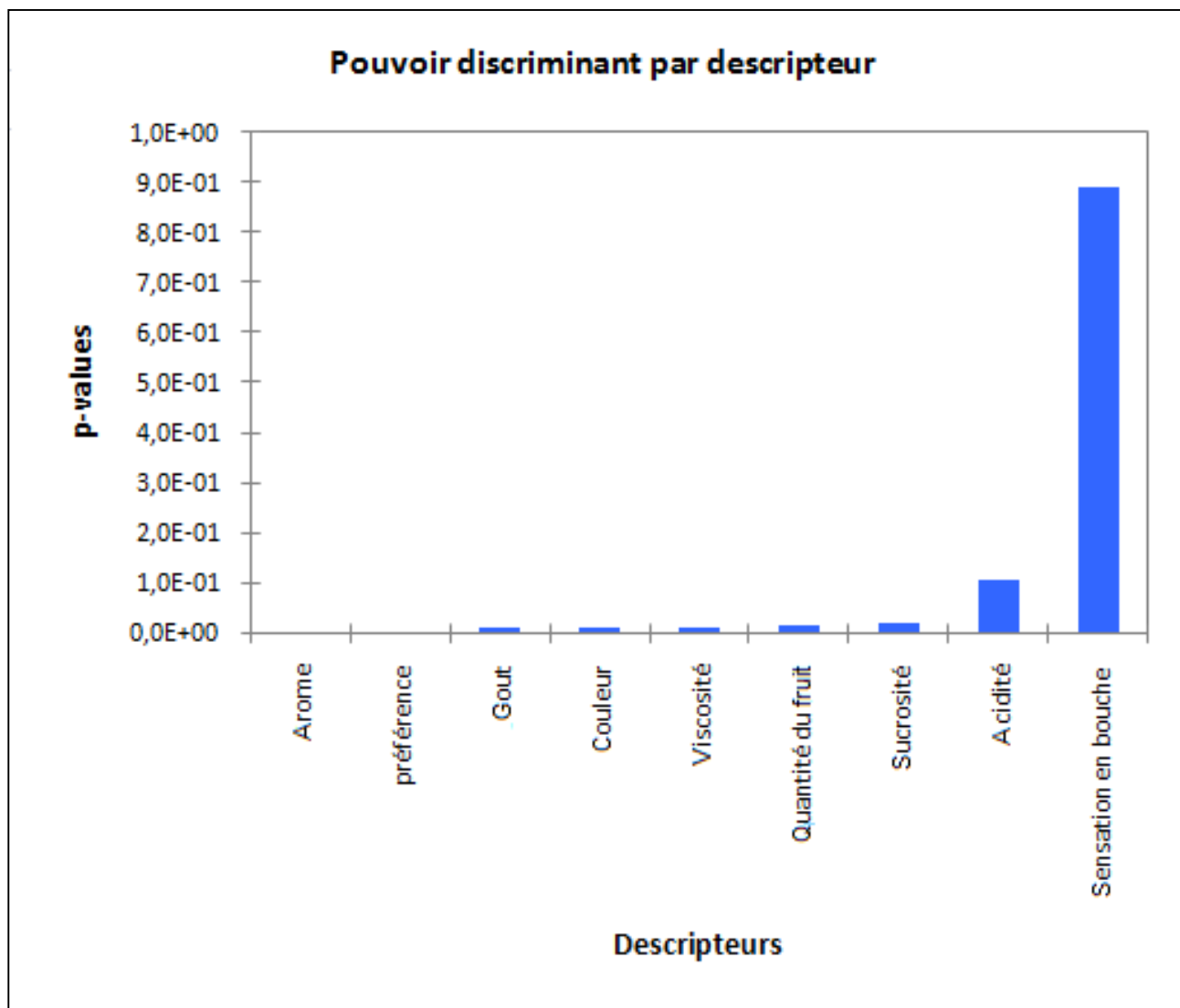


Figure 4. Pouvoir discriminant par descripteur, des produits de yaourt obtenu.

La figure 4 montre clairement que, les attributs sensoriels ayant le plus fort pouvoir discriminant sont “l’acidité”, et “sensation en bouche appréciée des produits du yaourt obtenu, cela signifie que les experts ont constaté des différences sensorielles au niveau de ces descripteurs pour les deux échantillons de yaourt obtenu. Concernant la “couleur ; le gout ; la viscosité ; la quantité de fruit, ces paramètres ont un pouvoir discriminant moyen, ce qui signifie que les experts n’ont constaté que de mineures différences entre les produits dégustés. Par conséquent, l’arôme des différentes préparations n’a aucun pouvoir discriminant.

2.1.2. Coefficient des modèles

Ce test propose différents modèles afin de déterminer si les notes attribuées par les juges sont significativement différentes ou non. Le modèle utilisé dans cette étude est “Note descripteur = effet produit + effet juge + effet session”. Le but est, pour chaque combinaison de

descripteur–produit, de traiter le coefficient, la moyenne estimée, la *p*-value ainsi qu'un intervalle de confiance pour le coefficient du modèle. L'intérêt de ce dernier est d'évaluer la performance globale du panel expert selon trois facteurs (produit, juge et répétition) pour chaque descripteur. Les résultats des coefficients des modèles sont présentés sur les **figures 5 et 6** ci-dessous.

