

Figure 23 : Teneur en plomb des échantillons analysés

II.1.9. Test de résistance de l'emballage

Tableau XIX : Les résultats de résistance de l'emballage

Echantillons	2Kg	3Kg	4Kg	5Kg
Hodna Fraise	+	+	+	+
Hodna Vanille	+	+	+	+
Trèfle Abricot	+	+	+	+++
Trèfle Poire Pêche	+	+	+	+++
Soummam Abricot	+	+	+	++
Soummam Fraise	+	+	+	++
Soummam Mangue	+	+	+	++

+ : L'emballage résiste au poids ;

++ : Il y a une déformation en bas de la boîte ;

+++ : Il y a une déformation en milieu de la boîte.

D'après les résultats obtenus on remarque que l'emballage est efficace car les boîtes ont résisté à un poids de 5Kg, par ailleurs il apparaît clairement que l'emballage est de bonne qualité et il peut résister aux différents facteurs physiques et mécaniques, donc il peut protéger le produit et permettre ainsi de minimiser les pertes.

II.1.10. La qualité de sertissage

Le sertissage est aussi efficace car les couvertures des pots sont étanchées au bleu de méthylène ce qui explique que nos échantillons sont bien sertis à l'exception de la marque Trèfle.

II.2. Analyses microbiologiques

Tableau XX : Les résultats des analyses microbiologiques

Les germes recherchés	HF	HV	TA	TPP	SF	SM	SM	Norme algérienne*
CT (UFC/ml)	00	00	00	00	00	00	00	10
CTT (UFC/ml)	00	00	00	00	00	00	00	1
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/ml)	00	00	00	00	00	00	00	0
Levures (UFC/ml)	00	00	00	00	18×10	00	00	≤10 ²
Moisissures (UFC/ml)	00	00	00	00	00	00	00	0
<i>Salmonella</i>	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	Abs/25g
Bactéries anaérobies sulfito-réducteurs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs	Abs

Nos résultats représentés dans le tableau XX montrent l'absence des germes pathogènes (*staphylococcus aureus*, *salmonella*) et de la flore de contamination (coliformes et moisissures).

Cette absence est liée :

- A la bonne pratique de l'hygiène au niveau de la yaourterie ;
- Au respect du processus technologique notamment la pasteurisation et la stérilisation de la matière première ;
- Au rôle inhibiteur exerçant par les bactéries lactiques envers les différentes flores par le biais de leurs produits métaboliques comme :
 - L'acide lactique ;
 - Bulgarican de *Strptococcus thermophilus* ;
 - L'eau oxygénée produit par *Lactobacillus bulgaricus* (Lamprell, 2003).

Les résultats obtenus sont justifiés par **Bourgeois et Larpent (1996)** qui rapportent que :

Le traitement thermique du lait avant la fabrication étant suffisant pour réduire le nombre des microorganismes pathogène sporulés ou non, alors la présence de ces germes ne peut être qu'accidentelle, mais il est à noter qu'un yaourt à un pH inférieur ou égale à 4,5, contenant 1% d'acide lactique ce qui le rend un milieu hostile pour les germes pathogènes. En ce qui concerne les microorganismes non pathogènes, les levures et les moisissures sont capables de se développer dans le yaourt.

D'autre part et partant du principe que le yaourt est un produit vivant, il ressort qu'au sein de notre produit, règne une flore abondante, et la flore lactique est la plus dominante.

D'après les résultats obtenus, on constate qu'il ya une contamination par les levures seulement dans l'échantillon de Soummam fraise, à un nombre inférieur à la norme algérienne (10²), qui est probablement due à une contamination par l'air de remplissage ou bien, elle est due à la résistance des levures contenant dans le yaourt lui-même.

Concernant les germes recherchés, on conclut que les sept échantillons sont conformes aux normes en vigueur. Enfin, il ressort que nos produits sont d'une excellente qualité microbiologique.

II.3. Analyse organoleptique

Dix panélistes ont été sélectionnés pour mener à bien cette évaluation sensorielle. Les qualités organoleptiques évaluées concernent la texture, la saveur, l'odeur, et la couleur.

Chaque attribut est mesuré selon une échelle d'intensité universelle de 0 à 5.

Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau XXI et les figures 29 et 30.

Tableau XXI : Résultats des tests organoleptiques du yaourt.

ST: score totale; **M:** moyen; Hodna Fraise (**HF**); Hodna Vanille (**HV**); Trèfle Abricot (**TA**); Trèfle Pêche Poire (**TPP**); Soummam Fraise (**SF**); Soummam Abricot (**SA**); Soummam Mangue (**SM**).

Un produit alimentaire d'apparence laide n'a aucune chance d'être commercialisé, même si ses qualités gustatives sont exceptionnelles. Les épreuves hédoniques doivent tenir compte de ce fait ; elles concernent l'étude des préférences et des aversions des consommateurs (**Delvaux, 1992**).

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que les caractères organoleptiques des yaourts analysés sont généralement des caractères d'un yaourt brassé, les résultats sont les suivants :

La couleur et la texture sont généralement bonnes puisqu'elles sont sélectionnées à des notes élevées dans les yaourts Soummam Fraise, Abricot et Mangue, Trèfle Abricot et Pêche Poire, Hodna Fraise.

Alors que Hodna Vanille a une texture et une couleur non acceptée par les jurys;

Caractère yaourt	Couleur					Odeur					Texture					Saveur					Statistique		
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	S.T	M	
H	F			1	6	3			3	1	6		1	1	7	1			2	6	2	163	4,07
	V		3	6		1		1	3	5	1	1	4	4		1		3	3	4		122	3,05
T	A			5	4	1			4	3	3			2	5	3			3	5	2	155	3,87
	PP		1	1	3	5		2	3	4	1		2	1	6	1			4	5	1	149	3,72
S	F				2	8			2	6	2				7	3			1	7	2	172	4,3
	A			2	6	1			3	4	3				8	2			3	6	1	155	3,87
	M			1	7	2			3	4	3				7	3			3	5	2	163	4,07

Ce yaourt est pas bien homogénéisé, ce qui conduit à l'apparition d'une petite quantité de lactosérum et d'une couleur non homogène.

Et ce qui concerne l'odeur et la saveur, il y a deux remarques, d'une part c'est que tout les yaourts mentionnés au début ont des notes élevé (c'est-à-dire ont des très bonnes odeurs et gout) ce qui montre qu'il n'y a aucun indice d'altération, donc les conditions de pasteurisation (temps, température) et l'hygiène sont respectées outre que les conditions de conservation qui sont bien suivies (la stabilisation de l'acidité).

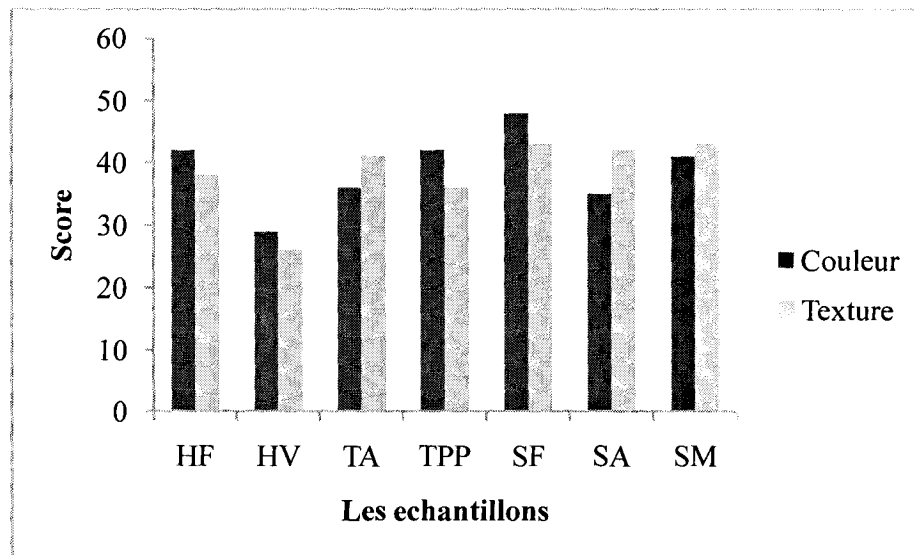


Figure 29 : Les résultats de la couleur et la texture

D'autre part l'odeur et la saveur du Hodna Vanille ont de faibles notes ce qui convient à dire, probablement que l'apparence de la synérèse donne une odeur différente et un goût de lactosérum libre plus claire.

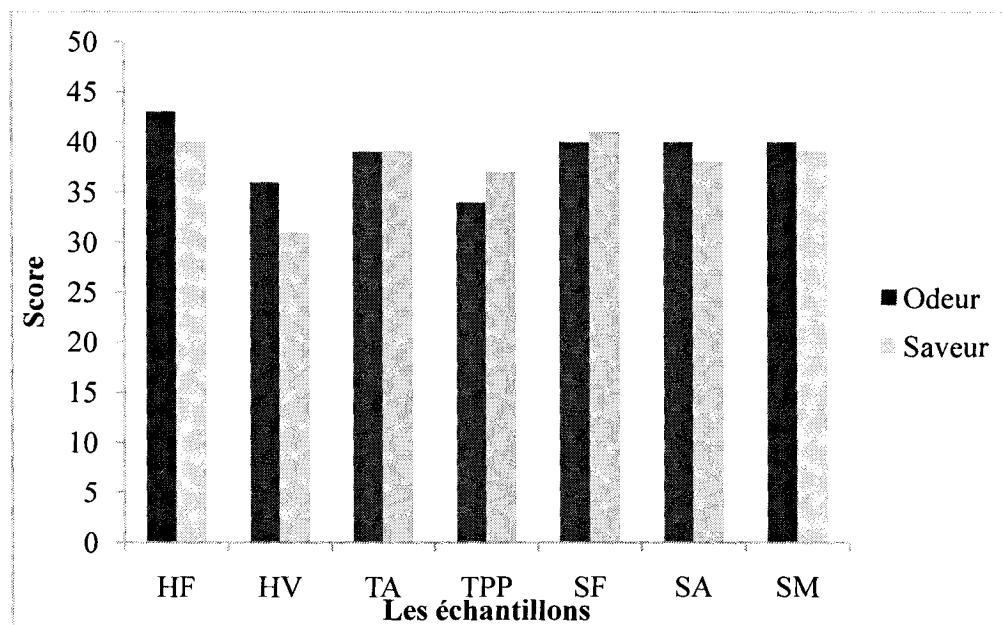


Figure 30 : Les résultats de l'odeur et la saveur.

Alors que le yaourt Soummam Fraise qui a une moyenne de score 4,3, il est le plus préférable, suivi du yaourt Soummam Mangue et Hodna Fraise qui ont une même moyenne de score (4,07), puis Trèfle Abricot (3,87), Soummam Abricot (3,87), Trèfle Pêche Poire (3,72) et en dernier classe Hodna Vanille (3,05).

Et selon Cestaro (2000) et Imhof *et al*, (1994) Les changements des qualités sensorielles sont reliés aux micro-organismes ou aux diverses phases de traitement, ils peuvent être vus dans l'aspect du produit, la modification de la coagulation, qui demeure liquide ou grumeleuse.

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'undécanal ont également un impact sur l'arôme du yaourt. Par ailleurs, de nombreuses notes aromatiques supplémentaires peuvent être apportées au yaourt par ajout de composés d'arôme (**Biliaderis *et al*, 1992**).

Conclusion

Conclusion

Au terme de notre étude qui a porté sur sept échantillons des yaourts brassés ayant fait l'objet des analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles.

Les résultats obtenus révèlent un bilan positif, donc les yaourts commercialisés sur le marché Jijelien sont de bonne qualité dans leur ensemble.

En effet à :

- L'examen organoleptique montre que la qualité de nos échantillons est satisfaisante ;
- Les épreuves physicochimiques montrent que les sept types du yaourt sont conformes aux normes soit nationales ou internationales donc une qualité nutritionnelle suffisante ;
- Les analyses microbiologiques montrent une conformité de nos échantillons aux normes nationales, que vue dire les yaourts sont de bonne qualité hygiénique, parce qu'il ya une absence totale des germes pathogènes et présence négligeable de flore de contamination représentés par les levures.

Concernant les métaux lourds et les élément minéraux , le Trèfle Abricot a la teneur la plus élevée en fer et en cuivre , le yaourt Hodna Fraise (2,531 $\mu\text{g/g}$) a la teneur la plus élevée en zinc, alors que le yaourt Soummam Mangue a un taux plus élevé en plomb .

D'autre part l'emballage de la marque Trèfle et Soummam est peut fragile, et la remarque pour le sertissage de Trèfle.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **AFNOR. (1999).** Lait et produits laitiers. Volume 1. Edition AFNOR. p 501,502.
- **Aguirre -Mandujano E., Lobato-Calleros C., Beristain C. I., Garcia H.S and Vernon-Carter E.J. (2009).** Microstructure and viscoelastic properties of low-fat yoghurt structured by monoglyceride gels. *LWT - Food Science and Technology*.42: 938–944.
- **Al-Kadamany E., Khattar M., Haddad T and Toufeili I. (2003).** Estimation of shelf life of concentrated yogurt by monitoring selected microbiological and physicochemical changes during storage. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol* 36: 407–414.
- **Alias C., Linden G., Miclo L. (2008).** Biochimie alimentaire. 6^e édition de l'abrégé. DUNOD. p170.
- **Amellal H. (2008).** Aptitudes technologiques de quelques variétés communes de dattes : Formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de doctorat. Université de Boumerdes. p 46.
- **Anonyme(2009).** GEM RCN (Groupe d'étude des marches de restauration collective et de nutrition. Laites et produits laitiers. p33
- **Anonyme. (2005).** **Direction Générale du contrôle Economique et de la Répression des Fraudes.** Guide des déterminations analytiques des laits et produits laitiers. Direction des Laboratoires d'Essais et d'Analyses de la Qualité : p9.
- **Avalos De La Cruz D.A. (2007).**faisabilité de la production au Mexique de fromages de chèvre additionné de piment : aspects technologiques, sensoriel, sanitaires et économiques. Thèse de doctorat. Université de Lorraine, p 220.

- **Barrantes E., Tamime A.Y., Sword A. M., Muir D.D and Kalkb M. (1996).** The manufacture of set-type natural yoghurt containing different oils - 1. Compositional quality, microbiological evaluation and sensory properties. *Elsevier Dairy Journal*. 6 : 81 1-826.
- **Béal C et sodini I. (2003).**Fabrication des yaourts et des laits fermentés in : *Technique d'ingénieur, traité agro-alimentaire*. F6315.
- **Bekhouche F. (2006).**Bactéries lactiques du lait cru de vache et microorganismes pectinolytiques Des olives noires et vertes : 1. Isolement et identification biochimique. 2. Evaluation et optimisation de la production d'enzyme polygalacturonase. Université de Mentouri Constantine. p21.
- **Biatcho D.N.S. (2006).** Appréciation de la mise en œuvre de l'hygiène dans une laiterie artisanale de Dakar « le dirfel » : de la récolte du lait à sa transformation en lait caillé dit « sow pur » Thèse de doctorat. P 17.
- **Biliaderis C.G.,Khan M.M. et Blank G.(1992).** Rheological and sensory properties of yogurt from skim milk and ultrafiltered retentates. *International Dairy Journal*. 2 : 311-323.
- **Bonfoh B., Fané A., Traoré N.A., Coulibaly Z., Simbé C. F., Alfaroukh O. I., Nicolet J., Farah Z et Zinsstag J. (2002).** Qualité microbiologique du lait et des produits laitiers Vendus en saison chaude dans le district de Bamako au mali. Editions Universitaires de Côte d'Ivoire-Mali, 242-250.
- **Boubchir L.K. (2011).** Effets de l'enrichissement (avec des concentrés de protéines lactières) et des paramètres technologiques sur la qualité du yaourt fabriqué à la laiterie SOUMMAM D'AKBOU. Mémoire de magister. Université de TIZI OUZOU. p20.
- **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

Références bibliographiques

- **Bourgeois C. M et Leveau J.Y. (1991).** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. Volume 3. Edition Lavoisier TEC&DOC. p 139, 200,350.
- **Bourgeois C.M., Mescle J .F et Zucca J. (1996).** Microbiologie alimentaire, de la sécurité et de la qualité des aliments aspect microbiologique. Technique et documentation. Tome 1.p272.
- **Bourgeois C.M et Lartpent J.P. (1996).** Microbiologie alimentaire : aliments fermenté et fermentation alimentaire. 22^{ème} édition. Lavoisier technique et documentation. p 303,306.
- **Broutin C., Diedhiou Y., Dieng M (2005).** Maîtrise de la qualité dans la transformation laitière. Guide de bonnes pratiques d'hygiène. Fédération nationale des acteurs de la filière lait du Sénégal. 83.
- **Brulé.G (2003)** Impact de l'évolution des technologies de production e de transformation sur la qualité des produits laitiers, 20.
- **Buaer W.J., Badoud R., Lölinger J and Etournaud A. (2010).** Science et technologie des aliments. Première édition. Edition presses polytechnique et universitaires romandes. p : 246
- **Bylund G. (1995).** Manuel de transformation du lait publié par tétra pak processing Systems AB, Sweden

- **Cestaro F. (2000).** Yogurt forever: The Yogurt Encyclopaedia. Edition Roberto Flora. p 8, 24.
- **Cheftel J.C., Cheftel H et Besaçon P. (1979).** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Volume 2. Lavoisier Tec et Doc. paris .p
- **Claustrioux J-J. (2001).** Considérations sur l'analyse statistique de données Sensorielles. *Biotechnol. Agron. Soc. N° 5* (3), 155–158, Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux(Belgique) p155.
- **codex alimentarius. (2011).** Lait et produits laitiers. Deuxième édition. Organisation Mondiale De La Sante et Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture : p15.