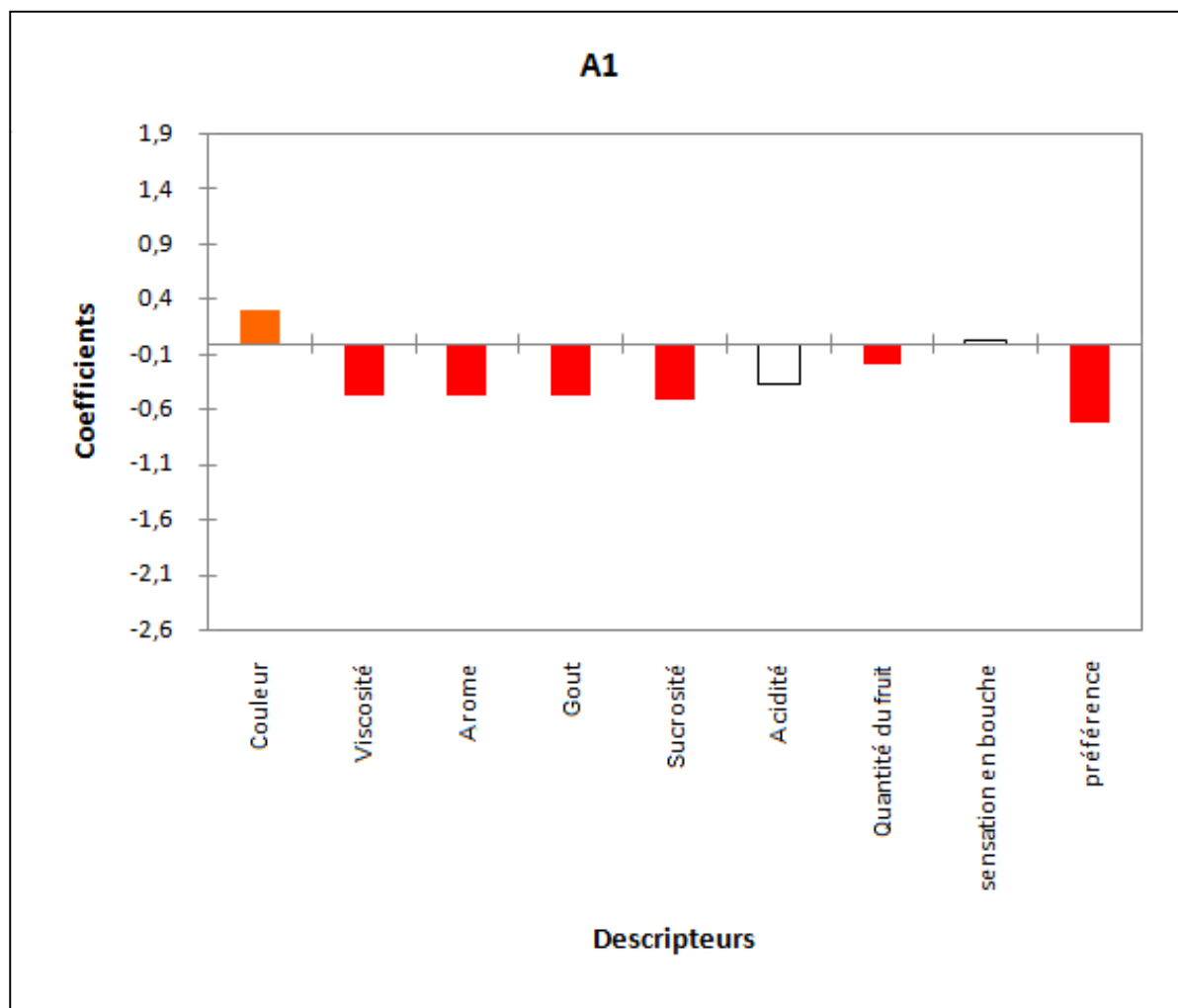


Figure 5. Coefficients des modèles du yaourt étuvé, codé A1.

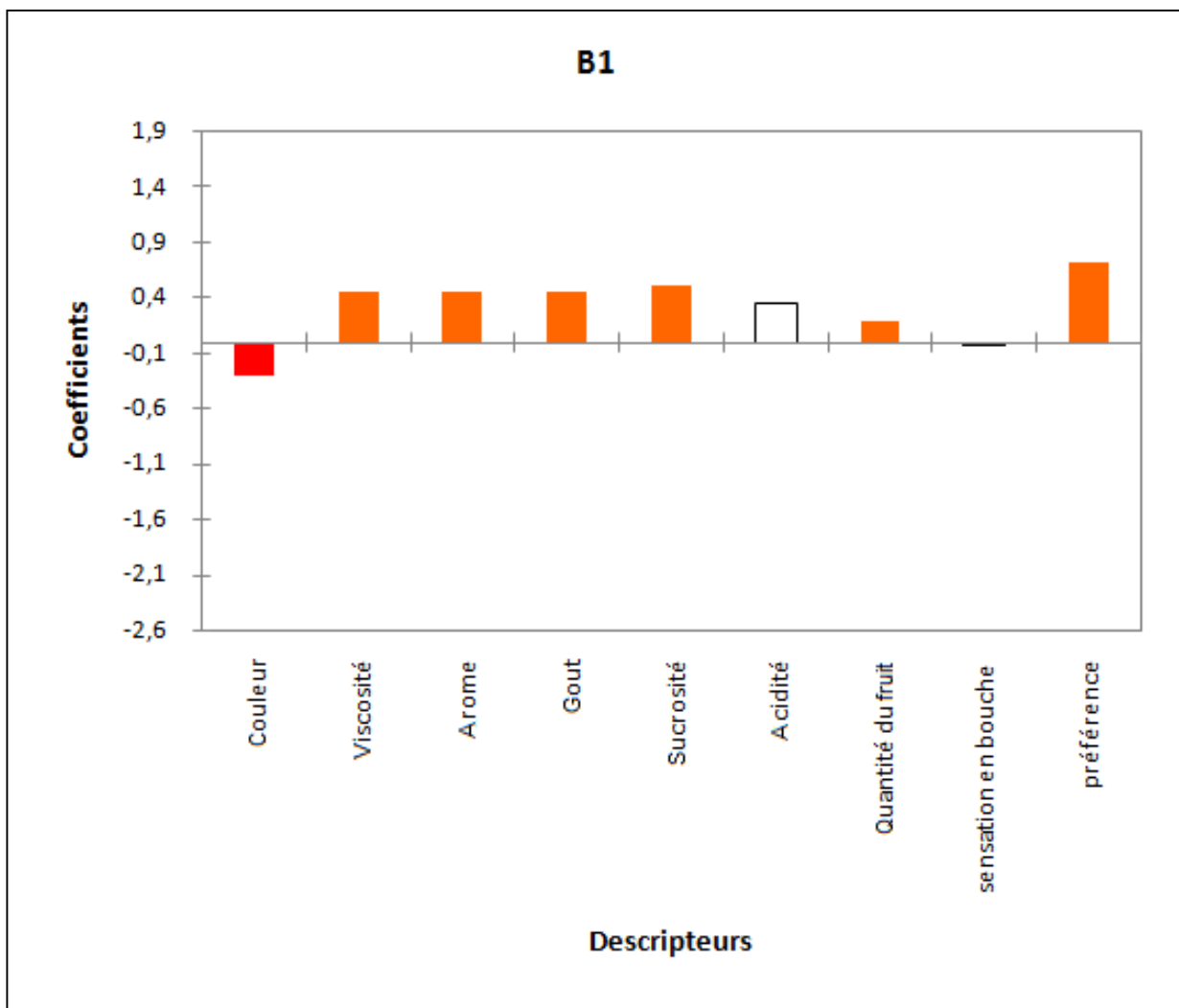


Figure 6. Coefficients des modèles du yaourt brassé, codé B1.