- **Debry G. (2001).** lait, nutrition et santé. édition technique et documentation, Lavoisier. p 5,191.
- **Delvaux A. (1992).** Les épreuves sensorielles. An n. Gembloux 98: 105–115.
- **Dieng. (2001).** contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés industriels commercialisés sur le marché Dakarais. thèse de doctorat. université de Dakar, p14

- **Favier J.C. (1991).** composition du yaourt. Orstom Fonds Documentaire : 372-379.
- **Figarelle J et Calas A(2008).** Aliments e boissons filières et produits. 3^{ème} édition. CRDPd'Aquitaine. p 33.

- **Francois M.L. (1986).** qualité-énergie et table de composition. édition Lavoisier techniques et documentation. p 109.
- **Francois M.L et Georges C. (2005).** bactéries lactiques et probiotiques. Édition Lavoisier Technologie et Documentation. p 4,6.

- **Gramech C et Chandan Ph. D. (1989).** Yaourt: nutritionnel and health propertiers C.I.R Daniel. CARASSO.DOC.108.

Références bibliographiques

- **Ghaoues S. (2011).** Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'est Algérien. Thèse de magister. Université MENTOURI – Constantine. p1.
- **Guiraud J-P. (1998).** microbiologie alimentaire. édition DUNOD. p369.
- **Guiraud J-P et Rosec J-P. (2004).** pratique des normes en microbiologie. AFNOR. P 206, 207.
- **Guiraud J et Galzy P. (1980).** Analyse microbiologiques dans les industries agroalimentaires. Edition l'usine nouvelle. p43.

- **Henriques M.H.F., Gomes D. M. G. S., Pereira C. J. D. and Gil M. H. M. (2012).** Effects of Liquid Whey Protein Concentrate on Functional and Sensorial Properties of Set Yogurts and Fresh Cheese. Food Bioprocess Technol. Springer Science+Business Media.1-12.

- **Imhof R. Glattli H et Bosset J.O. (1994).** Volatile organic aroma compounds produced by thermophilic and mesophilic mixed strain dairy starter cultures. Lebensmittel Wissenschaft and Technologie. 27: 442-449.
- **Isanga J et Zhang G. (2009).** Production and evaluation of some physicochemical parameters of peanut milk yoghurt. LWT - Food Science and Technology 42:1132–1138.

- **Jeanet R., Croguennec T., Schuck P et Brulé G (2007).** Science des aliments. volume 2. Lavoisier technologie et documentation. p7, 8, 12.
- **Jeanet R., Croguennec T., Mathaut M., Schuck P et Brulé G(2008).** les produits laitiers .2^{ème} édition. lavoisier.p23-43.
- **Joffin C et Joffin J-N. (1999).** microbiologie alimentaire. 5^e édition. centre régional de Documentation pédagogique d'aquitaine. p 94-124.
- **J.O.R.A(1998).** Arrêté interministériel du 7 octobre 1998 relatif aux spécifications techniques des yaourts et aux modalités de leur mise à la consommation.
- **J.O.R.A. (1998) N°35,** Arrêté interministériel du 25 Ramadhan 1418 correspondant au 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté du 14 Safar 1415 correspondant au 23 juillet 1994 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires, p7.

- **Khan K., Ur Rehman., Khan A Anwar and Fsher Bhadar. (2008).** physical and chemical quality appraisal of commercial yoghurt brands sold at Lahore. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science.14-22.
- **Kaci. M et Sassi. Y (2007).** Industrie laitière et des corps gras. Edition Edpme Recueil des fiches sous sectorielles
- **Katsiari M.C., Voutsinas L.P., Kondyli E. (2002).** Manufacture of yoghurt from stored frozen sheep's milk. Food Chemistry 77: 413–420.
- **Kodio A. (2005).** Qualité de produit laitiers de production industrielle et artisanale. thèse de doctorat université de Dakar.p 25.
- **Konte M. (1999).** le lait et les produits laitiers, développement de systèmes de production intensive en Afrique de l'ouest. institut sénégalais de recherches agricoles. P17, 18.
- **Koussou M.O., Grimaud P et Mopaté L.Y. (2007).** Evaluation de la qualité physico-chimique et hygiénique du lait de brousse et des produits laitiers locaux commercialisés dans les bars laitiers de N'Djamena au Tchad .Revue 60(1-4),p 46 .

Références bibliographiques

- **Kumar P et Mishra H. N. (2004).** Yoghurt powder—a review of process technology, storage and utilization, *Trans IChemE*.133:142.
- **Labioui H., Elmoualdi L., Benzakour A., El Yachioui M., Berny E et Ouhssine M. (2009).** art étude physicochimique et microbiologique de laits crus, *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux* **148**, 7-16.
- **Lamprell H. (2003).** production des enterotoxines dans les fromages en fonction de la diversité phénotypique et génétique des souches de *Staphylococcus aureus*. Thèse doctorat, Université de Bourgogne. p163.
- **Lecoq R. (1965).** manuel d'analyse alimentaire et d'expertise annuelle. Doin .Paris.2 :1304-1311.
- **Loup J.A., Henry D., François D., Henri M. (1992).** *Bactériologie Clinique*, 2^{ème} édition. copyright. p 20.
- **Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L and Randall R.J. (1951).** Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J Biol Chem*. Nov;193(1):265-275.
- **Luquet F. M. (1990).** Lait et produits laitiers .TEC et DOC. Lavoisier. P.48.
- **Luquet F.M. (1985).** Lait et produits laitiers .transformations et technologies. édition techniques et documentation, Lavoisier.633.
- **Luquet F. M et Carrieu G. (2005).** Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires, Ed Lavoisier Tec et Doc, Paris.

- **Mac Leod P., Sauvageot F. (1986).** Bases neurophysiologiques de l'évaluation sensorielle des produits alimentaires. *Les Cahiers de l'Ensbana* **5**. P a r i s : Lavoisier, 165 p.
- **Malclnga M. (1985).** étude de la fabrication des yaourts en république populaire du Congo. essai d'amélioration .Université de CLERMONT II. p 18,19, 20.
- **Marty-Teyesset C., De la Torre F.et Garel J-R. (2000).** Increased production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus delbruekii* spp *bulgaricus* upon aeration: involvement .*Applied and environmental microbiology* VOL 66 (1): p262.
- **Mathieu. J (1998).** initiation à la physico-chimie du lait. édition technique et documentation. p 63,75, 97, 179.
- **Mesclé et Zucca J.F. (1980).** Microbiologie alimentaire : aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition Tec et Doc .lavoisier
- **Mohammed H.M.H., Osman A.O., El Owni I., et El Zubeir E.M.(2007).** Assessment of Chemical and Microbiological Quality of Stirred Yoghurt in Khartoum State. Sudan, *Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 2: 56-60.

- **Nongonierma A. B., Springett M., Le Quéré J. L., Cayot P and Voilley A.(2006).** Flavour release at gas/matrix interfaces of stirred yoghurt models. *International Dairy Journal*, **16**:102-110.

- **Ouadghiri M. (2009).** Biodiversité des bactéries lactiques dans le lait cru et ses dérivés « Lben » et « Jben » thèse de doctorat. université Mohammed V AGDAL. p33.

- **Padeau D. (1992).** analyse pratique du médicament, édition, Tec et Doc-lavoisier, Paris, p 1067-1068

Références bibliographiques

- **Pougheon S. (2001).** contribution a l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse de doctorat l'Université de Toulouse.
- **Prescott H. (2002).** Laboratory Exercises in Microbiology, Fifth Edition Front Matter Preface. The McGraw-Hill Companies. p 334.
- **Prescott H., Klein W et Woolverton W. (2010).** Microbiologie. 3^e Edition. Boeck. p 1038.
- **Righi. (2006).** microorganismes en action : le yaourt. Université Laval.
- **Senoussi C. (2011).** les protéines sériques du lait camelin collecté dans trois régions du sud algérien : essais de séparation et caractérisation de la fraction protéose peptone. thèse de magister. université de Mouloud MAMMERY de TIZI OUZOU .p28.
- **Simon D., Gret M-F., Gret P-D. (2002).** transformer les produits laitiers frais à la ferme. édition Educagri p42.57.
- **Sina L. (1965).** contrôle de qualité du lait et produits laitiers fabriquées par la SOCA. thèse de doctorat, université de Dakar.
- **Syndifrais (1997)** Yaourts, laits fermentés. *revue lait*, 77 :321-358.
- **Syndifrais (2009).** questions sur les bactéries lactiques. édition des produits laitiers. p3.
- **Tammie A.Y et Teethe H.C. (1980)** Yogurt: technology and biochemistry. *Journal of food protection* .43(12):939 -977.
- **Tchangai D. (1992).** contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits et produits laitiers commerciales au Togo. Thèse de doctorat, université de DAKAR. p 31-40.
- **Tome D. (2002).** Laits fermentés : des antiques vertus aux nouvelles propriétés. *Le Quotidien du médecin in : Agronomie et nutrition*. Institut national agronomique Paris-Grignon (INA P-G).
- **Vanassche P. (1989).** le lait. *revue N°4* :p20.
- **Vignola C. I. (2002).** Science et technologie du lait : transformation du lait. Ed Lvoisier, Paris.
- **Watts B.M., Ylimaki G.L., Jeffery L.E et Elias L.G. (1989).** Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments. International Development Research Centre. p 46 ,49 ,61 ,63.
- **Wehrmülle K.(2006).** L'acide lactique dans les aliments et ses effets sur la santé. Agroscope Liebefeld-Posieux, Station fédérale de recherches en production animale et laitière. p1.
- **Zelvelder M. (2005).** La sécurité des aliments à l'INRA. édition INRA.p 22.

Annexe

Annexe I : Questionnaire pour les tests d'analyses sensorielles

Nom:..... **Prénom :**.....

Date de test:.....

Les pots du yaourt vous sont présentés, il vous est demandé d'évaluer les caractéristiques : couleur, odeur, saveur et consistance, au moyen du barème suivant :

- | | | |
|--------------------------|---|--------------|
| <input type="checkbox"/> | 5 | Très bonne |
| <input type="checkbox"/> | 4 | Bonne |
| <input type="checkbox"/> | 3 | Moyenne |
| <input type="checkbox"/> | 2 | Médiocre |
| <input type="checkbox"/> | 1 | Inacceptable |

Annexe II : Préparation des courbes d'étalonnage d'amidon.**Tableau 2 :** Etablissement de la courbe d'étalonnage de l'amidon

Réactif/tube	T=0	T=1	T=2	T=3	T=4	T=5	T=6	T=7	T=8	T=9	T=10
Amidon (5mg/ml) en ml	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
H ₂ O (ml)	49	48,9	48,8	48,7	48,6	48,5	48,4	48,3	48,2	48,1	48
Réactif I ₂ /KI (ml)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Concentration d'amidon (mg/ml)	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
Durée d'incubation	10 minutes avant la lecture des densités optiques										

Annexe III : Courbes d'étalonnage

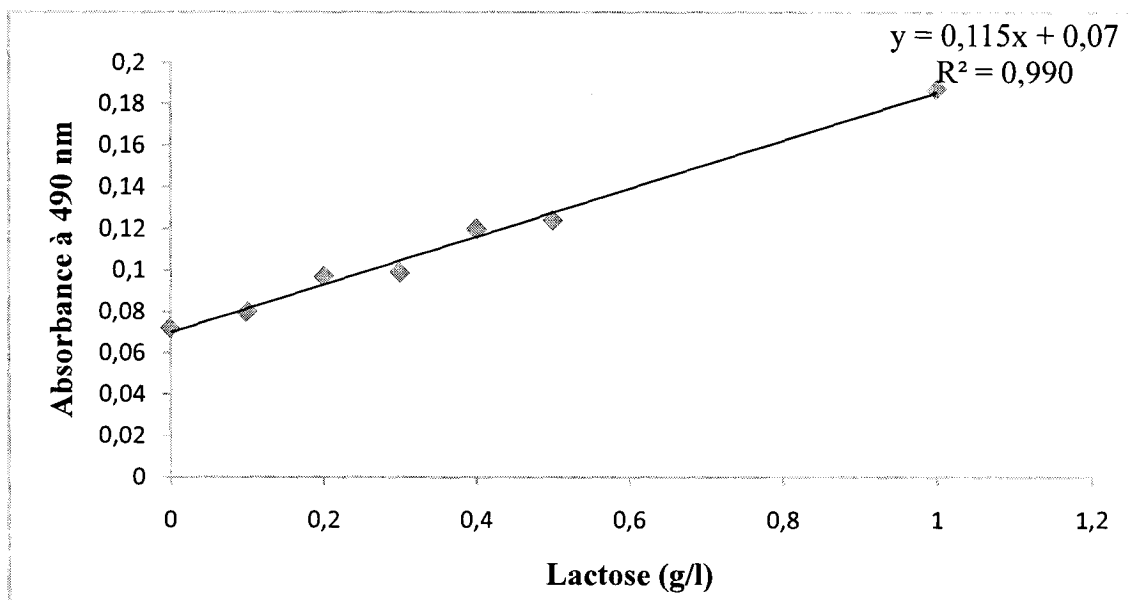


Figure 2 : Courbe d'étalonnage de lactose

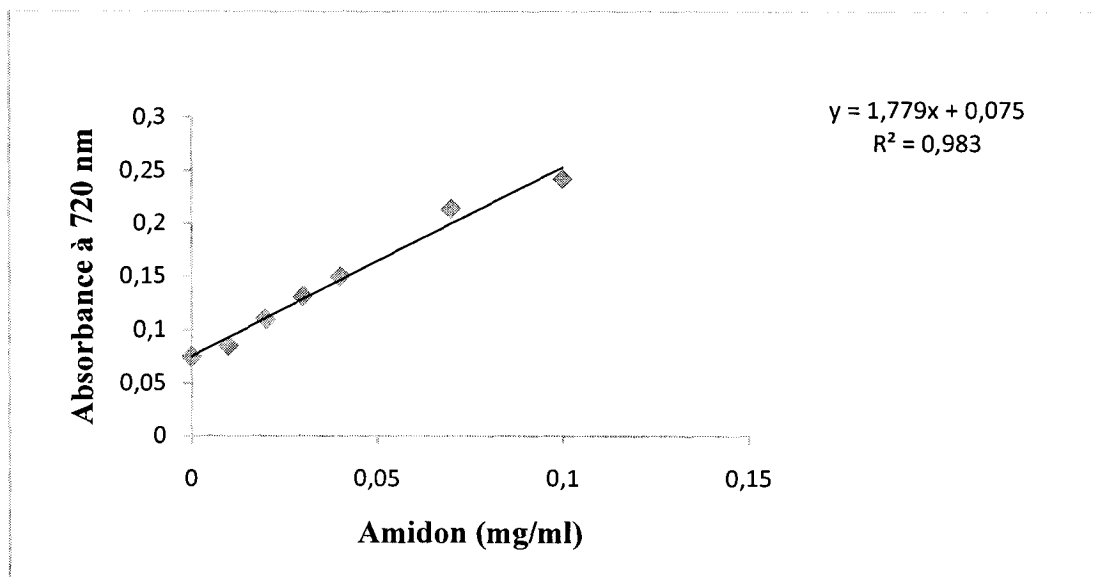


Figure 3 : Courbe d'étalonnage de dosage d'amidon

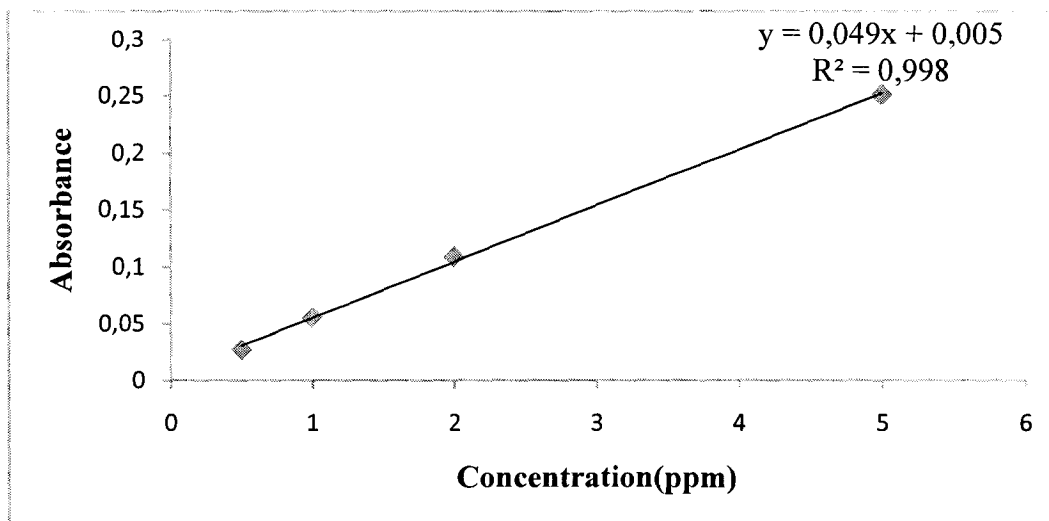


Figure 4: Courbe d'étalonnage de dosage de fer

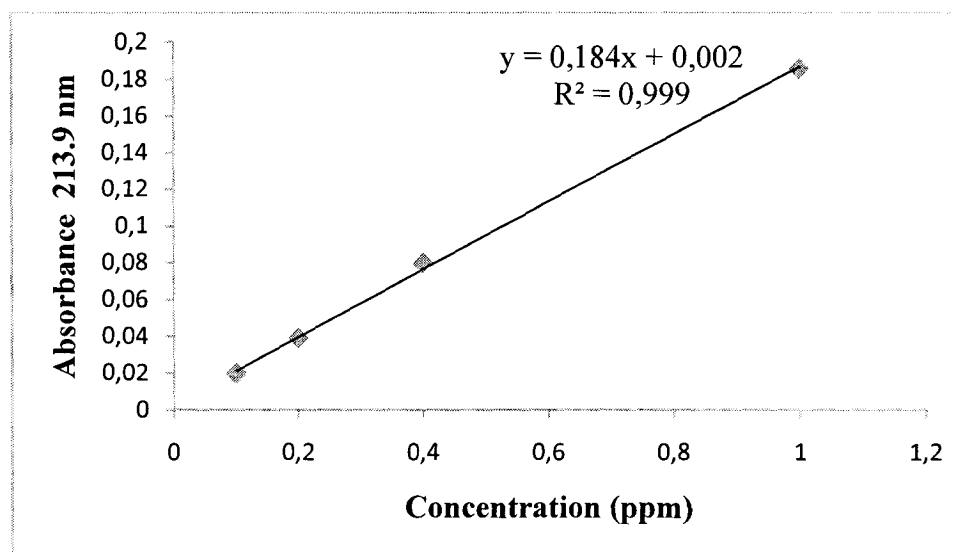
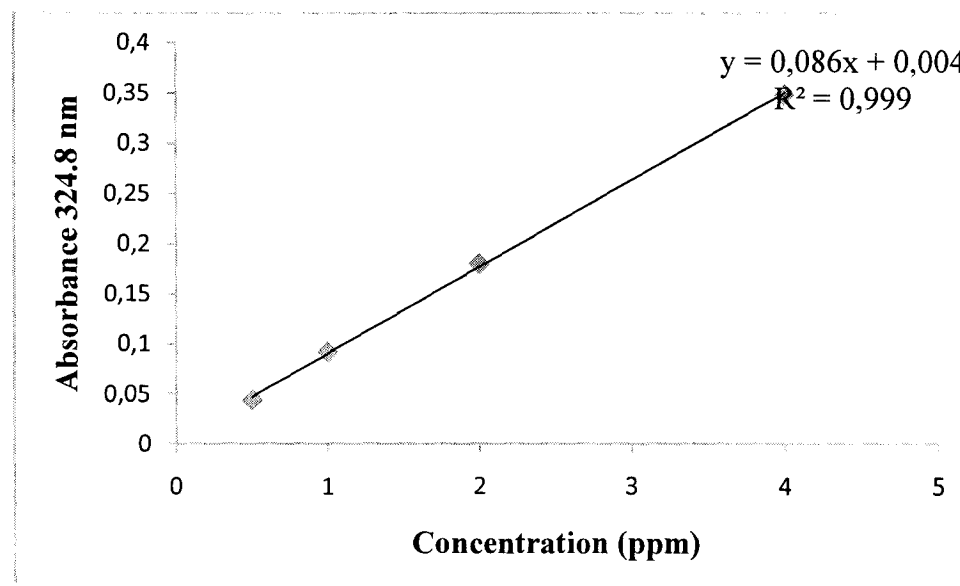


Figure 5: Courbe d'étalonnage de dosage zinc



Présenté par: BIOUS Ahlem BOUDELAA Hassina BOUTAGHOU Amina	Promotrice : M^{me} OUAZENE Née ISSAADI. O. Date de soutenance : 03 /07/2012
Contrôle de qualité du yaourt brassé	
Nature du diplôme : Ingénieur d'Etat en Biologie : Option Contrôle de Qualité et Analyses	
Résumé	
<p>Ce travail s'est articulé autour de trois axes de recherche, le premier concerne les analyses physico-chimiques des trois marques du yaourt brassé (Soummam, Trèfle, Hodna), le second des contrôles microbiologiques et le dernier c'est une évaluation sensorielle. La finalité étant de détecter d'éventuelles différences du point de vue la qualité des yaourts analysées.</p> <p>Généralement les analyses effectuées et les résultats obtenus lors de cette étude indiquent que les yaourts des trois marques étudiées ont une qualité nutritionnelle et hygiénique satisfaisantes, dont les yaourts de la marque Soummam ont une très bonne qualité organoleptique, suivi des yaourts de la marque Trèfle. Cependant, le yaourt Hodna Vanille a une texture déclassée. Concernent le conditionnement, il est noté que le yaourt de marque Trèfle et Soummam ont un emballage un peu fragile contrairement à l'autre. La teneur de fer, de cuivre (Trèfle Abricot) et de plomb (Soummam Mangue) est élevée.</p>	
Mots clés: la qualité, yaourt brassé, analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielles, lait fermenté.	
Abstract	
<p>This work was articulated around three research orientations, the first relates to the physicochemical analyzes of the three marks of brewed yoghurt (Soummam, Trèfle, Hodna), the second of microbiological controls and the last it is a sensory evaluation. The finality being to detect possible differences from the analyzed point of view the quality of yoghourts.</p> <p>Generally the analyzes carried out and the results obtained at the time of this study indicate that the yoghourts of the three studied marks have a nutritional and hygienic quality satisfactory, whose yoghourts of the Soummam mark have very an organoleptic good quality, followed yoghourts of the Trèfle mark. However, the yoghourt Hodna Vanille has a displaced texture. Relate to conditioning, it is noted that the yoghourt of mark Trèfle and Soummam have a little fragile packing contrary to the other. Content of iron copper (Trèfle) and lead (Soummam Mango) elevated.</p>	
Key words: quality, brewed yoghurt, physicochemical, microbiological and sensory analyzes, fermented milk.	
ملخص	
<p>لقد ركز هذا العمل على ثلاثة مجالات من البحث، الأول يتعلق بالتحاليل الفيزيوكيميائية لثلاث أنواع من الزبادي الممزوج (صومام، ترافل، حضنة)، والثاني يخص الاختبارات الميكروبيولوجية والأخير هو التقييم الحسي والغرض من ذلك هو الكشف عن جودة الزبادي المحلل.</p> <p>التحليلات والنتائج التي تحققت خلال هذه الدراسة تشير إلى الأنواع التجارية الثلاث من الزبادي لها جودة غذائية وصحية مرضية، حيث العلامة التجارية صومام لها نوعية حسية جيدة جدا، تليها العلامة التجارية ترافل. غير أن زبادي حضنة فانيلا لها قوام رديء. ولوحظ أن العلامة التجارية صومام و ترافل لديها توظيف و تغليف هش قليلا وعلى عكس العلامة الأخرى فيما يخص المحتوى من الحديد والنحاس (ترافل) و الرصاص (صومام مانجو) مرتفعة.</p>	
الكلمات المفتاحية: الجودة، الزبادي الممزوج، تحاليل الفيزيوكيميائية، الميكروبيولوجية والحسية، الحليب المخمر.	

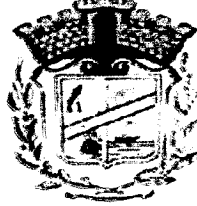
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Republique Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique

Université De Jijel

جامعة جيجل

Faculté Des Sciences Exactes et Sciences
de la Nature et le la Vie



كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة

Département De Biologie Moléculaire et
Cellulaire

قسم البيولوجيا الجزيئية والخلوية

**Mémoire De fin D'études Pour l'Obtention Du Diplôme
d'Ingénieur d'Etat en Biologie**

Option : Contrôle de Qualité et Analyses

Intitulée

Contrôle de la qualité des yaourts brassés

Membre de Jury :

Président : Mr BOUDJERDA. D

Examinatrice : M^{lle} AKKOUCHE. Z

Promotrice : M^{me} OUAZENE Née ISSAADI. O



Présenté par :

BIOUT Ahlem

BOUTAGHOU Amina

BOUDELAA Hassina



Année Universitaire : 2011/2012

Remerciements

A travers ces quelques lignes éminemment symboliques, mais combien important pour nous, nous espérons pouvoir dire sincèrement, remerciements et considération;

Au Bon Dieu Allah le tout puissant, de nous avoir accordé santé, nous remercions Allah tout puissant pour nous avoir donné la volonté, le courage et la patience dans l'accomplissement de ce travail à terme.

Nos profonds remerciements s'adressent à notre promotrice, Mme OUAZENE Née ISSAADI O. qui a accepté de nous encadrer, pour sa collaboration et son aide nécessaire à la réalisation de notre travail.

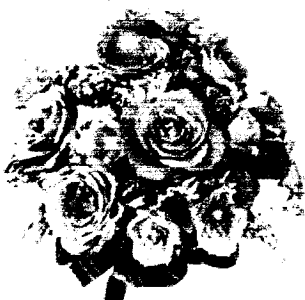
Nous tenons à remercier Mr BOUDJERDA Djamel et M^{lle} AKKOUCHE Zoubida pour avoir accepté de présider, jugé et d'examiner notre travail.

Nous remercions également Dr IDOUI Tayeb pour sa disponibilité, ses conseils et ses encouragements.

Nous remercions aussi tous les collègues et l'équipe qui nous a accompagné dans le laboratoire de microbiologie, pour leurs remarques et conseils, mais aussi pour l'ambiance amicale et studieuse qu'ils ont su créer.

Pour tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à notre formation ; notre enseignants et enseignantes de 1^{ère} année jusqu'à 5^{ème} année en biologie ; chacun son nom, trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

A toutes personnes qui nous ont aidés de près ou loin à réaliser de ce modeste travail.



Merci à tous



Dédicace

Nous dédions ce travail à toutes les personnes qui nous sont chères ;

A mes grands pères

A mes grandes mères

*A mes très chères parents qui nous ont toujours soutenues que dieu les garde pour
nous.*

A mes très chères sœurs et mes frères

A mes oncles paternels et maternels et leurs familles

A mes cousins

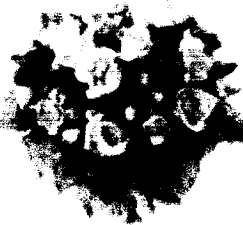
A tout la promotion de « contrôle de qualité 2012 »

A tous les étudiants de l'université de Jijel.

Hassina

Ahlem

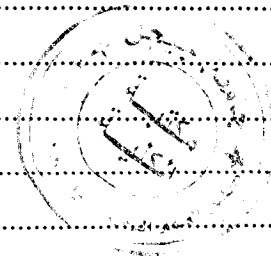
Amina



Sommaire

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1
Partie I : Synthèse bibliographique	
I. Historique	2
II. Le lait et les laits fermentés	3
II.1. Le lait	3
II.1.1. Définition.....	3
II.1.2. Composition.....	3
II.1.2.1. L'eau.....	3
II.1.2.2. Les glucides du lait	3
II.1.2.3. Sels organiques et minéraux	3
II.1.2.4. Protéines	3
a. Protéines du lactosérum.....	4
b. Les caséines.....	4
II.1.2.5. Les biocatalyseurs : vitamines et enzymes	4
a.- Enzymes	4
b. Vitamines.....	5
II.1.2.6. Matières grasses.....	5
II.1.2.7. Les différentes phases du lait.....	5
II.1.3. Caractéristiques organoleptiques	5
II.1.3.1. Couleur	5
II.1.3.2. Odeur	6
II.1.3.3. Saveur	6
II.1.3.4. Viscosité	6
II.1.4. Valeur nutritionnelle du lait.....	6
II.2. Les laits fermentés	6
II.2.1. Définition.....	6
II.2.2. Le lait fermenté concentré	6
II.2.3. Les laits fermentés aromatisés	6
II.2.4. Les bactéries lactiques et leur impact sur la fermentation	7
II.2.4.1. Définition	7
II.2.4.2. Les bactéries du yaourt	7



a. <i>Streptococcus thermophilus</i>	7
b. <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	7
II.2.4.3. Les bactéries lactiques à effet probiotiques	7
II.2.4.4. Définition de la fermentation lactique	8
II.2.4.5. Les ferments et leur impact sur la fermentation	8
II.2.4.6. L'acide lactique et la santé	8
III. Le yaourt.....	9
III.1. Définition.....	9
III.2. Classification des yaourts et désignation.....	9
III.3. Composition du yaourt	10
III.3.1. Composition du yaourt brassé	10
III.4. Technologie de fabrication	10
III.4.1. Préparation et traitement du lait	10
III.4.1.1. Standardisation de la matière grasse	11
III.4.1.2. Homogénéisation.....	11
III.4.1.3. Pasteurisation	11
III.4.1.4. Refroidissement à température de fermentation.....	11
III.4.1.5. Ensemencement.....	11
III.4.1.6. L'aromatization	11
III.4.1.7. Fermentation.....	11
III.4.1.8. Conditionnement	12
III.4.1.9. L'étiquetage.....	12
III.4.1.10. Stockage	12
III.5. Défauts de fabrication	14
IV. Valeur nutritionnelle	16
IV.1. Amélioration de la digestibilité du lactose.....	16
IV.2. Amélioration de la digestibilité des protéines	16
IV.3. Amélioration de la digestibilité des matières grasses	17
IV.4. Activité antimicrobienne	17
IV.5. Propriétés immunologiques et physiologiques.....	17
IV.6. Stimulation du système immunitaire.....	17
IV.7. Action hypocholestérolémiante	17
IV.8. Teneur en vitamines et sels minéraux	17

Partie II : Etude expérimentale

I. Matériel et méthodes

I.1. Matériel	19
I.2. Méthodes	22
I.2.1. Analyses physicochimiques	22
I.2.1.1. Préparation de l'échantillon pour essai	22
I.2.1.2. Mesure du pH.....	22
I.2.1.3. Détermination de l'acidité titrable	22
I.2.1.4. Détermination de la teneur en eau	22
I.2.1.5. Détermination de la teneur en cendres	23
I.2.1.6. Détermination de la teneur en matière organique	23
I.2.1.7. Détermination de la teneur en matière grasse	23
I.2.1.8. Détermination de la teneur en lactose	23
I.2.1.9. Dosage de l'azote total (méthode de kjeldahl)	24
I.2.1.10. Dosage spectrophotométrique de l'amidon	24
I.2.1.11. Détermination des éléments minéraux et métaux lourds	25
I.2.1.12. Test de résistance de l'emballage	25
I.2.1.13. Test de résistance de sertissage	25
I.2.2. Analyse microbiologique	26
I.2.2.1. Préparation de la solution mère et des dilutions décimales	26
I.2.2.2. Dénombrement des coliformes totaux	26
I.2.2.3. Dénombrement de coliformes thermotolérants (fécaux)	26
I.2.2.4. Dénombrement des <i>staphylococcus aureus</i>	27
I.2.2.5. Recherche des salmonelles.....	27
I.2.2.6. Dénombrement des levures et moisissures	27
I.2.2.7. Recherche des <i>Clostridium sulfito-réducteur</i>	28
I.2.3. Analyse organoleptique.....	28

II. Résultats et discussion

II.1. Analyses physicochimiques	30
II.1.1. Le pH et acidité	30
II.1.2. La teneur en eau et la matière sèche	31
II.1.3. Matière grasse.....	32
II.1.4. Matière minérale.....	33
II.1.5. Lactose	34
II.1.6. Protéines	35

II.1.7. Dosage de l'amidon.....	36
II.1.8. Dosage des éléments minéraux et métaux lourds	37
II.1.8.1. Fer	37
II.1.8.2. Zinc	38
II.1.8.3. Cuivre	39
II.1.8.4. Plomb	39
II.1.9. Test de résistance de l'emballage	40
II.1.10. Test de résistance de sertissage.....	40
II.2. Analyses microbiologiques	41
II.3. Analyse organoleptique	42
Conclusion.....	45
Références bibliographiques	46
Annexes	

Liste des abréviations

FAO: Food and Agriculture Organisation

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

BSA : Sérum Albumine Bovin

AFNOR : Association Française de la Normalisation

pH : Potentiel d'hydrogène

Ppm : Partie par million

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne

MG : Matière grasse

MS : Matière sèche

DLC : Date limite de consommation

D° : Degré d'oronic

Kcal : Kilocalorie.

Liste des figures

Numéro	Titre de figure	Page
1	Structure de la micelle de caséine et d'une sous micelle	4
2	Evolution du lait cru conserver vers 20°C	5
3	La coopération entre les deux ferments du yaourt	7
4	Diagramme de fabrication du yaourt	13
5	La qualité de sertissage	26
6	Les résultats du pH et acidité titrable des yaourts.	30
7	La teneur en matière sèche et l'humidité.	32
8	Les teneurs en matière grasse des échantillons	33
9	Les teneurs en matière minérale et organique	34
10	La teneur en lactose des échantillons.	35
11	Teneur en protéines et en azote totale	36
12	Teneur en fer des échantillons analysés	37
13	Teneur en zinc des échantillons analysés	38
14	Teneur en cuivre des échantillons analysés	38
15	Teneur en plomb des échantillons analysés	40
16	Les résultats de la couleur et la texture des échantillons analysés	43
17	Les résultats de l'odeur et la saveur des échantillons analysés	43

Liste des tableaux

Numéro	Titre de tableau	Page
I	Type du yaourt en fonction de la technologie de fabrication	9
II	Type du yaourt en fonction des ingrédients additionnés	10
III	Type du yaourt en fonction de la teneur en matière grasse	10
IV	Composition moyenne de 100 g du yaourt brassé	10
V	Défauts de gout	14
VI	Défauts de texture	15
VII	Défauts d'apparence	15
VIII	Comparaison entre la composition en vitamines de lait et d'un yaourt au lait entier	18
IX	Présentation des échantillons	19
X	Etablissement des données du dosage de l'amidon dans les échantillons à étudier.	25
XI	Résultats de pH et acidités des échantillons analysées.	30
XII	La teneur en eau et la matière sèche des échantillons analysés.	31
XIII	Les teneurs en matière grasse	32
XIV	La teneur en matière organique et minérale	33
XV	La teneur en lactose des échantillons analysés	34
XVI	Les teneurs en protéines des échantillons analysées.	35
XVII	Les résultats de dosage de l'amidon.	37
XVIII	Les résultats de dosage des éléments minéraux et des métaux lourds ($\mu\text{g/g}$).	37
XIX	Les résultats de résistance de l'emballage	40
XX	Les résultats des analyses microbiologiques	41
XXI	Résultats des testes organoleptiques du yaourt	42

Introduction

Introduction

Le lait est l'un des aliments les plus répandus dans la nature, étant un excellent aliment pour l'homme, en raison de sa composition équilibrée en nutriments de base (glucides, lipides, et protéines), mais aussi de sa richesse en certaines vitamines, notamment de groupe B et d'oligo-éléments (**Ghaoues, 2011**).