Les graphiques sur les figures précédentes (**Figure 5 et 6**) permettent de définir l'appréciation ou le non appréciation des descripteurs des deux yaourts par le panel d'experts. Quand ça apparait en "couleur orange", c'est que le coefficient du descripteur est positif et plus intense ; "en couleur rouge" le coefficient est significativement négatif et moins intense. Alors qu'en "blanc", ça signifie que les caractéristiques n'ont pas été détectées.

D'après les résultats observés, le produit codé en A1 (**Figure 5**) qui correspond au yaourt étuvé à est caractérisé par un "couleur le yaourt", par contre il n'est "ni viscosité ni arôme ni sucrosité", et une acidité faiblement intense que n'ont pas été détectées par l'ensemble du panel expert.

Le produit codé en B1(**Figure 6**) qui correspond au yaourt brasse contenant est caractérisé par une “texture visqueuse,” et d’une “arôme intense” et un gout acceptable.

2.1.3. Moyennes ajustées par produit

Le but de cette étape est de déterminer les moyennes ajustées calculées à partir du modèle : “Note descripteur = effet produit + effet juge + effet session”, et cela pour chaque combinaison descripteur-produit. Les résultats des moyennes ajustées par produit sont présentés dans le **tableau 6**.

Tableau 6.Moyennes ajustées par produit.

Produit	Viscosité	Arome	Gout	sucrosité	Acidité	Quantité du fruit	Préférence	Sensation en bouche	Couleur
B1	3,697	3,947	3,997	4,153	3,386	1,669	6,872	2,247	4,169
A1	2,753	3,003	3,053	3,097	2,664	1,281	5,428	2,303	4,781

Le **tableau 6** permet de faire ressortir les moyennes, quand les différents produits et les caractéristiques (attributs sensorielles) sont croisés. Les résultats des moyennes ajustées par produit sont représentés comme suit :

- Les cellules en orange sont les moyennes qui sont significativement supérieur à la moyenne globale, et donc les descripteurs ont un effet discriminant significativement positif sur le produit,
- Les cellules en rouge sont les moyennes qui sont significativement inférieur à la moyenne globale, et donc les descripteurs ont un effet discriminant significativement négatif sur le produit,
- Les cellules en blanc sont les moyennes qui ne sont pas significatives, et donc les descripteurs n’ont aucun effet discriminant sur les produits.

A partir de ces résultats, on remarque que le yaourt brassé, codé en B1, les descripteurs “la viscosité et “l’arôme” et “le gout” et “la sucrosité” et “la quantité du fruit” ont un effet discriminant significativement positif sur le produit. Pour l’étuvé codé en A1, les descripteurs “la viscosité et “l’arôme” et “le gout” et “la sucrosité” et “la quantité du fruit” ont un effet significativement négatif.

2.2. L'Analyse de pénalités

L'analyse des pénalités est utilisée en analyse sensorielle pour identifier des axes d'améliorations possibles pour des produits, suite à des enquêtes auprès des consommateurs ou d'experts. La pénalité est la différence de la moyenne des données de préférence pour la catégorie JAR (Just About Right), avec la moyenne des données pour les autres catégories (**Popper et Gibes, 2004**). Les résultats sont présentés dans les figures ci-dessous :

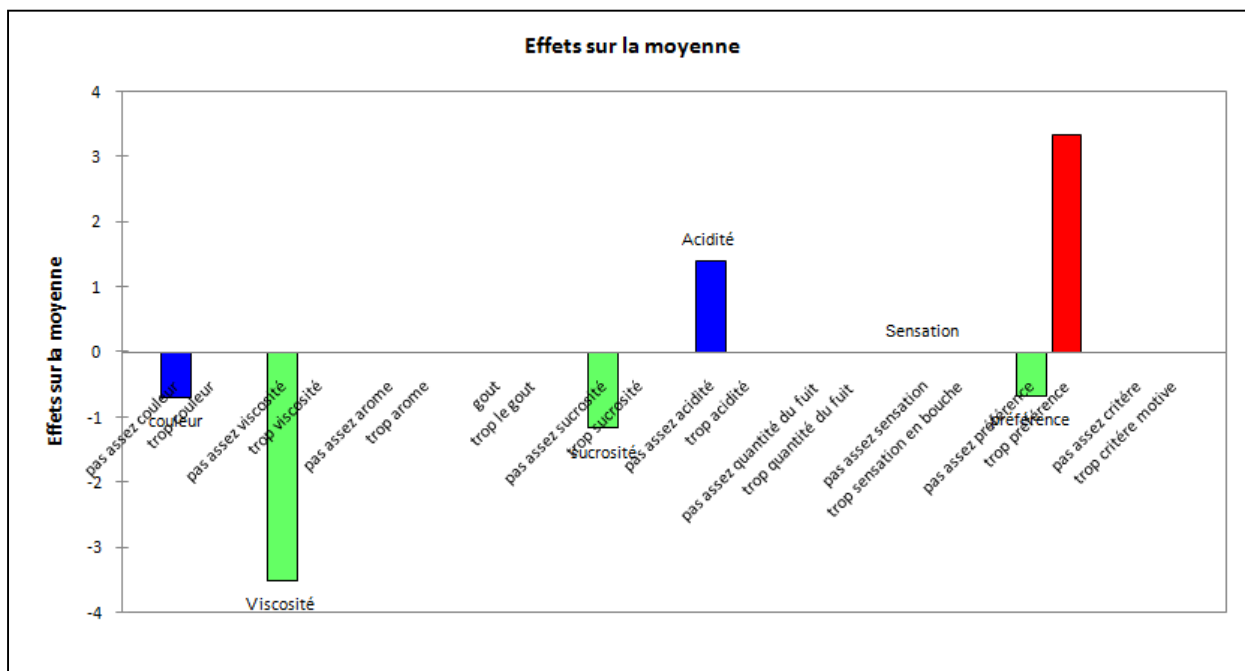


Figure 7. Les caractéristiques “attributs sensoriels” pénalisées pour le yaourt étuvé, codé A1.

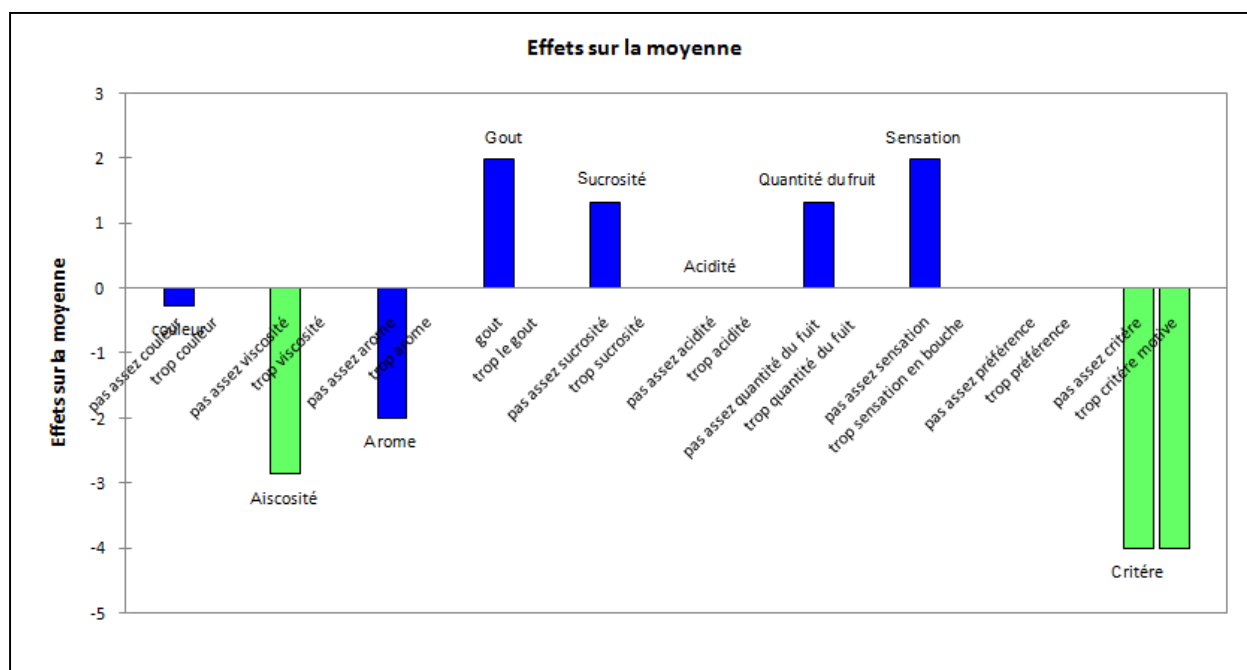


Figure 8. Les caractéristiques “attributs sensoriels” pénalisées pour le yaourt brassé, codé B1.

D’une façon générale, lorsque “la différence est significative”, les histogrammes sont affichés en rouge, en vert quand “la différence n’est pas significative”, alors qu’elles apparaissent en bleu lorsque “l’effectif d’un groupe est inférieur au seuil choisi”. La pénalité est la différence de la moyenne des données de préférence pour la catégorie JAR (Just About Right), avec la moyenne des données pour les autres catégories (**Popper et Gibes, 2004**).

Si un descripteur possède un coefficient positif, ce dernier est pénalisé positivement, cela veut dire que ce descripteur est décisif pour la préférence d’un produit par rapport à un autre pour les membres du panel naïf. Tandis que, si un descripteur possède un coefficient négatif, ce dernier est pénalisé négativement par les membres du même panel. Autrement dit, c’est le descripteur qui écarte un produit donné dans la liste de préférence du panel.

Les attributs sensoriels des produits qui pénalisent négativement et coloré en bleu sont : “La couleur”, “l’acidité” pour le produit codés A1 qui correspond au yaourt étuvé. “La couleur”, “l’arôme”, “le gout”, “la sucrosité”, “quantité de fruit”, “la sensation en bouche” pour le produit codés B1 qui correspond au yaourt brassé. C’est-à-dire ces attributs sensorielles ont la responsabilité de l’insatisfaction de panel naïf pour les produits de yaourt, quant à la couleur verte. On en déduit que les différences entre le groupe «JAR » et les groupes « pas assez » qui correspond la note « 2 » et « trop » qui correspond la note «5 » ne sont pas significatifs.

Les niveaux « trop » et « pas assez » sont les différences entre la préférence moyenne pour le niveau JAR et la moyenne calculée pour le niveau « trop » ou le niveau « pas assez ».

2.3. La cartographie externe de préférence (PREFMAP)

De nombreuses méthodes d'optimisation de produits sont exploitées, pour mieux comprendre la relations entre les produits alimentaires préférés chez les consommateurs et leur caractéristique ou attributs sensoriels, ainsi la représentation de cartographie des préférences a été utilisé dans plusieurs études portées sur les produits laitiers (**Richardson et al.,2000 ;Lovely et Meullenet, 2009; Cadena et al., 2012**).La réalisation d'une cartographie externe de préférence, nécessite deux types de données :

- a. Les notes d'acceptabilités attribuées par le panel naïf pour chaque échantillon afin deréaliser une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) ;
- b. Les moyennes données par les experts pour chaque attribut étudié pour effectuer une Analyse en Composante Principale (ACP).