Le lait peut être transformé en laits fermentés qui sont différenciés par leur composition, la flore lactique, la technologie, la texture, et leur durée de conservation. Ils possèdent des qualités nutritionnelles reconnues (**Tome, 2002**).

L'Algérie est un pays de tradition laitière où il existe des différents types de laits fermentés traditionnels parmi les plus connus : L'ben, Raib et le plus récent : le yaourt. Ce dernier a connu une évolution importante en Algérie vu la concurrence existante entre les différentes laiteries et les exigences des consommateurs. À titre d'exemple la consommation annuelle moyenne du yaourt en Algérie oscille entre 5 et 6 Kg/an (**Bouchir, 2011**).

Le yaourt est un produit qui peut être consommé quotidiennement en abondance vu ses vertus (**Simon et al., 2002**). Il est défini comme un lait fermenté obtenu à l'aide de deux souches de bactéries bien spécifiques (**Kaci et Sassi, 2007 ; Lamontagne, 2002**), sa valeur nutritionnelle est supérieure à celle du lait (**Malclnaga, 1985**).

D'ailleurs l'utilisation croissante du lait et ses dérivés a nécessité un contrôle de sa qualité hygiénique et nutritionnelle (**Kodio, 2005**).

Notre étude est réalisée en vue de mettre en évidence la qualité nutritionnelle, hygiénique et organoleptique de sept échantillons du yaourt brassé écoulés sur le marché Jijelien.

Nous avons choisi le yaourt brassé aromatisé conditionné en pots pour le présent travail vu qu'il est le plus consommé.

La première partie a été consacrée à une synthèse bibliographique.

Dans la partie expérimentale, on a évalué la qualité de sept échantillons du yaourt brassé disponibles sur les superettes de Jijel, par l'analyse de quelques paramètres physicochimiques, microbiologiques, et une analyse sensorielle.

Le but de notre travail est de contrôler sept échantillons du yaourt brassé.

Synthèse bibliographique

I. Historique

Les laits fermentés ont derrière eux une longue tradition (**Bourgeois et Lartpent, 1996**), dont leur usage a commencé en Eurasie, chez les Buschirs, les Tatares, les Kirghizes, les Kalmoucks...etc. Soi-disant dans le passé, les habitants remplirent leurs gourdes avec du lait, persuadés qu'ils allaient se modifier dans le désert. Mais sous l'effet du galop du cheval et de chaleur, le lait se transforma en une substance blanche que le cavalier goûta et apprécia. Le yoghourt était né. Le mot yoghourt provient de la langue bulgare (yoghurt), «yog» qui voulait dire «épais» et «urt» qui signifiait «lait» (**Francois et Georges, 2005**). Cependant, dans beaucoup d'autres pays il a leurs propres noms comme Lebon ou Liban comprenant quelques pays Arabes, Zabady en Egypte et au Soudan, dahi ou lait caillé au Pakistan et en Inde (**Khan et al., 2008**). Il est très ancien et le plus consommé dans les pays occidentaux, dont les premiers yaourts datent de 10 à 15 000 ans, et leur fabrication a été industrialisée au début du 20^{ème} siècle. Ces produits se sont ensuite largement développés, grâce à leurs caractéristiques organoleptiques agréables : acidité, fraîcheur et onctuosité et à leurs propriétés nutritionnelles.

Traditionnellement, c'est le yaourt dit « nature » et ferme qui constituait l'essentiel des productions de laits fermentés. Dans les années 1960-1970, sont apparus les produits sucrés puis aromatisés et aux fruits. Actuellement, ils sont majoritaires sur le marché (60%). L'apparition du yaourt brassé a constitué une autre étape importante de la commercialisation des laits fermentés (40% du marché actuel) (**Brulé, 2003**).

II. Le lait et les laits fermentés

II.1. Le lait

II.1.1. Définition

En 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève, le lait étant défini comme suit :

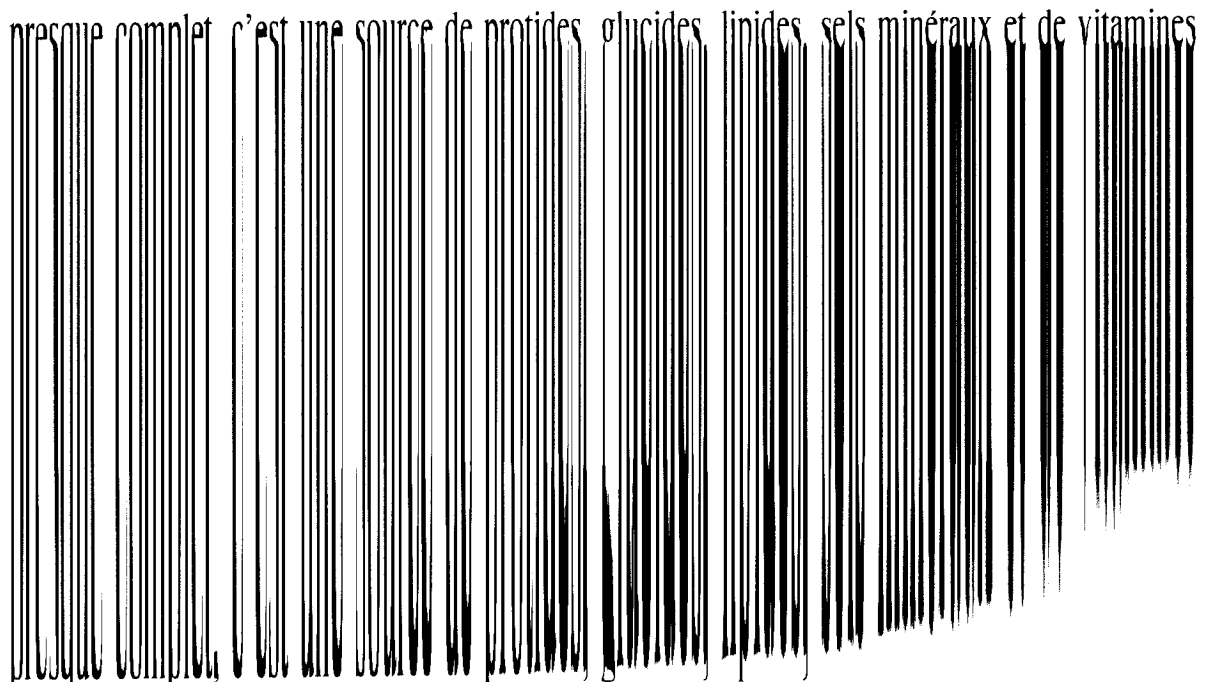
"Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum (Debry, 2001).

Le terme lait sans qualification désigne le lait de vache (Alias *et al.*, 2008), Il s'agit d'un fluide aqueux opaque, blanc, légèrement bleuté, d'une saveur douceâtre et il a un pH légèrement acide, proche de la neutralité (6.6 à 6.8) (Biatcho, 2006 ; Debry, 2001). Il varie avec leur richesse en phosphates, citrates et caséines ((Mathieu, 1998).

II.1.2. Composition

Le lait est un substrat très riche fournissant à l'homme et aux jeunes mammifères un aliment

presque complet c'est une source de protéides, glucides, lipides, sels minéraux et de vitamines



(Bourgeois *et al.*, 1996) ; le tableau I montre une composition d'un lait de vache.

II.1.2.1. L'eau

C'est l'élément quantitativement le plus important. Elle représente environ 81 à 87 % du volume du lait. L'eau du lait se trouve sous deux formes :

L'eau libre (96 % de la totalité) et l'eau liée (4 %) à la matière sèche (Kodio, 2005).

II.1.2.2. Les glucides du lait

Les glucides de lait sont essentiellement représentés par le lactose (la proportion des autres glucides étant toujours très faible). Il a un goût sucré faible : son pouvoir sucrant est 6 fois plus faible que le sucre ordinaire.

Cependant, le lait contient deux types de glucides :

- Les glucides libres et dialysables (égale les oligoholosides) ;

- La lyse des constituants originels du lait ayant des conséquences importantes sur le plan technologique et sur les qualités organoleptiques du lait (lipase, protéase) ;
- Le rôle antibactérien : elles apportent une protection au lait (lactoperoxydase et lysozyme) ;
- Les indicateurs de qualité hygiénique (certaines enzymes sont produites par des bactéries et des leucocytes (Biatcho, 2006).

b. Vitamines

Les vitamines du lait sont classées en deux grandes catégories :

- Les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) ;
- Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie (Pougheon, 2001).

II.1.2.6. Matières grasses

La teneur en matière grasse des laits de vache varie de 3,3 à 4,7% (P/P) suivant la race, le stade de lactation, la saison,... etc (Jeantet *et al.*, 2007). La matière grasse du lait est majoritairement présente sous forme de gouttelettes lipidiques enrobées d'une enveloppe protectrice, elle assure la dispersion de la matière grasse laitière (Danthine, 2000).

II.1.2.7. Les différentes phases du lait

Cependant que le lait est un mélange hétérogène ; lorsqu' il est laissé un certain temps à une température ambiante, il évolue (figure 2) : ceci permet de mettre en évidence différentes phases de son évolution.

- La phase aqueuse, contient l'eau environ 87% du lait et les produits solubles (lactose, sels, protéines soluble, composé azoté non protéiques, biocatalyseurs tels que vitamines hydrosolubles ou enzymes).
- La suspension colloïdale micellaire (2,6%) peut donner naissance au caillé obtenu par la coagulation des caséines suite à l'action de micro-organismes ou d'enzymes ;
- L'émulsion (4,2%) par leur tour peut donner naissance à la crème rassemblée à la surface du lait par effet de gravité (Debry, 2001).

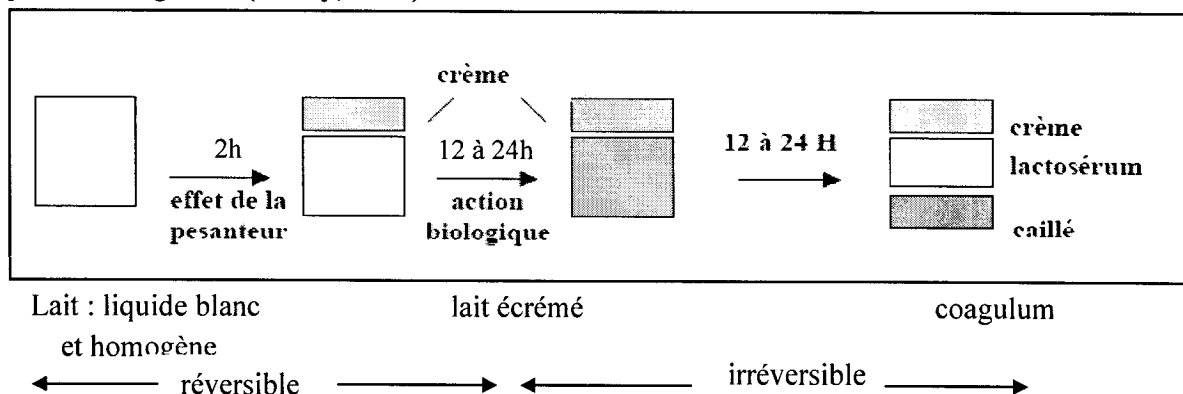


Figure 2 : Evolution du lait cru conservé vers 20°C (Debry, 2001)

II.1.3. Caractéristiques organoleptiques

II.1.3.1. Couleur : Le lait est un liquide blanc mat, opaque à cause des micelles de caséinates, ou parfois bleuté ou jaunâtre du fait du bêta carotène ou de la lactoflavine contenue dans la matière grasse (Biatcho, 2006).

II.1.3.2. Odeur : est toujours faible et variable en fonction de l'alimentation de la femelle productrice (Biatcho, 2006).

II.1.3.3. Saveur : est douceâtre, faiblement sucrée, en raison de sa richesse en lactose dont le pouvoir sucrant est inférieur à celui du saccharose (Biatcho, 2006).

II.1.3.4. Viscosité : est en fonction de l'espèce, soit :

- Le lait visqueux chez les monogastriques (jument, ânesse, carnivores et femme). C'est le cas de lait albumineux.
- Où il est moins visqueux chez les herbivores (lait de brebis plus visqueux que celui de la vache) c'est le lait dit caséineux (Biatcho, 2006).

II.1.4. Valeur nutritionnelle du lait

- Les protéines du lait sont parmi les plus nobles. Elles viennent juste après celles de l'œuf, avec une valeur biologique de 90.
- Le lactose du lait entretient la flore intestinale lactique qui joue un rôle d'antibiotique vis-à-vis des microbes pathogènes. Il joue un rôle important dans l'absorption du calcium dont il constitue la source alimentaire principale.
- L'assimilation du calcium est d'autant mieux assurée que le lait apporte en même temps de phosphore et de vitamine D.
- Le lait assure aussi une triple sécurité à l'homme : apport protéique, apport minéral et vitaminique. C'est l'aliment complémentaire par excellence aux glucides apportés par les céréales et les tubercules (Biatcho, 2006).

II.2. Les laits fermentés

II.2.1. Définition

D'après le décret n° 88-1203, du 30 décembre 1988 de *codex alimentarius*, la dénomination « laits fermentés est réservée aux produits laitiers préparés avec différents types de laits (écrémé, concentré, en poudre ...etc.), ayant subi un traitement thermique au moins équivalent à la pasteurisation,ensemencé avec des micro-organismes appartenant à l'espèce ou aux espèces caractéristiques de chaque produit (Francois et Georges, 2005 ; Syndifrais, 1997) qui amène à la fermentation du lait et cela permet sa stabilisation microbiologique en lui conférant une texture et des propriétés organoleptiques et/ou nutritionnelles particulières » (Tome, 2002).

II.2.2. Le lait fermenté concentré : est un lait fermenté dont la teneur en protéines a été augmentée avant ou après fermentation à un minimum de 5,6%. Les laits fermentés concentrés incluent les produits traditionnels comme le Stragisto (yaourt égoutté), Labneh, Ymer et Ylette (Codex alimentarius, 2011).

II.2.3. Les laits fermentés aromatisés : sont des produits laitiers composés, contenant un maximum de 50 % (m/m) d'ingrédients non laitiers (comme des édulcorants nutritifs et non nutritifs, des fruits et légumes, ainsi que des jus, purées, pulpes, préparations et conserves dérivés de ces derniers, céréales, miel, chocolat, noix, café, épices et autres denrées alimentaires aromatisées naturelles et inoffensives) et/ou d'arômes. Les ingrédients non laitiers peuvent être mélangés avant ou après fermentation comme les yaourts (Codex alimentarius, 2011).

II.2.4. Les bactéries lactiques et leur impact sur la fermentation

II.2.4.1. Définition

Les bactéries lactiques sont des cellules vivantes, procaryotes, hétérotrophes et chimio-organotrophes. A quelques exceptions près, Elles forment un groupe très hétérogène présentant les caractères généraux suivants : Elles sont à Gram positif, immobiles, asporulées, micro-aérophiles ou anaérobies facultatifs, ne réduisant pas les nitrates, et ne possédant pas de catalase (certaines souches possèdent une pseudocatalase), de nitrate réductase, et de cytochrome oxydase peu ou pas protéolytiques dans le lait. Elles fermentent les sucres dans des conditions diverses. Elles ont des exigences nutritionnelles nombreuses (acides aminés, peptides, sels, acides gras et glucides) (Dieng, 2001 ; Ouadghiri, 2009).

Elles synthétisent leur ATP grâce à la fermentation lactique des glucides (Bekhouche, 2006).

II.2.4.2. Les bactéries du yaourt

a. *Streptococcus thermophilus*

Streptococcus thermophilus se présente sous forme de cellule sphérique ovoïde (0.7 à 0.9 nm de diamètre), en paires, en chaînettes ou en longue chaîne. C'est l'une des espèces les plus thermorésistantes car elle survie à un chauffage de 65°C pendant 30 min. Elle est halotolérante (2-4%) de NaCl et fermentaire en produisant exclusivement de l'acide lactique. Cette bactérie dégrade le lactose et le saccharose mais aussi le fructose et le glucose. Elle se trouve dans le lait et produits laitiers. Cette espèce est capable de synthétiser les exo-polysaccharides soit en monoculture, soit en association avec la souche *Lactobacillus bulgaricus* (Boudjema, 2008).

b. *Lactobacillus bulgaricus*

Lb. Bulgaricus est un bacille gram positif, immobile, asporulé, microaérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chaînettes. Il possède un métabolisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique comme principal produit final à partir des hexoses de sucres. Il est incapable de fermenter les pentoses.

Lb. bulgaricus est une bactérie thermophile, très exigeante en calcium et en magnésium et sa température optimale de croissance est d'environ 42°C. Cette bactérie a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques du yaourt (Bouchir, 2011 ; Marty - Teyesset *et al.* , 2000).

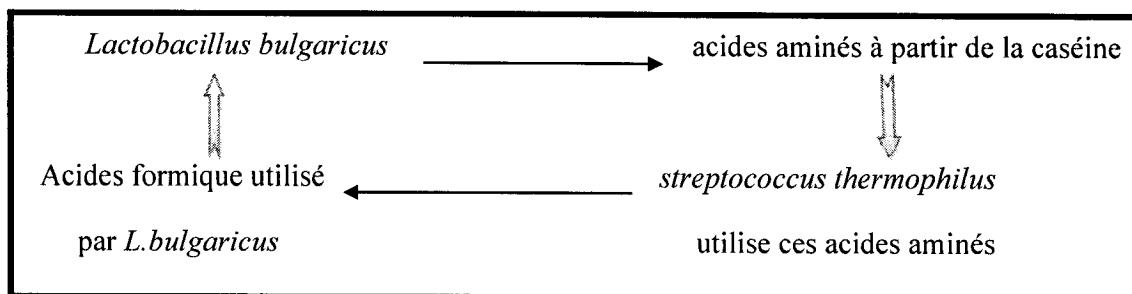


Figure 3 : La coopération entre les deux ferments du yaourt (Figarelle et Calas, 2008).

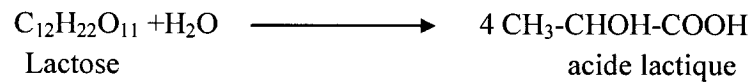
II.2.4.3. Les bactéries lactiques à effet probiotiques

Les probiotiques sont définis comme des micro-organismes vivants qui, après ingestion en quantité adéquate, produisent des effets bénéfiques sur la santé de l'hôte. Dans la majorité des

cas, les produits laitiers tels que les yaourts, laits fermentés, fromages, laits en poudre et crèmes glacées sont choisis comme vecteurs privilégiés des cultures probiotiques (Syndifrais, 2009).

II.2.4.4. Définition de la fermentation lactique

La fermentation lactique correspond à la transformation du lactose du lait en acide lactique, sous l'action des microorganismes spécifiques appelés bactéries lactiques. Elle s'accompagne des modifications biochimiques, physicochimiques et organoleptiques du produit (Beal et Sodini, 2003).



II.2.4.5. Les ferments et leur impact sur la fermentation

La sélection des souches pour la fabrication d'un yaourt à caractéristiques organoleptiques bien définie doit répondre aux critères suivant :

- L'activité acidifiante ;
- La production d'exopolysaccharides ;
- La protéolyse ;
- La production d'arômes (Francois et Georges, 2005).

II.2.4.6. L'acide lactique et la santé

L'absorption facilitée du calcium contenu dans le yogourt peut s'expliquer entre autres par sa teneur en lactate. Chez le rat, le lactate de calcium provoque une récupération de la densité osseuse égale à celle que l'on observe sous l'effet du xylitol de calcium et du carbonate de calcium. L'organisme assimile mieux le phosphore et le fer en présence d'acide lactique. (Wehrmülle, 2006).

Dans le sang, l'acide lactique rééquilibre la balance acido-basique, et par là les échanges d'oxygène et de minéraux avec les cellules. Il a une influence favorable en tant que régulateur de la respiration intracellulaire (Wehrmülle, 2006).

III. Le yaourt

III.1. Définition

Selon la norme A-11 a de 1975 du Codex Alimentarius, le yogourt, ou yaourt est défini de la manière suivante : «le yogourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus bulgaricus* et de *Streptococcus thermophilus* (dans la nomenclature moderne, *Lactobacillus delbrueckii sub sp bulgaricus* et *Streptococcus salivarius sub sp thermophilus*) (Figarelle et Calas, 2008) à partir du lait ou des produits laitiers et avec ou sans adjonction de lait en poudre, lait écrémé en poudre, lactosérum concentré ou en poudre, cultures lactiques...etc. (Biatcho, 2006 ; Lachance *et al.*, 2002). Les deux seules bactéries lactiques thermophiles doivent êtreensemencées simultanément et se trouve vivantes dans le produit fini jusqu'à la DLC, à raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme rapportées à la partie lactée (Anonyme, 2009 ; Simon *et al.*, 2002). Ainsi lors de sa mise à la consommation, la quantité d'acide lactique libre contenue dans le yaourt ne doit pas être inférieure à 0,8 g pour 100g de produit (Bourgeois et Leveau, 1996 ; Francois, 1986 ; J.O.R.A, 1998; Kodio, 2005). Dont l'acidité normalisée est de 100 à 120°D pour un yaourt brassé (Broutin *et al.*, 2005). Ces produits doivent notamment être maintenus jusqu'à leur consommation à une température comprise entre 0 et 6 °C pour que les bactéries lactiques restent vivantes. (Syndifrais, 1997).

Le yaourt est préparé essentiellement avec du lait pasteurisé, du lait reconstitué ou recombiné, écrémé ou non, du lait concentré ou du lait sec écrémé ou non, (J.O.R.A, 1998). Comme les produits suivants peuvent être ajoutés à diverses étapes de la fabrication :

- Sucre (saccharose) ;
- Matières colorantes autorisées ;
- Matières aromatiques naturelles ;
- Pulpes ou jus de fruits, miel ou confiture (Favier, 1991) ; dont l'ensemble des adjonctions ne pouvant pas dépasser 30 % du poids total du produit (Tome, 2002).

III.2. Classification des yaourts et désignation

Les yaourts sont classés et désignés de la manière indiquée dans les tableaux ci-dessous.

Tableau II : Type du yaourt en fonction de la technologie de fabrication (Vignola, 2000).

Paramètre influencé Type du Yaourt	Selon la technologie de fabrication
ferme (étuve ou traditionnel)	Incubation et refroidissement en pots ;
Brassé	Incubation en cuve et refroidissement avant conditionnement.
boisson	Presque comme le type brassé sauf que le coagulum est réduit à l'état liquide avant le conditionnement.
Glacé	Incubation en cuve et congélation comme de la crème glacée.
Concentré	Incubation en cuve, concentration et refroidissement avant le conditionnement.

Tableau III : Type du yaourt en fonction des ingrédients additionnés (Vignola, 2000)

Paramètre influencé Type du yaourt	Selon les ingrédients additionnés
Aromatisé	Addition d'arôme
Fruité	Addition de fruit
Light	Addition d'édulcorant

Tableau IV : Type du yaourt en fonction de la teneur en matière grasse (J.O.R.A, 1998).

Paramètre influencé Type du yaourt	Taux de matière grasse
Yaourt écrémé	MG < 0,5 %
Yaourt partiellement écrémé	0,5% < MG < 3%
Yaourt gras	MG > 3%

MG : matière grasse

III.3. Composition du yaourt

La composition nutritionnelle moyenne d'un yaourt est de 80-90 % d'eau, de 2,8 à 4,3 g/100 g de protéines, de 0 à 3,5 g/100 g de lipides, l'apport en calcium est de 110 à 170 mg pour 100 g et de 4 à 18 g/100 g de glucides, notamment que la teneur en glucides est augmentée dans les yaourts sucrés, aromatisés ou aux fruits, Concernant les vitamines présentées dans les yaourts en quantités intéressantes, sont les vitamines du groupe B, provenant du lait utilisé et de ferments lactiques, tandis que les vitamines A et D ne sont présentes que dans les produits issus de lait entier (Tome, 2002).

III.3.1. Composition du yaourt brassé

Le tableau suivant montre une composition du yaourt brassé nature et aux fruits.

Tableau V : Composition moyenne de 100 g du yaourt brassé (Jeantet *et al.*, 2008).

Yaourt	Teneur moyenne pour 100g de produit						
	Protéines (g)	Lipides (g)	Glucides (g)	Calcium (mg)	Sodium (mg)	Potassium (mg)	Phosphore (mg)
Brassé nature	4,3	1,8	5,2	165	40	205	115
Brassé aux fruits	3,75	1,65	14,5	140	50	190	110

III.4. Technologie de fabrication

III.4.1. Préparation et traitement du lait

Le lait est contrôlé dès sa réception, ce contrôle est fait sur :

- La qualité sanitaire : la température de transport, le nombre de germes totaux et de cellules somatiques, ainsi que l'acidité titrable ;
- La qualité technologique : analyse de sa composition, dépistage des antibiotiques (Francois *et al.*, 2005).

III.4.1.1. Standardisation de la matière grasse

La teneur en matière grasse est ajustée en fonction des produits de 0,5 à 3,5 %, et celle de l'extrait sec dégraissé à environ 14 % (dont 5% de protéines) pour cette dernière la technique la plus utilisée est l'addition de lait en poudre et parfois, il aura le recours à une concentration par évaporation, Selon le cas, l'ajout de 1 jusqu'à 4 % de poudre, de façon à porter l'extrait sec du produit à 120-150 g par litre (Malclnga, 1985).

III.4.1.2. Homogénéisation

L'homogénéisation vise, avant tout, à réduire la taille des globules gras et elle est indispensable pour éviter la remontée des matières grasses pendant la fermentation (Francois *et al.*, 2005). Si son but essentiel est de rendre le lait homogène, aussi elle améliore la viscosité du yaourt. (Malclnga, 1985), elle confère un aspect plus blanc au produit fini, elle est réalisée sous pression (entre 100 et 300 bar) ((Francois *et al.* ,2005).

III.4.1.3. Pasteurisation

Le mélange est soumis à un traitement thermique dont le but principal est de détruire tous les microorganismes pathogènes, et la presque totalité de la flore banale à un barrâmes de 45°C. En outre la pasteurisation favorise ultérieurement le développement des bactéries du yaourt, par la destruction des substances inhibitrices naturelles présentes dans le lait cru (agglutinine par exemple) et surtout par l'apparition dans le lait chauffé (à plus de 90°C). Elle améliore la consistance du coagulum par la dénaturation de la plupart des protéines solubles qui peuvent ainsi précipiter avec la caséine lors de l'acidification, ou elles-mêmes en raison de leur baisse de solubilité. Toutefois, la meilleure consistance est obtenue en utilisant une combinaison temps température légèrement inférieure à celle qui provoque la dénaturation complète des protéines solubles (Veisseyre, 1979).

III.4.1.4. Refroidissement à température de fermentation

Après pasteurisation, le lait est ensuite refroidi pour atteindre la température optimale de fermentation (vers 45 °C) (Syndifrais, 1997).

III.4.1.5. Ensemencement

La fabrication du yaourt utilise originellement deux bactéries :

- *Lactobacillus bulgaricus* se multipliant à 37 - 40°C et acidifiant fortement le lait ;
- Streptococcus termophilus* se multipliant à 45 - 50°C et acidifiant faiblement le lait mais produisant des substances aromatiques (Konte, 1999).

III.4.1.6. L'arômatisation

Les arômes autorisés sont les suivants : abricot, ananas, banane, fraise, framboise, poire, prune et cerise (Kodio, 2005). Cette addition faite avant ou après la fermentation (Syndifrais, 1997).

III.4.1.7. Fermentation

D'abord le lait est maintenu dans un tank à une température entre 42 et 45 °C. Après addition du levain, la fermentation se déroule dans le tank. 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 suracidification et ceci après le brassage du caillé qui confère au produit son onctuosité (Luquet, 1990). Ce refroidissement s'effectue dans un échangeur de température (Bourgeois et Larpent, 1996), le froid aussi limite la décontamination par les levures et les moisissures pour lesquelles ce milieu à pH acide est optimal (Figarelle et Calas, 2008).

III.4.1.8. Conditionnement

Les matériaux d'emballage ont fortement évolué. Actuellement, les yaourts sont conditionnés soit dans des pots de verre, soit dans un emballage en plastique. Les pots en carton paraffiné ont maintenant pratiquement disparu (Brulé, 2003).

Le conditionnement du yaourt varie selon les technologies utilisées. Le yaourt brassé est conditionné après brassage du coagulum soit dans des bouteilles préformées, soit dans des pots thermoformés à partir de bobines de plastique, après le produit est stocké en chambre froide à 4°C.

Le conditionnement est une étape très sensible, puisque plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de la détérioration de la qualité du yaourt.

III.4.1.9. L'étiquetage

Le yaourt doit porter les mentions générales suivantes :

- La dénomination de vente (yaourt) écrite de façon lisible ;
- Numéro d'immatriculation de l'atelier de fabrication ;
- La composition exacte;
- La mention « conserver à.....» suivie de l'indication de la température à respecter;
- La mention avec le pourcentage des ingrédients ajoutés doit être jointe à la dénomination de vente, sauf pour le yaourt nature,
- La date limite de consommation à déterminer sous la responsabilité du fabricant (généralement quinze jours à trois semaines) (J.O.R.A, 1998 ; Simon *et al*, 1999).

III.4.1.10. Stockage

Le yaourt est stocké dans des chambres froides entre 0 et 6 °C jusqu'à sa consommation (Simon *et al*, 1999).

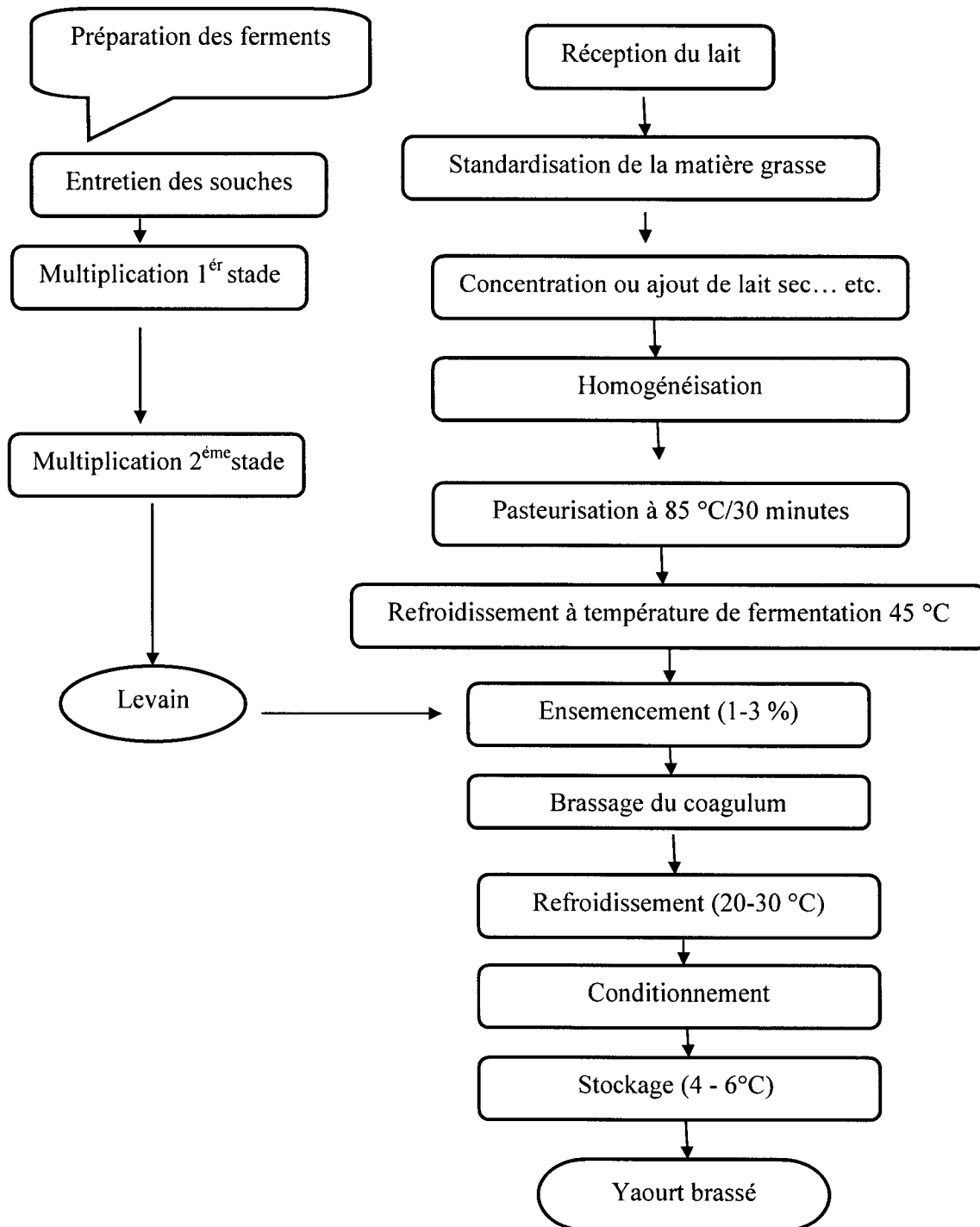


Figure 4 : Diagramme de fabrication du yaourt brassé (Malclnnga, 1985).

III.5. Défauts de fabrication

Les défauts de fabrication sont résumés sur le tableau VI, tableau VII et le tableau VIII.

Tableau VI : Défauts de goût (Vignola, 2002).

Défaut de goût	Causes
Salé	Lait mammiteux ou de fin de lactation.
Fruité, vanillé, malté, de fromage levure	- Lait contient des microorganismes protéolytiques et psychrotrophes (température, temps ou condition de conservation du lait) ; - Contamination par des levures (air, sol).
Malpropre	- Lait contaminé par des bactéries lactiques sauvages, des coliformes.
De foin, d'herbe	Mauvaise alimentation de la vache ou contamination du lait
Rance	- Lait contaminé par des microorganismes lipolytiques psychrotrophes (température, temps ou condition de conservation du lait) ; contamination par des levures (air, sol) ; -Température et temps de traitement thermique insuffisants.
Oxydé	- Mauvaise qualité de lait (oxydation par la lumière, par un fort compte bactérien, par des métaux) conservation au froid.
Brulé	- Température trop élevée ou traitement trop long.
Trop sucré	- Ajout de trop de sucre ou d'édulcorant ; - Acidification insuffisante du produit.
Peu sucré	Ajout insuffisant de sucre ou d'édulcorant.
Faiblement acide	- Lait de mauvaise qualité : forte compétition bactérienne, inhibiteurs (assainisseurs antibiotiques, produits de lavage, bactériologique) ; - Pourcentage de solides totaux trop élevé ou pourcentage de matière grasse trop élevé.
Très acide	- Trop de ferment, souches trop vieilles ; - Perte de contrôle du ferment en faveur du lactobacille ; dépassement du temps prévu ; - Le refroidissement trop lent ou non-uniformité à travers le lot.
Aqueux	- Quantité insuffisante de matière grasse ou de solides totaux.
Faiblement aromatique	- Traitement thermique trop faible ; - Acidification trop forte.