2.3.1. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

La CAH est une méthode de classification des consommateurs (panel naïf) en groupes homogènes de classe, selon leur notation de préférence pour chaque produit, ces résultats permettent de visualiser les données en classes homogènes (**Everett et al.,2011**) afin de faciliter l'interprétation des résultats de cartographie externe de préférence.

L'application de l'analyse des données Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) sur les notations de préférence données par les membres du panel naïf génère plusieurs tableaux et graphes qui sont les tableaux du barycentre de classes et dendrogramme. Le graphe du profil des classes présenté dans la **figure 9** permet de comparer visuellement les moyennes des différentes classes du panel naïf créées. Selon les résultats représentés ci-dessus, les membres de panel naïf sont répartis selon leurs préférences en dix classes. Les classes 1^{ème}, 3^{ème}, 8^{ème}, 5^{ème}, 4^{ème} montrent une préférence remarquable pour le produit codés A1qui correspond au yaourt étuvé. Les classes 10^{ème}, 2^{ème}, 9^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème} préfèrent le produit codés B1 qui correspond au yaourt brassé.

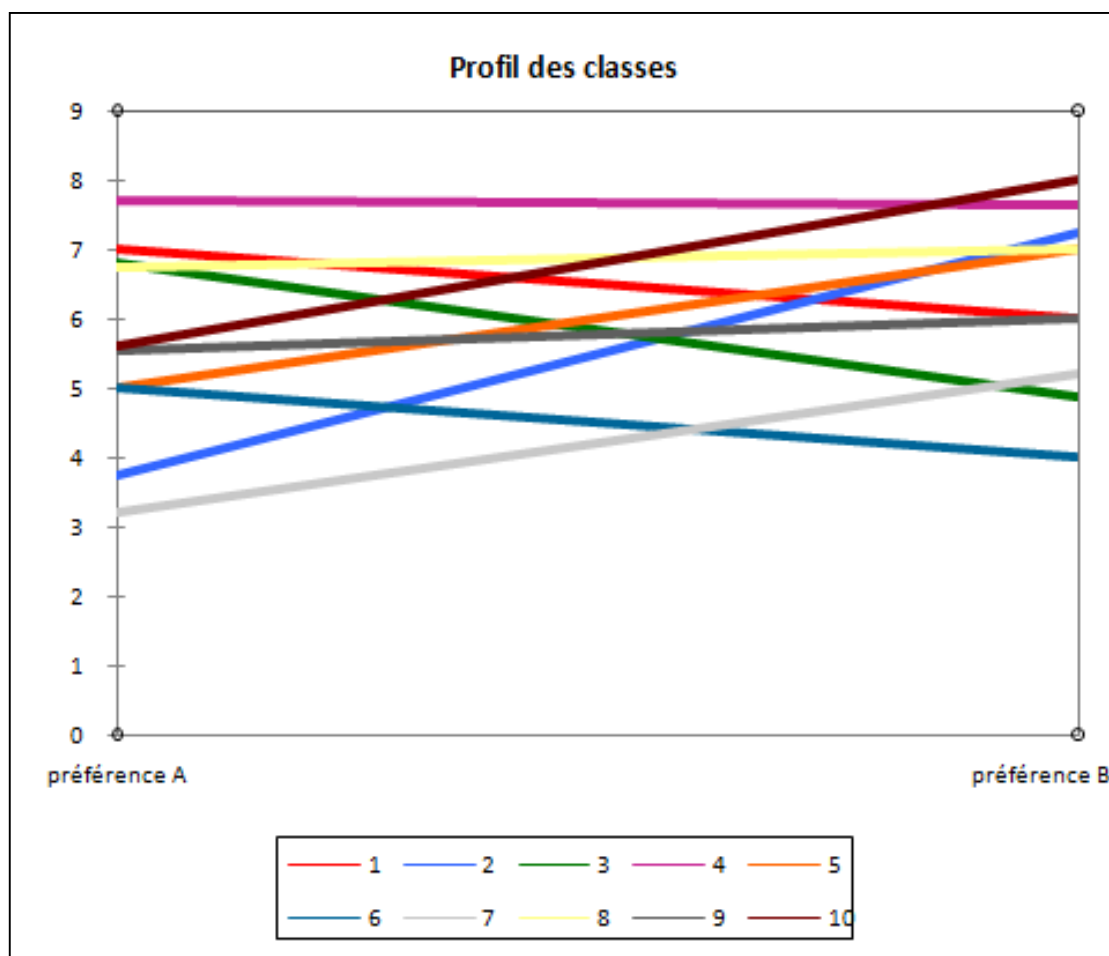


Figure 9. Profil des différentes classes crée de panel naïf, selon les notations de préférence des yaourt étuvé et brassé.

2.3.2. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP est l'une des méthodes d'analyse de données multi variées auxquels les observations (les produits) sont décrites par un ou plusieurs variables (les attributs sensorielles). Cette méthode consiste à transformer et réduire le nombre de variables corrélées en nouvelles variables non corrélées les unes des autres. Ces nouvelles variables sont nommées 'composantes principales'', qui peuvent être visualisées graphiquement, avec la conservation d'un maximum d'information (Jolliffe, 2016 ; Kassambara, 2017). La carte suivante permet de représenter les corrélations entre les variables et les facteurs par l'ACP.

La figure 10 montre que les variables sont dispersées dans le cercle et le niveau de variabilité est respectivement de 40,42% et de 12,40%. On remarque que les produits de yaourt sont entourés par les attributs qui les caractérisent, Le yaourt étuvé codé en A1 est beaucoup plus

caractérisé par sa “couleur blanc” par rapport aux autres produits de yaourt brassé codé en B1 que lus caractérisé par sa “viscosité” et sucrosité”. D’après les résultats obtenus, les trois échantillons de yaourt ferme aromatisé sont perçus par le panel expert comme assez différents.