Tableau VII : défauts de texture (Luquet, 1985)

Nature	Causes
Déculottage	- Agitation ou vibration pendant le transport ;
Trop liquide (pour le yaourt brassé)	- Brassage trop violent ; mauvaise incubation (temps trop faible) ; matière sèche trop faible ;
Top filant	- Mauvais ferment (trop filant) ; température d'incubation trop faible.
Texture sableuse	- Chauffage du lait trop important ; homogénéisation à température trop élevée ; poudrage trop fort ; mauvais brassage ; acidification irrégulière et trop faible.
Texture granuleuse	- Mauvais brassage ; teneur en matière grasse trop élevée ; mauvais choix des ferments

Tableau VIII : Défauts d'apparence (Luquet, 1985)

Nature	Cause
Décantation, synérèse	- Sur-acidification ou post acidification (mauvaise conduite de la fermentation) ; - Température trop élevée pendant le stockage ; - Conservation trop longue ; - Refroidissement trop faible ; - Agitation trop poussée et admission exagérée d'air (pour le yaourt brassé) ; - Mauvaise adjonction des fruits ou des pulpes de fruits ; - Agitation des yaourts (yaourt ferme) ; - Teneur en matière sèche trop faible
Production de gaz	-Contamination par des levures et coliformes.
Colonies en surface	-Contamination par des levures et moisissures
Couche de crème	-Mauvaise ou absence d'homogénéisation
Produit sur le couvercle	-Mauvaise manutention
Produit non homogénéisé	-Mauvaise agitation (dans le cas des yaourts aux fruits).

IV. Valeur nutritionnelle

Les yaourts et les laits fermentés, au même titre que le lait, sont des aliments intéressants d'un point de vue nutritionnel (richesse en calcium et en vitamines, équilibre entre les fractions glucidiques, protéiques et lipidiques). En outre, ils présentent un certain nombre d'avantages par rapport au lait non transformé (Béal et Sodini, 2003).

La valeur nutritionnelle des yaourts et autres laits fermentés dépend de leur composition. Avec la grande variété de produits (environ 200 références), il est donc difficile de généraliser. On peut dire que ces produits associent les qualités nutritionnelles du lait aux propriétés particulières apportées par leurs ferments : Ils sont riches en protéines (4 à 5 g par pot) de très bonne qualité nutritionnelle, Ils sont également riches en vitamines du groupe B (B2 et B12), indispensables notamment au renouvellement des cellules) et apportent aussi la vitamine A (rôle dans la vision, la protection de la peau...), lorsqu'ils ne sont pas totalement écrémés. Mais surtout ils sont riches en calcium (statut osseux...etc). Un yaourt apporte en effet 180 à 200 mg de calcium par pot. Leur contenu en eau (indispensable à la vie) n'est pas négligeable (80 %). Leur teneur en matière grasse est plutôt faible mais dépend du lait utilisé : elle peut varier de 0 % (yaourt maigre) à environ 4 % pour un yaourt au lait entier. Le yaourt classique, fabriqué à base de lait 1/2 écrémé est à 1,5 % environ (Syndifris, 2006)

La teneur en glucides des produits est variable. Le yaourt nature classique en apporte environ 6 % alors qu'un yaourt aux fruits et sucré (auquel on a ajouté du saccharose) avoisine les 15 %.

La valeur énergétique des produits est donc extrêmement variable selon qu'ils sont allégés, sucrés, édulcorés, enrichis en crème ou en fruits ...etc. A titre de repère : un yaourt nature apporte environ 50 kcal/100 g, alors qu'un yaourt au lait entier sucré et aux fruits peut en apporter le triple (Syndifris, 2006)

IV.1. Amélioration de la digestibilité du lactose

La présence de bactéries lactiques vivantes permet une meilleure assimilation du lactose chez les sujets déficients en lactase. La lactase bactérienne est en effet toujours active lors du passage des bactéries dans le tractus intestinal. Elle hydrolyse le lactose résiduel contenu dans le yaourt (30 g/L). Il a été établi que les bactéries doivent être vivantes dans le yaourt au moment de sa consommation pour que cette fonctionnalité soit active (Béal et Sodini, 2003 ; Jeantet, 2008).

IV.2. Amélioration de la digestibilité des protéines

L'assimilation des protéines du lait est meilleure si ce dernier est consommé sous forme de yaourt ou de lait fermenté. En effet, du fait de l'activité protéolytique des bactéries lactiques, les produits fermentés contiennent plus d'acides aminés libres que le lait avant la fermentation. De plus, les protéines contenues dans ces produits sont plus digestes que celles du lait. Leur structure, plus ouverte après le traitement thermique et la coagulation, facilite l'action des enzymes protéolytiques pendant le transit intestinal (Béal et Sodini, 2003).

IV.3. Amélioration de la digestibilité des matières grasses

Il ya une augmentation significative de la teneur en acides gras libres dans le yaourt. De plus l'homogénéisation améliore la digestibilité en augmentant la surface des globules (**Jeantet et al., 2008**).

IV.4. Activité antimicrobienne

Le yaourt a un rôle préventif contre les infections gastro-intestinales (le traitement des diarrhées infantiles). En dehors de l'acide lactique, les bactéries du yaourt produisent des substances antimicrobiennes et des prébiotiques, notamment des oligosaccharides (**Jeantet et al., 2008**).

IV.5. Propriétés immunologiques et physiologiques

Les laits fermentés sont en général mieux tolérés par les consommateurs allergiques au lactose ou à la β -lactoglobulines en raison de l'hydrolyse partielle de ces composés favorisés, dans le cas des protéines, par l'action dénaturante des prétraitements thermiques et mécaniques.

D'autres effets bénéfiques de la fermentation lactique du lait concernent la protection du tractus digestif contre les infections gastro-intestinales génératrices d'un grand nombre de maladies (diarrhées) (**Debry, 2001**).

IV.6. Stimulation du système immunitaire

L'effet immunorégulateur du yaourt a été démontré. Son rôle dans l'augmentation de la production d'interférons et d'immunoglobulines, et l'activation des lymphocytes B est attribué à *Lactobacillus bulgaricus* (**Jeantet et al., 2008**).

IV.7. Action hypocholestérolémiant

Un certain nombre d'études ont montré que la consommation du yaourt a un effet hypocholestérolémiant. Cet effet, bien que non totalement élucidé, serait du à une synergie entre des composés du lait et un produit issu du métabolisme bactérien (**Jeantet et al., 2008**).

IV.8. Teneur en vitamines et sels minéraux

Le calcium contenu dans les yaourts et les laits fermentés présente une meilleure biodisponibilité que celui du lait. Différents travaux ont montré qu'il est mieux absorbé et utilisé dans le yaourt que dans le lait. Enfin la composition vitaminique du lait est modifiée pendant la fermentation, en particulier les concentrations en vitamines du groupe B (tableau IX). Il faut cependant souligner qu'il existe une forte variabilité inter-souches (**Béal et Sodini, 2003**).

Tableau IX : Comparaison entre la composition en vitamines de lait et d'un yaourt au lait entier.

Vitamines	Lait (µg/100g)	Yaourt (µg/100g)
Rétinol	52	28
B-carotène	21	21
Thiamine (B1)	30	60
Riboflavine (B2)	170	270
Pyridoxine (B6)	60	100
Cyanocobalamine (B12)	0.4	0.2
Vitamine C	1000	1000
Vitamine D	0.03	0.04
Vitamine E	90	50
Acide folique	6	18
Acide nicotinique	100	200
Acide pantothénique	350	500
Biotine	1.9	2.6
Choline	12100	-

Etude expérimentale



Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

Notre travail a été réalisé au niveau de laboratoire de microbiologie, de la faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie (l'université de Jijel), dans le but d'évaluer les propriétés physicochimiques et microbiologiques ainsi que organoleptiques de sept échantillons du yaourt type brassé conditionné en pots.








I.1. Matériel

I.1.1. Matériels biologiques

Lors de la réalisation de notre étude pratique, nous avons utilisés le matériel biologique suivant :

Le yaourt brassé : il s'agit de sept échantillons du yaourt brassé acheté au mois de Mai 2012 de superettes de Jijel, et qui sont présentés dans le tableau IX et la figure 5 suivants :

Tableau IX : présentation des échantillons

Echantillon	Laiterie de production	Figure	Volume net
Hodna Vanille	Hodna lait (Msila)		100g
Hodna Fraise	Hodna lait (Msila)		90g
Soummam Abricot	Soummam (Bejaia).		90g
Soummam Fraise	Soummam (Bejaia).		90g
Soummam Mangue	Soummam (Bejaia).		90g
Trèfle Abricot	Trèfle (Blida).		100g
Trèfle Pêche Poire	Trèfle (Blida).		100g



Matériel et méthodes

I .1.2. Produits chimiques et réactifs

On a utilisé le matériel suivant :

- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH 0.1N);
- Alcool amylique ;
- Acide sulfurique solution titrée (0,05 N) ;
- Folin -Ciocalteu ;
- L'albumine sérique bovine ;
- Carbonate de sodium (Na₂CO₃) ;
- Tartrate de sodium et de potassium ;
- Eau phénolée ;
- L'acide chlorhydrique (HCl 1N);
- Solution d'hydroxyde de potassium (KOH 1N) ;
- Poudre de lactose ;
- Acide sulfurique concentré ;
- Sulfate de cuivre (CuSO₄) ;
- Sulfate de potassium (K₂SO₄) ;
- La lessive de soude ;
- Solution d'acide borique (H₃BO₃) ;
- L'indicateur de TACHIRO ;
- Billes de verre ;
- Empois d'amidon ;
- Solution de di-iode de concentration 0,05mol/l ;
- Bleu de méthylène.

I .1.3. Milieux de culture

La partie microbiologique de notre étude a nécessité les milieux de culture suivants :

I .1.3.1. Milieux solides

- Gélose désoxycholate (0,1%) pour le dénombrement des coliformes totaux (CT) et les coliformes thermotolérants (CTT) ;
- Gélose Baird Parker pour la recherche et le dénombrement des *Staphylococcus sp*;
- Gélose Hektoen pour l'isolement des salmonelles ;
- Gélose OGA (Oxytétracycline Glucose Agar) pour le dénombrement des levures et moisissures ;
- Gélose VF (Viande foie) pour la recherche et le dénombrement des anaérobies sulfite-réducteurs 46°C (ASR) et des *clostridium sulfite-reducteurs* (CSR)

II .1.3.2. Milieux liquides

- Milieu Giolitti contonii : pour l'enrichissement les germes de *Staphylocoques aureus* ;
- Le bouillon SFB pour l'enrichissement des salmonelles ;
- Eau physiologique stérile ;
- Eau distillée stérile.

I.1.3.3. Additifs

- Additif Hektoen ;
- Tellurite de potassium (additif de Giolitti contoni) ;
- Alun de fer.

I .1.4. Appareillage

Nous nous sommes servis au cours de notre étude des appareils suivants :

- pH-mètre (HANNA) ;
- Vortex (Heidolph Reax top) ;
- Balance (Scourt Pro : OHAUS) ;
- Butyromètre ;
- Centrifugeuse (Bioblock Scientifique) ;
- Spectrophotomètre (SHIMADZU) ;
- Spectrophotomètre (SHIMADZU AA- 6200) d'absorption atomique ;
- Réfrigérateur (Condor) ;
- Distillateur automatique (Gerhardt) ;
- Hotte (ASECOS) ;
- Etuve électrique de séchage maintenue à $103\pm 2^{\circ}\text{C}$;
- Etuves électriques à 26°C , 37°C , 44°C ;
- Four à moufle(Furnace) ;
- Bain-marie (Heidolph) ;
- Agitateur électrique avec un barreau magnétique ;
- Plaque chauffante ;
- Minéralisateur.

I .1.5.Verrerie et autres

- Tubes à essai stériles ;
- Pipettes graduées stériles ;
- Pipettes pasteurs ;
- Boîtes de pétri stériles ;
- Anse de platine stérile ;
- Ciseaux stériles ;
- Tubes à hémolyse ;
- Micropipettes ;
- Pipeteurs ;
- Spatule ;
- Creusets ;
- Embouts jetables ;
- Flacons ;
- Fioles ;
- Gants stériles ;
- Béchers ;
- Eprovettes ;
- Matras de 100ml.

I .1.6.Les jury

Un jury de dégustation composé de dix personnes.

I.2. Méthodes

I.2.1. Analyses physicochimiques

I.2.1.1. Préparation de l'échantillon pour essai

Rendre l'échantillon homogène par agitation modérée à l'aide d'une spatule (AFNOR, 1999).

I.2.1.2. Mesure du pH

Principe

Cette méthode décrit la mesure ionique du yaourt.

Méthode

Dans un bêcher de 100 ml, prendre une quantité du yaourt, puis plonger l'électrode du pH-mètre.

Lecture

La valeur de pH est lue directement sur l'échelle graduée du pH- mètre (Kodio, 2005).

I.2.1.3. Détermination de l'acidité titrable

Principe

Titrage potentiométrique de l'acidité jusqu'à pH 8,3 à l'aide d'une solution titrée d'hydroxyde de sodium (AFNOR, 1999).

Méthode

- Peser dans un bêcher de 50 ml, environ 10 g de l'échantillon ;
- Introduire les électrodes du pH-mètre équipé d'une électrode spécifique et veiller à ce qu'elle soit immergée.
- Titrer sous agitation par la solution d'hydroxyde de sodium 0,1 M jusqu'à pH 8,3 (AFNOR, 1999).

Expression des résultats

L'acidité exprimée en acide lactique est donnée par la relation suivante :

$$\text{Acidité (\%)} = V \cdot 0,9/m$$

Où :

V : est le volume, en millilitre, de la solution d'hydroxyde de sodium (0,1 M) ;
m : est la masse en gramme, de la prise d'essai (AFNOR, 1999).

I.2.1.4. Détermination de la teneur en eau

Principe

La teneur en eau est déterminée en mettant une aliquote de 10g d'échantillon dans un creuset, puis séché dans une étuve, à une température de 103 ± 2 °C (Amellal, 2008).

Expression des résultats

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

$$H(\%) = (M_1 - M_2) \times 100 / P$$

Soit :

H : humidité

M₁ : masse de creuset et matière fraîche avant étuvage ;

M₂ : masse de creuset et matière fraîche après étuvage ;

P : masse de la prise d'essai.

I.2.1.5. Détermination de la teneur en cendres

Les cendres sont des substances résultantes de l'incinération de la matière sèche du yaourt.

Principe : incinération de la matière sèche à $500\pm 25^{\circ}\text{C}$ pendant 4 heures puis pesé du résidu obtenu (Avalos de la cruz, 2007).

Mode opératoire : pour déterminer la teneur en cendres totales, on précède comme suit :

- Des creusets sont séchés à l'étuve pendant 30 minutes.
- Refroidir les creusets.
- Peser dans le creuset ainsi préparée, un échantillon de 10g du yaourt et le disséquer complètement à l'étuve à 102°C .
- Placer au four à moufle à température indiquée.

Expression des résultats : Le taux de cendres totales (%) est exprimé par rapport au produit sec selon la relation suivante :

$$\text{MM}(\%) = [(M_3 - M_1) / (M_2 - M_1)] \times 100$$

Où:

M_1 : masse en gramme de creuset vide ;

M_2 : masse de creuset ainsi que de la prise d'essai séchée à 102°C à l'étuve ;

M_3 : masse de creuset contenant le résidu après incinération.

I.2.1.6. Détermination de la matière organique

La matière organique est exprimée par la relation suivant :

$$\text{MO}(\%) = \text{MS} - \text{MM} \text{ (Avalos de la cruz, 2007)}$$

I.2.1.7. Détermination de la teneur en matière grasse

Principe

La teneur en matière grasse est déterminée par la méthode de Gerber. Son principe est basé sur la dissolution des protéines, par addition de 10ml d'acide sulfurique concentré à 11ml du yaourt qui sont introduit dans un butyromètre. La matière grasse du yaourt est séparée après, par centrifugation à 3000 tours/min pendant 5 minutes avec d'un ml d'alcool amylique. La lecture se fait de manière directe sur l'échelle du butyromètre (65°C).

Expression des résultats :

$$\text{La teneur en matière grasse (g/l)} = \text{B} - \text{A}$$

Où :

A : est la lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne.

B : est la lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne (Koussou *et al.*, 2007).

I.2.1.8. Détermination de la teneur en lactose

Méthode

La teneur en lactose est déterminée par spectrophotométrie. A 1 ml du yaourt on ajoute 1 ml d'eau phénolée et 5 ml d'acide sulfurique. L'ensemble est homogénéisé mécaniquement à l'aide d'un vortex puis porté cinq minutes à l'ébullition. L'absorbance est lue à 490 nm en utilisant un témoin préparé avec de l'eau distillée. Une courbe étalon est réalisée à partir d'une solution mère contenant 1 g/l de lactose (Labioui *et al.*, 2009)

I.2.1.9. Dosage de l'azote total (méthode de kjeldahl)

Principe

Dans un produit biologique (lait, sérum...etc.) l'azote peut se trouver sous forme minérale et organique lié avec d'autres composés (phospho-amino-lipides, protéines...). Pour le doser dans sa totalité, il faut détruire les composés organiques de manière à obtenir tout l'azote sous une même forme minérale, par l'application de la minéralisation. L'azote est ensuite dosé par un dosage acido-basique (Ouali, 2003).

Méthode

- Introduire dans un matras de minéralisation (figure 6) 5g du yaourt et une pincée (2g) de catalyseur (sulfate de cuivre et de potassium), puis ajouter 15 ml d'acide sulfurique pur ;
- Appliquer un chauffage progressif : d'abord une attaque à froid pendant 15 mn jusqu'à l'apparition de vapeur blanche d'anhydride sulfurique, puis le chauffage est rendu plus énergique, attaque à chaud pendant 4 heures. Quand la solution devient limpide, elle est refroidie et complétée à 100 ml avec de l'eau distillée (Ouali, 2003).
- La distillation est réalisée dans un distillateur (Gerhardt) (figure 7) ; où l'ajout de 20 ml de lessive de soude (35 %) dans un matras, et 25 % d'acide borique (H_3BO_3) dans une fiole de 250 ml. Le dégagement d'ammoniac est récupéré dans une solution d'acide borique contenant l'indicateur coloré ; le réactif de TACHIRO (mélange de bleu de méthylène et rouge de méthyle). L'excès d'ammoniac est alors dosé par l'acide sulfurique (0.05 N) dans un titreux (Ouali, 2003).

Expression des résultats

La teneur en azote total est déterminée par la formule suivante :

$$P = C_H^+ \cdot 2V \cdot Z_N / m$$

C_H^+ : La molarité de la solution d'acide sulfurique titré ;

V : Le volume de l'acide sulfurique obtenue après titration (de la chute de burette) ;

Z_N : La masse molaire de l'azote (14 g/mol) ;

m : Le poids de la prise essai.

La teneur en protéine du yaourt est égale à :

$$p'(\%) = p \cdot 100 / 15,6$$

p : La teneur en azote total.

p' : La teneur en protéines.

I.2.1.10. Dosage spectrophotométrique de l'amidon

Le dosage de l'amidon total passe par les étapes suivantes tel que décrit par (Siboukeur, 1997).

- **Préparation d'échantillon à analyser** : 0,1 ml du yaourt a été mélangé avec 5 ml de KOH (1N). La solution obtenue a été bien homogénéisée à température ambiante, puis neutralisée avec 5 ml d'HCl (1N). Ensuite le mélange a été soumis pendant 15mn à l'ébullition au bain-marie. Après ce traitement, le volume du mélange est réajuste à 10 ml, puis centrifugé. Et le surnageant a été utilisé pour le dosage de l'amidon.

- **Dosage de l'amidon dans les échantillons** : Le tableau ci-dessous (tableau X) illustre la préparation des échantillons pour le dosage de l'amidon total. La lecture de l'absorbance est

Matériel et méthodes

effectuée au spectrophotomètre à 720 nm. A laide de ces mesures nous avons calculé les proportions d'amidon total dans les échantillons (Siboukeur, 1997).

Tableau X : Etablissement des données du dosage de l'amidon dans les échantillons à étudier.

Réactif/Echantillon	Blanc	HF	HV	TPP	TA	SF	SA	SM
Echantillon (ml)	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
H ₂ O (ml)	4,9	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85
Réactif I ₂ /KI (ml)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Durée d'incubation	10 minutes avant les lectures des densités optiques							

I.2.1.11. Détermination des éléments minéraux et métaux lourds

Principe : Lorsque les atomes d'un élément sont excités par une flamme, ils émettent des radiations de longueur d'onde déterminée, dont l'intensité peut être mesurée par spectrométrie. La concentration initiale du cation à doser est déduite de la valeur absolue de l'intensité de l'émission spectrale mesurée.

Méthode : Après séchage à l'étuve, 2g du yaourt ont été incinérés à 550°C pendant 12h. Dans un tube contenant 2 ml d'acide chlorhydrique, on dissout les cendres obtenues et on ajoute avec précaution 10 ml d'eau bidistillée ; la solution obtenue est chauffée pendant quelques minutes au bain-marie jusqu'à dissolution complète des cendres. Enfin ; dans une fiole jaugée de 100 ml, on verse quantitativement la solution, puis on complète à 100 ml avec de l'eau bidistillée.

A partir de cette solution nous avons effectué le dosage des éléments minéraux suivant : Le plomb, le zinc, le fer et le cuivre, par spectrophotométrie d'absorption atomique (Avalos de la cruz, 2007).

I.2.1.12. Test de résistance de l'emballage

Il s'agit de tester la résistance d'un pot entier du yaourt par l'utilisation de différents poids (1 kg jusqu'à 5 kg). Dans notre cas, on a utilisé des poids de pois chiche.

On a déposé sur le pot les différents poids, avec addition à chaque fois de 1 kg et on a contrôlé les modifications qui apparaissent sur le pot (résistance ou éclatement) (Padeau, 1992).

I.2.1.13. La qualité de sertissage

Introduire la boîte du yaourt dans un bécher contenant un mélange d'eau et de bleu de méthylène de telle façon que la partie sertie soit bien trempée pendant 5 minutes, puis on remarque s'il y a une pénétration du colorant à l'intérieur du pot (Padeau, 1992).

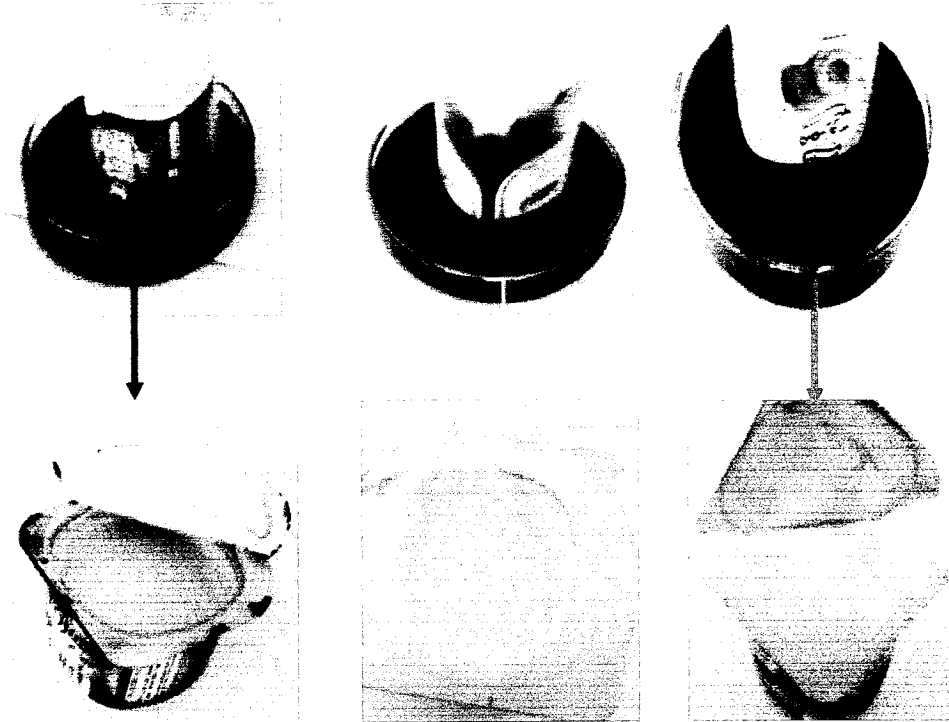


Figure 5 : La qualité de sertissage

I.2.2. Analyse microbiologique

Tous les échantillons prélevés sont soumis à un contrôle microbiologique pour évaluer leur qualité hygiénique et pour cela nous avons opté pour les analyses microbiologiques ci-dessous.

I.2.2.1. Préparation de la solution mère et des dilutions décimales : Pour la préparation de la solution mère, 1ml du yaourt est dilué dans 9 ml de l'eau physiologique stérile. Après homogénéisation, 1 ml de la solution mère est transféré dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, jusqu'à l'obtention d'une dilution de 10^{-4} (Ouahghiri, 2009).

I.2.2.2. Dénombrement des coliformes totaux

Méthode

Le milieu utilisé est la gélose désoxycholate (0,1%), l'ensemencement se fait en double couche en déposant 1ml de la dilution 10^{-2} , puis on fait couler la gélose fondue. L'incubation se fait à 30°C pendant 24 à 48 heures (Joffin et Joffin, 1999).

Lecture : Les colonies sont lenticulaires, colorées par le rouge neutre (il vire au rouge foncé lorsque le pH s'acidifie lors de la fermentation du lactose).

NB : Retenir pour comptage les boîtes de Pétri contenant entre 15 et 100 colonies (Malclnnga, 1985).

I.2.2.3. Dénombrement de coliformes thermotolérants (fécaux)

Méthode

Le dénombrement des coliformes fécaux est réalisé sur gélose désoxycholate (0,1%) en partant de la dilution 10^{-1} .

- Ensemencer en profondeur de la boîte 1ml de la dilution ;
- Couler la gélose fondue et incuber à 44°C pendant 24 à 48 heures (Joffin et Joffin, 1999).

I.2.2.4. Dénombrement des *staphylococcus aureus*

Les *Staphylococcus aureus* sont des germes aérobie-anaérobie facultatif, ce sont des cocci à gram positif, ils fermentent le glucose en anaérobiose sur le milieu Baird Parker (colonies de 1 à 2 mm de diamètre) (Loup *et al*, 1992 ; Mescle et Zucca, 1980).

Enrichissement (test présomptif)

Dans un tube contenant 9ml du milieu « Giollitti-contonii » additionné de tellurite de potassium, introduire 1ml de la solution mère à l'aide d'une pipette pasteur stérile, et homogénéiser l'inoculum.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24-48h.

Après la période d'incubation, les tubes ayant virés au noir sont présumés positifs (Bourgeois et Leveau, 1991).

Isolement (test confirmatif)

Le milieu utilisé est Baird Parker (B.P.) additionné de tellurite de potassium et de jaune d'œuf. 0,1 ml de solution-mère est étalée à l'aide d'un étaleur de verre stérile sur la surface préalablement séchée de deux boîtes de Pétri contenant le milieu Baird Parker. Les boîtes sont ensuite incubées à 37°C pendant 48h (Tchangai, 1992).

Résultats : Les colonies caractéristiques noires, brillantes d'un diamètre de 0,5 à 2 mm (Guiraud et Gadzy, 1980).

I.2.2.5. Recherche des salmonelles

Les salmonelles sont des bactéries pathogènes provoquant des gastro-entérites. Leur recherche permet de montrer le danger avec éventuellement de graves complications (Joffin et Joffin, 1999).

Méthode

Enrichissement

On prélève 1ml de la solution mère et le place aseptiquement dans un tube contenant le milieu « SFB » (D/C). L'incubation se fait à 37°C pendant 24h.

Si les tubes présentant un trouble microbien, on suspect la présence des Salmonelles.

Isolement

A l'aide d'une anse de platine stérile on prélève une goutte à partir de tube précédent « SFB », et on la dépose au bord d'une boîte de pétri contenant la gélose Hektoen préalablement fondue et additionné d'un additif d'hektœn (Bourgeois et Leveau, 1991).

I.2.2.6. Dénombrement des levures et moisissures

Méthode

La recherche et le dénombrement s'effectue sur gélose OGA, coulée et solidifiée. 1ml de la dilution 10⁻² est étalé en surface du milieu. Les boîtes sont incubées à température ambiante pendant 72h (Bourgeois et Leveau, 1991).

Lecture

Levures : Aspect souvent identique aux colonies bactériennes volumineuses, elles peuvent avoir des bords réguliers, des formes convexes ou plates, elles sont pigmentés et souvent opaques.

Les moisissures apparaissent sous forme de colonies pigmentées à aspect velouté ou moins proéminentes (Guiraud, 1998).

I.2.2.7. Recherche des germes *Clostridium sulfito-réducteur*

Leur présence dans les produits laitiers provoque une intoxication alimentaire.

Les spores de *clostridium perfringens* ont une résistance considérable dans les milieux naturels (Kodio, 2005).

Méthode

Traiter 2 ml de la solution mère subit un traitement thermique à 80 °C pendant 10 min ensuite, on les ensemence dans le milieu VF (viande foie) en surfusion et mélangés par retournement, le tube est immédiatement refroidi par immersion dans l'eau froide et incubée à 37°C (24 à 48 h). (Guiraud et Rosec, 2004).

Lecture

Le milieu VF permet la mise en évidence des colonies *Clostridium sulfito-réducteurs* de couleur noire.

I.2 .3. Analyse organoleptique

L'analyse sensorielle ou évaluation sensorielle permet de définir, mesurer, analyser et interpréter les caractéristiques d'un produit perçues par l'intermédiaire des organes des sens, c'est-à-dire ses propriétés gustatives, olfactives, visuelles, auditives et tactiles. Certaines normes définissent simplement l'analyse sensorielle comme suit : examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens (Claustriax, 2001 ; Mac Leod, 1986).

L'épreuve hédonique de classement et d'évaluation consiste à présenter une série de produits et à demander au sujet naïf de classer ces produits par ordre d'intensité ou note d'acceptabilité selon un critère donné (Mac Leod, 1986).

Principe

L'objectif de l'évaluation sensorielle c'est de connaître le yaourt présentant les meilleurs caractéristiques organoleptiques (couleur, odeur, saveur et texture), pour cette raison, nous avons appliqué le test de classement (l'échelle ordinale) Prescottt (2002), qui fournit une information relative sur la préférence ou l'acceptabilité des produits. Il permet d'enregistrer les préférences des consommateurs entre différents types des échantillons contrôlées et de classer ces derniers les un par rapport aux autres Watts (1989).

Le jury de dégustation

Nous avons composé des jurys de 10 sujets : étudiants en cinquième année (écologie) et fin de cycle de graduation (contrôle de qualité et analyse). On les considère comme sujets naïf.

Matériel et méthodes

Plusieurs facteurs ont été pris en considération avant l'évaluation, afin d'obtenir des performances optimales de la part des sujets :

- Les sujets ne souffrent d'aucune maladie (exemple : par la grippe) ;
- Les sujets sont informés d'éviter l'utilisation des produits fortement odorants tels que parfums ;
- Les sujets ne peuvent ni fumer, ni manger, ni boire autre chose que de l'eau pendant la dernière demi-heure précédant l'évaluation.

Facteur temps/lieu

L'analyse est effectuée de 09:30h à 12:00 du matin au laboratoire n°12, et dans notre cas, au maximum deux sujets examinent les échantillons parallèlement.

-Préparation des échantillons

Les échantillons sont amenés au laboratoire et ils sont codés par des chiffres (annexe 1).

Echantillon N° 1 : Hodna

Echantillon N° 2 : Trèfle

Echantillon N° 3 : Soummam .Et selon l'arôme nous sommes additionnés le second chiffre par exemple : N°1.1 : Hodna fraise.

II.1. Analyses physicochimiques

II.1.1. Le pH et acidité

Le pH traduit la concentration en ions H^+ ou l'acidité actuelle (Sina, 1965). Il est l'un des paramètres physico-chimiques pour savoir l'aptitude des produits laitiers à la conservation (Kodio, 2005).

Les résultats obtenus pour le pH et l'acidité sont représentés dans le tableau XI et la figure 14.

Tableau XI : Résultats de pH et acidités des échantillons analysés.

Echantillon	pH	Acidité (%)
Hodna Fraise	4,58 ±00	0,84 ±0.021
Hodna Vanille	4,48 ±00	0,879 ±0.011
Trèfle Poire Pêche	4,45 ±00	0,741 ±0.008
Trèfle Abricot	4,52 ±00	0,783 ±0.019
Soummam Fraise	4,42 ±0,01	0,819 ±0.011
Soummam Abricot	4,5 ±00	0,735 ±0.011
Soummam Mangue	4,37 ±0,005	0,789 ±0.018

D'après la figure 14, il ressort que les pH des différents types du yaourt sont acides, ils sont compris entre 4,37 et 4,58. Cette acidité est due à la fermentation de lactose en acide lactique par les ferments (Sina, 1965). La différence obtenue entre les pH des échantillons analysés est négligeable.

Les travaux de Bonfoh *et al.* (2002) sur les produits laitiers en saison chaude, au Bamako donne un pH de $4,3 \pm 0,5$ pour le yaourt.

Par comparaison à nos résultats, tous les échantillons ont un pH supérieur à ceux obtenus par Vanassche (1989) qui est d'environ 4,2.

Luquet et Carrieu (2005) notent un pH de 3,9 à 4,6 pour le yaourt. En comparant nos résultats à ceux obtenus par ces auteurs, les résultats de pH sont inclus dans la gamme.

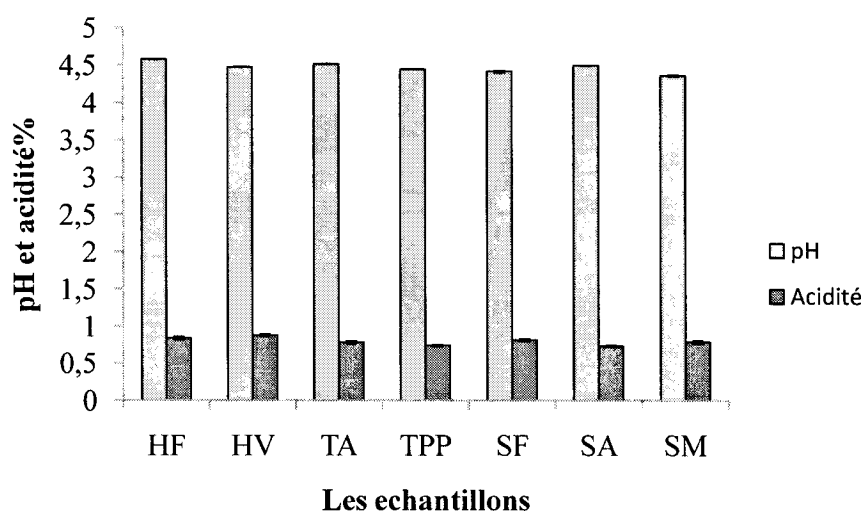


Figure 6 : Les résultats du pH et acidité titrable des yaourts.

Les résultats de la présente étude concernant la mesure de l'acidité montrent que le yaourt HV a le plus grand pourcentage d'acide lactique avec 0,879%, puis le yaourt HF avec 0,84% et pour les yaourts de SA, SF, SM ont une valeur moyenne d'acide lactique varie entre 0,735 et 0,819%, quant aux deux échantillons TA, TPP ont les plus faibles teneurs en acide lactique avec une quantité de 0,741 et 0,783% respectivement.

Cependant, **Béal et Sodini (2003)** ont rapporté que la teneur minimale d'un yaourt en acide lactique est de 0,7 %, alors que **Favier (1991)** montre une valeur de 1% d'acide lactique pour le yaourt aromatisé. Et ce qui est utilisée par **Gramech et Chandan (1989)**, une quantité qui ne doit pas être inférieure à 0,8% et cela lors de la vente au consommateur. Tandis que la norme élaborée par le *codex alimentarius* (2011) est précisée par un minimum de 0,6%. La comparaison de nos résultats avec les travaux de ces auteurs, indique une conformité ; ainsi qu'avec la norme de codex, donc nos échantillons ont une bonne acidité.