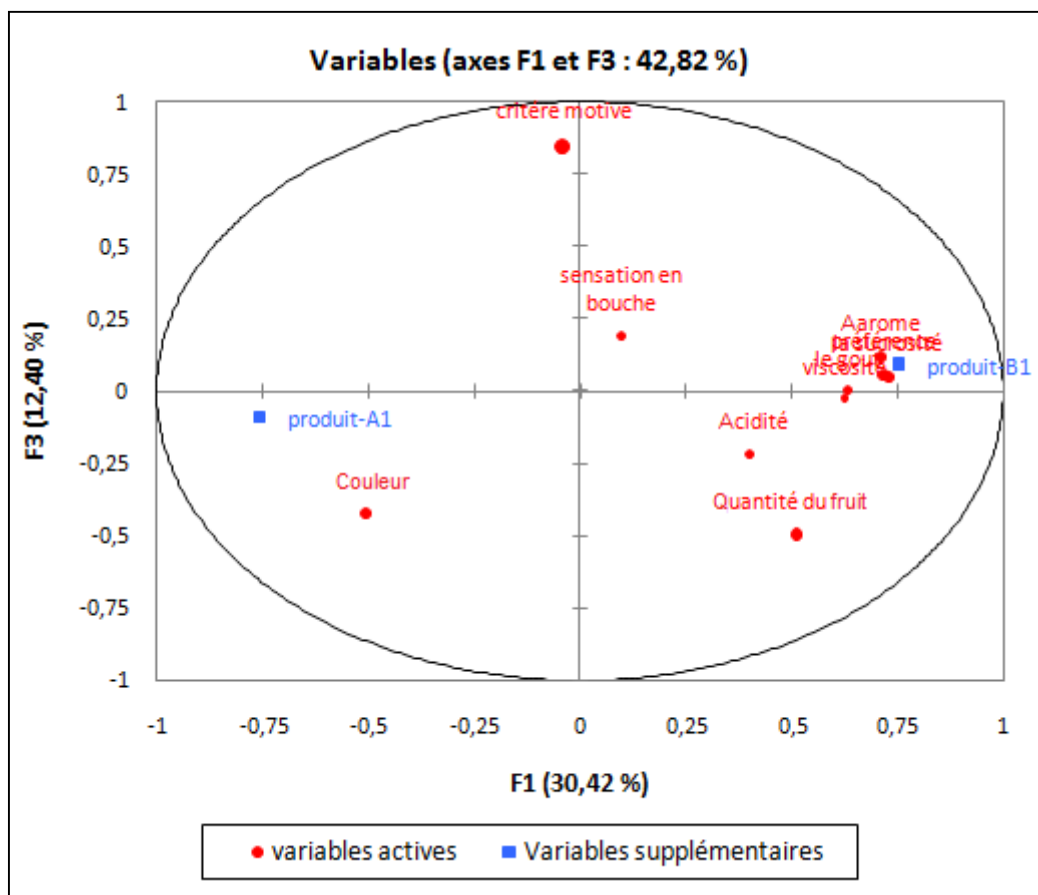


Figure 10. La corrélation entre les variables et les facteurs du panel expert, pour les produits de yaourt étuvé et brassé.

2.3.3. Synthèse cartographie externe de préférence

Ce test a été réalisé dans le but de connaître les préférences des consommateurs (panel naïf) vis-à-vis des produits étudiés. L’application du test de la cartographie externe de préférence permet d’afficher la carte des préférences, ainsi que la courbe de niveau (**Figure 11**).

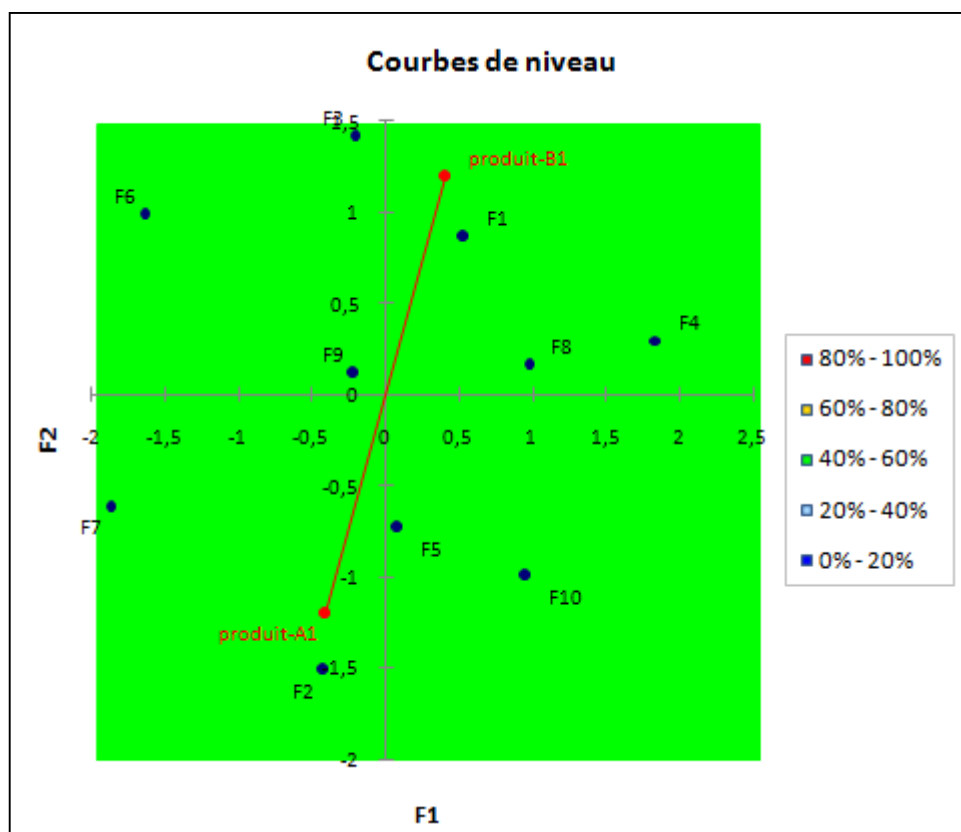


Figure 11. La carte des préférences et la courbe de niveau des produits étudiés.

En analyse sensorielle, le principe de la cartographie des préférences est d'établir un espace multidimensionnel, qui représente les différences entre les produits évalués sur la base des résultats des tests de préférence des consommateurs et les données de l'ACP. La couleur bleue foncé représente un degré de préférence de 0% à 20%, la couleur bleu clair représente une préférence comprise entre 20% à 40%, la couleur verte pour un degré de préférence allant de 40% à 60%, la couleur jaune représente une préférence de 60% à 80%, pour la couleur rouge la préférence est de 80% à 100%. Pour avoir une vision plus claire sur les préférences des produits.

La représentation graphique de courbe de niveau permet de visualiser le pourcentage d'appréciation des produits obtenu par les classes de panel naïf. La **figure 11**, représente le pourcentage d'appréciation du yaourt étuvé et brassé codé successivement A1 et B1, est entre 40% et 60%, respectivement.

En conclusion, l'étude de la cartographie sensorielle des préférences des deux produits étudiés, à savoir le yaourt étuvé codé en A1 et le yaourt brassé codé B1, avait révélé que la majorité des consommateurs (panel naïf) ont apprécié le yaourt brassé codé B1.

CONCLUSION

La consommation de lait et de produits laitiers parait essentielle dans l'établissement de la sante, ils contiennent différents nutriments essentiels participant à la constitution et à l'entretien de l'organisme.

La production de laits fermentés (yaourts) représente une technologie complexe, qui fait intervenir différents facteurs : en premier lieu, des facteurs biologiques, associés à la mise en œuvre d'une matière première d'origine vivante : le lait, et à sa transformation par des microorganismes, les bactéries lactiques ; en second lieu, des facteurs d'ordre technologique, liés à la mise en œuvre de différentes opérations unitaires. Cette complexité permet des combinaisons très diverses, ce qui aboutit à l'élaboration de produits très variés. Les contraintes de la qualité, à la fois physico-chimiques, hygiénique, organoleptique et nutritionnelles, doivent, en outre, impérativement être prises en compte. Notre étude a été portée sur deux échantillons du yaourt industriel, étuvé et brassé. Les tests physico-chimiques ont montré, leur conformité aux normes de l'entreprise, et à celles rapportées par le journal officiel de la république algérienne en 1998.

L'évaluation de l'analyse sensorielle des produits obtenu à était réalisée à l'aide d'un panel expert de vingt individus ainsi qu'un panel naïf de quatre-vingt individus, les résultats avaient montrés que le yaourt brassé "B1" a été le produit le plus apprécié par le panel naïf.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Abdelmalek, A., Bey, F., Gheziel, Y., Krantar, K., AitAbdeslam, A., Meribai, A., Medouakh, L., Bensoltane, A. (2009).** Viability and resistance to acidity of *Bifidobacterium* sp in Algerian's Bio-yoghurts. The Egyptian Journal of Applied Sciences, 24 (2A) :193- 201.
2. **Messoud., N. (2013).** Enrichissement du yaourt brasse en germe de blé tendre. Université Saad Dahlab de Blida.
3. **Angelov, M., Kostov, G., Simova, E., Beshkova, D., Koprinkova, H. (2009).** Protocoopération factors in yoghurt starter cultures. Revue de Génie Industriel, 3 : 05- 12.
4. **Avramescu, A.M., Bazzaro, F., Mahdjoub, M., Sagot, J.C., Simion, I. (2014).** Elaboration d'une approche d'analyse sensorielle tactile des matériaux bio-sources, UPB Scientific Bulletin, Series B, 76, (1) : 236 – 245.
5. **Béal, C., Sodini, I. (2003).** Fabrication des yaourts et des laits fermentés. Techniques de l'ingénieur agroalimentaire, Doc. F6315.
6. **Ben selhoub, I., Sitouf, B. (2021).** Elaboration de lait aromatisé à base de sirop de figes séchées. Mémoire de fin d'études, Université Mohamed Boudiaf de M'sila.
7. **Biout, A., boutaghou, A., boudelaa, H. (2012).** Contrôle de la qualité des yaourts brassés ». Mémoire de fin d'études, Université de jijel.
8. **Boubakri, K., Mohamed, C.N., Bouyahia, H. (2009).** Contribution à La conception d'un système HACCP dans la ligne de fabrication de yaourt à boire fruité au niveau de la laiterie Hodna lait ». Mémoire de fin d'études, Université de jijel
9. **Boubchir, L.K.(2011).** Effets de l'enrichissement (avec des concentrés de protéines laitières) et des paramètres technologiques sur la qualité du yaourt fabriqué à la laiterie SOUMMAM D'AKBOU. Mémoire de magister, Université de TIZI OUZOU. p20.
10. **Boudjema, K. (2008).** Essai d'optimisation de la production d'acide lactique sur lactosérum par streptococcus thermophilus. Thèse de magister, Université de Boumerdes. p 32.96.
11. **Bourgeois, M. C., Larpent, J.P.(1996).** Microbiologie alimentaire. Aliment fermentes et fermentations alimentaires. Ed. Technique et documentation. Lavoisier paris : 26-38.
12. **Bourlioux, P., Braesco, V., Mater, D.D. (2011).** Yaourts et autres laits fermentés. *Cahiers*.
13. **Brulé, G. (2003).** Impact de l'évolution des technologies de production et de transformation sur la qualité des produit laitières, 20.
14. **Cherki, S., Ahmed, H. H. (2018).** Effets de l'ajout de la farine et flocon d'avoine sur les qualités physicochimiques et organoleptiques des yaourts brassés, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. Nutrition et de Diététique, 46(6), 305-314.

15. **Defdaf, H. (2014).** Etude des caractéristiques de deux types de yaourt étuvés aromatisés, avec et sans probiotiques et de leurs évolutions au cours de l'incubation et du stockage à 4°C durant 30 jours, Université Hadj Lakhdar de Batna.
16. **Depled, F., Société Scientifique d'Hygiène Alimentaire. (2009).** Evaluation sensorielle : manuel méthodologique (3^e édition). In, Collection Sciences & Techniques Agroalimentaires. Paris (FRA): Lavoisier, Tec et Doc.
17. **Douaer, A. (2018).** Effets des extraits de mélisse citronnelle (*Melissa officinalis*L.) sur la qualité physicochimique microbiologique et organoleptique d'un lait fermenté alicament type yaourt ferme, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.
18. **Etievant, A., Delolme, X. (2011).** Formulation des préparations de fruits. Ed Technique de l'ingénieur. 1-16p. Techniques de l'ingénieur filière de production : produits d'origine végétale Editions T.I.
19. **Eurofins., (2006).** Eurofins Scientific France, in site <http://www.eurofins.fr/>, [consulté en 2006].
20. **FAO. (1995).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine.
21. **Hadji, K. H., Harrache, B., Benamirouche, H. (2018).** Analyse Structurale de la Filière Lait en Algérie. Publication, Revue des économies nord africaines, 14 (19) : 39-47.
22. **Imhof, R., Glattli, H., Bosset, J.O. (1994).** Volatile organic aroma compound produced by thermophilic and mesophilic mixed strain dairy starter cultures. Lebensmittel Wissenschaft and Technologie, 27: 442-449.
23. **Irkin, R., & Eren, U.V., (2008).** A research about viable *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* numbers in the market yoghurts. World Journal of Dairy & Food Sciences, 3 (1): 25- 28.
24. **Kalli, S., Saadaoui, M., Ait Elmokhtar, S., Belkheir, B., Benidir, M., Bitam, A., Benmebarek A. (2018).** Eléments d'enquête générale sur la filière lait en Algérie. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA), 341.
25. **Lefebvre, A., Bassereau, J. F. (2003).** L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception: ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration. Application aux emballages. 10^{ième} Séminaire CONFERE, 3-4 Juillet 2003, Belfort – France, pp. 3-11.
26. **Luquet, F-M. (1990).** Lait et produits laitiers Vache, Brebis, Chèvre. Transformation et Technologies. Tome 2. Tech & doc. Lavoisier, paris.
27. **Makhlouf, M., Montaigne, E. (2017).** Impact de la nouvelle politique laitière Algérienne sur la viabilité des exploitations laitières, New Medit, 16 (1) :2-10.

28. **Marcel, B.R., Coxam, V., Delzenne, N. (2008).** Aliments fonctionnels. 2 *Ed Tec. Et Doc.* Lavoisier:23- 1015.
29. **Merabet, M., Belgherissi, I. (2017).** Contribution à l'étude de la qualité et la stabilité d'un lait fermenté alicament (type yaourt étuvé) additionné d'extrait à l'eau de *Thymus vulgaris*(Thym) récolté dans la région de Naama, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.
30. **Saint-Eve A, Le´vy, C., Le Moigne, M., Ducruet, V., Souchon, I. (2008).** Quality changes in yogurt during storage in different packaging materials. *Food Chemistry*, 110: 285– 293.
31. **Schlich, P., Deglaire, A., Cordelle, S., Urbano, C., Biguzzi, C., Martin, C. (2010).** Les préférences hédoniques pour le gras. Mesures et variabilité. *Innovations Agronomiques*, 10: 95-114.
32. **Schmidt, J.L.,Tourneur, c., Lenoir, j. (1994).**fonction et choix des bactéries lactiques laitières. In *bacteries lactiques .pp 37-46.ed de roissart , h.et luquet, FM,II ., lorica , paris .*
33. **SSHA. (1998).** Evaluation sensorielle, manuel méthodologique – deuxième édition – Edition Lavoisier, 9-106.
34. **Weber, F. (1994).** Alterations des produits laitiers par les bacteries lactiques. In «Bacterieslactiques >>. De Roissart, H. luquet, F.M.(Eds), lorica, Uriage. 567-572.

ANNEXES

Annexe 1**QUESTIONNAIRE D'ANALYSE SENSORIELLE DU**

Age : **Sexe :** **Niveau d'instruction :**

Nous vous proposons de déguster plusieurs échantillons de yaourt codés A et B donner votre avis sur leur qualité sensorielle. Il vous est demandé d'attribuer une note (de 1 à 5) qui correspond à votre niveau de satisfaction pour chaque critère.

1-La couleur du yaourt :

1 : *Foncée*

2 : *Trop foncée*

3 : *Claire*

4 : *Trop claire*

5 : *Blanche*

<i>A</i>	<i>B</i>

2-La viscosité :

1 : *Absente*

2 : *Faible*

3 : *Moyenne*

4 : *Forte*

5 : *Très forte*

<i>A</i>	<i>B</i>

3-L'arôme du yaourt :

1 : Absent

2 : Faible

3 : Moyen

4 : Fort

5 : Très fort

<i>A</i>	<i>B</i>

4-Le goût du yaourt

1: Absent

2 : Faible

3 : Moyen

4 : Fort

5 : Très fort

<i>A</i>	<i>B</i>

5-La sucrosité du yaourt :*1: Absente**2 : Faible**3 : Moyenne**4 : Forte**5 : Très forte*

<i>A</i>	<i>B</i>

6-L'acidité du yaourt :*1 : Absente**2 : Faible**3 : Moyenne**4 : Forte**5 : Très forte*

<i>A</i>	<i>B</i>

7-La quantité du fruit dans le yaourt :*1 : Absente**2 : Faible**3 : Moyenne**4 : Forte**5 : Très forte*

<i>A</i>	<i>B</i>

8-La sensation en bouche

1 : Très lisse

2 : Lisse

3 : Peu granuleux

4 : Granuleux

5 : Très granuleux

<i>A</i>	<i>B</i>

Attribuez une note de 1 à 8 pour chaque échantillon selon votre préférence, (1 pour le produit le plus préféré et 8 au produit le moins préféré comme présenté dans l'échelle ci-dessous).

1 : Extrêmement désagréable,

2 : Très désagréable,

3 : Désagréable,

4 : Assez désagréable

5 : Ni agréable ni désagréable

6 : Agréable

7 : Très agréable

8 : Extrêmement agréable

<i>A</i>	<i>B</i>

Quels sont les critères qui ont motivé votre préférence ?

☐ *La couleur*

☐ *La viscosité*

☐ *L'arome*

☐ *Le gout*

☐ *La Sucrosité*

☐ *L'acidité*

☐ *La quantité du fruit*

☐ *La sensation en bouche*

<i>A</i>	<i>B</i>