II.1.2. La teneur en eau et la matière sèche

Le tableau XII et la figure 15 illustrent les résultats correspondant à la teneur en eau et la matière sèche des 7 échantillons étudiés.

Tableau XII : La teneur en eau et la matière sèche des échantillons analysés.

Echantillon	Teneur en eau (%)	Matière sèche (%)
Hodna Fraise	75,23 ±0,783	24,76 ±0,783
Hodna Vanille	73,33 ±0,383	26,66 ±0,383
Trèfle Abricot	76,33 ±0,383	23,66 ±0,383
Trèfle Poire Pêche	77 ±0,15	23 ±0,15
Soummam Fraise	84,53 ±2,116	15,47 ±2,116
Soummam Abricot	77,43 ±0,183	22,56 ±0,183
Soummam Mangue	77,97 ±0,383	22,03 ±0,383

Les résultats groupés dans le tableau XII ont montrés que le taux d'humidité des sept échantillons varie entre 73,33% et 84,53%, avec un seuil minimum moyen obtenu avec l'échantillon HV (73,33 ± 0,3833%) et un seuil maximal de 84,53±2,1166% obtenu avec l'échantillon SF. Les échantillons restant avaient une humidité moyenne de l'ordre de 75, 23 ±0,7833 à 77,97 ±0,3833%. La différence de la teneur en eau entre les échantillons est en relation avec la diminution de la teneur en matière sèche et en cendre, sous l'effet du ferment (dégradation de matière première) et les conditions de stockage.

Selon **Tome (2002)**, le taux de l'humidité est le principal composant du yaourt et représente 80 jusqu'à 90 % du poids net du yaourt.

En comparant nos résultats avec ceux de **Tome (2002)**, nous constatons que la teneur en eau du yaourt SF est dans l'intervalle 80 – 90%, par ailleurs celle des autres échantillons est hors de l'intervalle. Concernant la matière sèche de nos échantillons, on note des teneurs très importantes, allant de 15,47 à 26,66%, dont le yaourt HV prend le dessus avec un taux extrême de 26,66%, les échantillons de SA et SM affichent des taux presque identique (22,56 et 22,03 % respectivement), ainsi que pour les yaourts TA et TPP (23,66 et 23 respectivement).

Khan et al., (2008) ont obtenu des teneurs en solides totaux du yaourt dans différentes marques qui sont incluses dans l'intervalle de 13.00 à 17.00%.

D'après ces résultats, il apparaît d'une part que le taux de matière sèche de nos échantillons est comparativement plus élevé à celui obtenu par **Khan et al. (2008)**.

D'autre part, il est supérieur à ceux obtenus par **Nongonierma et al. (2006)** dans un yaourt à 0% de matière grasse (14.4%) et un yaourt à 5% de matière grasse (19.4%). Pour des yaourt à 0% et à 5% de matière grasse additionné de sirops de sucre les teneurs en extrait sec total sont respectivement de 20.8 et 25.1% (**Nongonierma et al., 2006**).

Selon le code et les principes FAO /OMS, la teneur minimale en matière sèche est de 8,2% et l'augmentation de cette teneur donnera lieu à un coagulum du yaourt plus ferme (**Bylund, 1995**).

À partir de la teneur recommandée par FAO/OMS, les sept échantillons du yaourt sont riches en matière sèche.

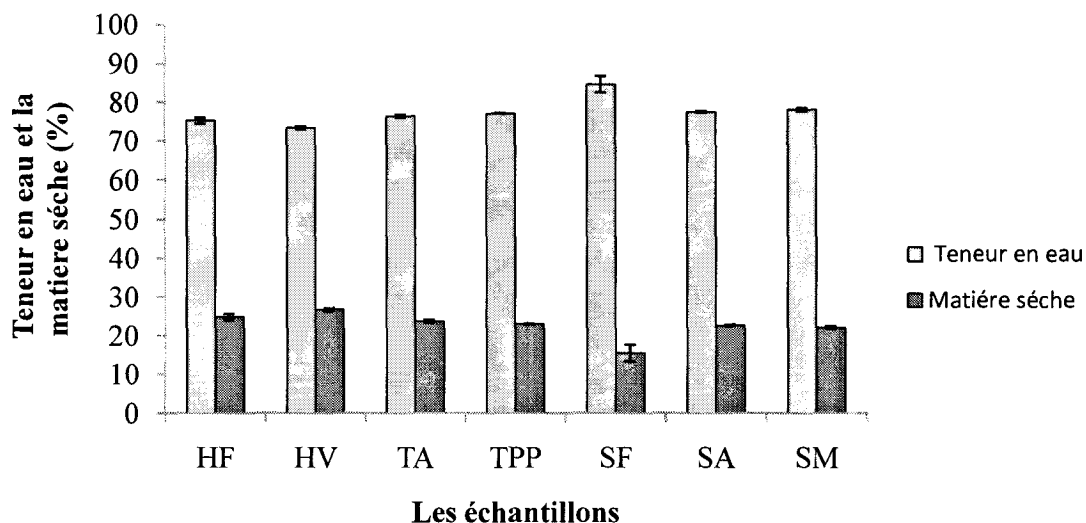


Figure 7 : La teneur en matière sèche et la teneur en eau.

II.1.3. Matière grasse

Tableau XIII : Les teneurs en matière grasse

Echantillon	Matière grasse (%)
Hodna Fraise	0.7
Hodna Vanille	1.5
Trèfle Abricot	2.6
Trèfle Poire Pêche	2.25
Soummam Fraise	2.65
Soummam Abricot	2.55
Soummam Mangue	2.8

Les résultats concernant la matière grasse de l'ensemble des échantillons des yaourts analysés varient entre 0.7 et 2.8% (tableau XIII et figure 16). Les deux marques des yaourts Soummam et Trèfle présentent des pourcentages légèrement supérieurs à 2%, par contre les yaourts de la marque Hodna ont des pourcentages plus bas.

Les teneurs en matières grasses sont en désaccord avec ceux enregistrés par Kumar et Mishra, (2004) qui ont noté une teneur de 3%.

La teneur en matière grasse de TA (2.6%) est similaire à celle obtenue par Isanga et Zhang (2009) (2.61%).

Selon le *codex alimentarius* (2011) et J.O.R.A (1998), la matière grasse doit être au minimum égal à 3% (m/m) dans le cas des yaourts gras (nature, sucrés ou aromatisés), elle est aussi entre 0,5% et 3% dans le cas des yaourts partiellement écrémés ou maigres ou encore ce taux est au maximum égal à 0,5% dans des yaourts écrémés.

Par comparaison de nos résultats avec la norme de *codex alimentarius*, on peut classer les sept échantillons des yaourts comme des yaourts partiellement écrémés.

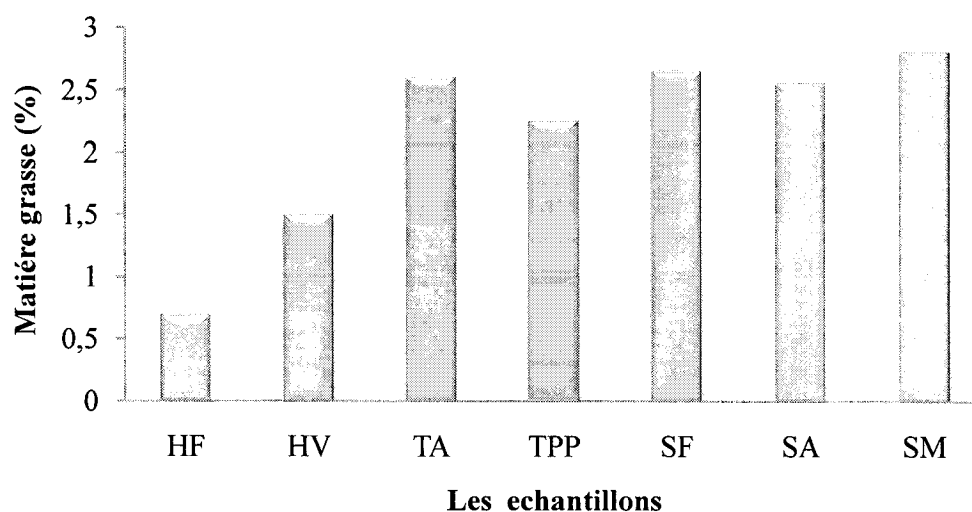


Figure 8 : Les teneurs en matière grasse des échantillons.

II.1.4. Matière minérale

Les résultats de la matière minérale et organique des échantillons analysés sont illustrés dans le tableau XIV ainsi que dans la figure 17.

Tableau XIV : La teneur en matière organique et minérale

Echantillon	Matière organique (%)	Matière minérale (%)
Hodna Fraise	20,84±0,61	3,92±0,45
Hodna Vanille	25,04±0,32	1,62±0,26
Trèfle Abricot	21,98±0,38	1,68±0,38
Trèfle Poire Pêche	20,41±0,98	2,59±0,83
Soummam Fraise	10,92±1,52	4,55±0,94
Soummam Abricot	20,64±0,35	1,92±0,52
Soummam Mangue	19,62±0,33	2,41±0,28

Le taux des cendres représente la quantité totale en sels minéraux présents dans le yaourt. Nous constatons selon le tableau XIV que le yaourt Soummam Fraise est le plus riche en éléments minéraux (4.55%) comparativement au yaourt Hodna Vanille (1.62%) et Trèfle Abricot, le Soummam Mangue et le Trèfle Poire Pêche sont aux alentours semblables avec une teneur de 2.41 et 2.59% respectivement. Et généralement le pourcentage des cendres dans les produits laitiers varie entre 0,5 et 5,1% (Ibrahime et Atef, 2002).

Les travaux de Barrantes *et al.* (1996) sur quelque type des yaourts ont conduit à une teneur en cendres allant de 1,11 à 1.16%. Cependant Isanga et Zhang (2009) ont enregistré un taux de 0.61% pour le yaourt au lait d'arachide et 1,1% pour le yaourt au lait de vache.

Mohammed *et al.*, (2007) ont notés lors des analyses des dix échantillons des yaourts brassés, une teneur comprise entre 0.73 et 0.92% des cendres.

Alors que Cestaro (2000) a obtenu une teneur de 0.7% en matière minérale pour un yaourt préparé à partir de lait de vache entier, et de 0,72% dans le cas d'un yaourt issu d'un lait partiellement écrémé et aussi de 0,75% pour le yaourt fabriqué avec un lait écrémé.

D'après ces travaux, nos échantillons ont des pourcentages en matière minérale plus élevés à ceux obtenu par les auteurs. Mais ils sont inclus dans l'intervalle des cendres des produits laitiers (0.5-5.1%) (Ibrahim et Atef, 2002).

Du fait que la matière organique est l'une des composants de la matière sèche, donc sa variation est relative à celle de cette dernière, elle est étroitement liée à la matière sèche et minérale, les résultats obtenus ont montré la similarité des produits concernant la teneur en matière organique.

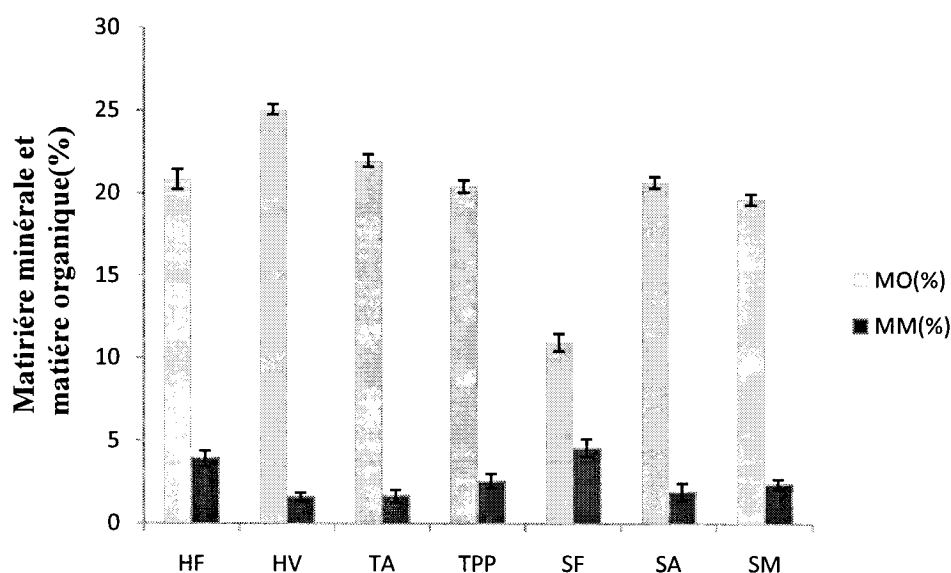


Figure 9 : Les teneurs en matière minérale et organique.

II.1.5. Lactose

Les résultats de la teneur en lactose sont présentés dans le tableau XV et la figure 18.

Tableau XV : La teneur en lactose des échantillons analysés

Echantillon	Teneur en lactose (%)
Trèfle Poire Pêche	3,89
Trèfle Abricot	3,51
Soummam Fraise	2,9
Soummam Abricot	3,23
Soummam Mangue	3,08
Hodna Vanille	4,08
Hodna Fraise	4,1

D'après les résultats regroupés dans le tableau XV, la teneur en lactose des sept échantillons varie entre 2.9 et 4.1%, dont la marque Soummam contient la teneur la plus élevée en lactose avec des pourcentages de 4.1 et 4.08%, pour les échantillons HF, HV respectivement, puis la marque trèfle avec des pourcentages de 3.89% pour l'échantillon TPP et de 3.51% pour TA, et en fin la marque Soummam a les teneurs les plus faibles avec des quantités de 3.23 % (SA), 3.08% (SM) et 2. 9% (SF).

Barrantes *et al.* (1996) ont obtenu une teneur en lactose comprise entre 7.2 et 7.5%, lors de leur analyse de sept échantillons des yaourts nature additionnés d'huiles. En revanche l'autre travail de **Katsiari *et al.* (2002)** donne une teneur de 4.87% pour un yaourt préparé à partir de lait de brebis.

La teneur en lactose obtenu par **Al-Kadamany *et al.* (2003)** est de 6.37 %. Cependant les teneurs obtenus par **Isanga et Zhang en 2009** et **Henriques *et al.* en 2012** sont de 4.93 % et 4.53% respectivement.

La comparaison de nos résultats avec ceux des auteurs concernant la teneur en lactose montre une variabilité numérique, soit toutes les teneurs des sept échantillons sont inférieures à celles des auteurs.

La principale modification est la baisse de la teneur en lactose de 20 à 30 %. En partant d'un lait additionné de poudre du lait écrémé au taux de 2 %, la teneur du yaourt en lactose résiduel est d'ordre de 4,5 g pour 100 g. La dégradation du lactose conduit à la formation de galactose, de glucose et d'acide lactique qui passe d'un niveau pratiquement nul à un niveau de 0,8 à 1 %, dont l'acide L(+) lactique représente 50 à 100 % de la dégradation (**Syndifrais, 1997**).

Au cours de la fermentation du lait, une partie du lactose est hydrolysée en glucose et galactose. La majeure partie du glucose est ensuite transformée en acide lactique de sorte qu'à la fin de l'incubation, les glucides des yaourts "nature" sont constitués principalement du lactose, du galactose et de très faibles quantités de glucose. Au cours de la conservation, l'activité des ferments, quoique fortement ralentie à basse température, se poursuit et la composition du yaourt évolue : la teneur en glucides, particulièrement en lactose, continue à diminuer (**Favier, 1991**).

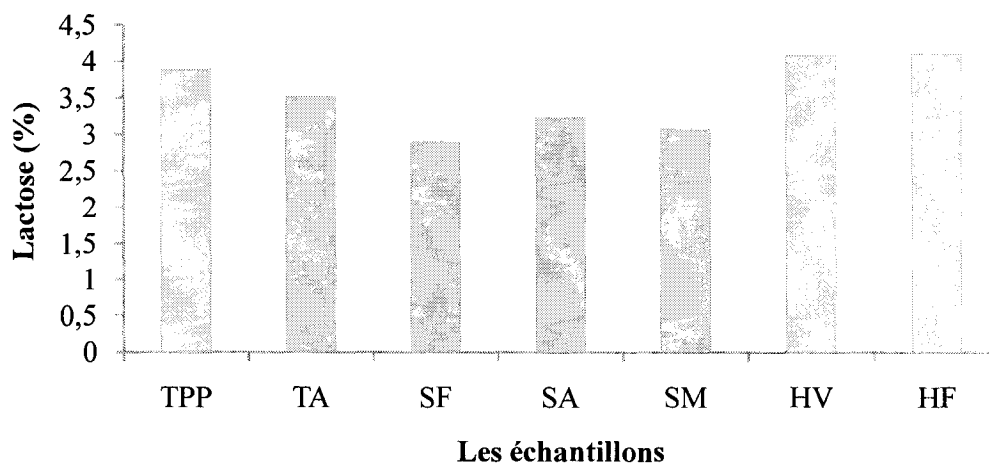


Figure 10 : La teneur en lactose des échantillons analysés.

II.1.6. Protéines

L'ensemble des résultats obtenus concernant le dosage de l'azote total en pourcentage des échantillons étudiés sont représentés dans le tableau XVI, ainsi que dans la figure 19.

Tableau XVI : Les teneurs en protéines des échantillons analysées.

Echantillon	Teneur en azote totale(%)	Teneur en protéines (%)
Hodna Fraise	0,532	3,41
Trèfle Abricot	0,495	3,178
Trèfle Poire Pêche	0,504	3,23
Soummam Abricot	0,672	4,307
Soummam Fraise	0,7	4,487

Nos résultats montrent que les teneurs en protéines des échantillons analysés oscillent entre 3,178 et 4,487%, où la marque Soummam a les teneurs les plus élevées avec une moyenne de 4,298%, suivi de la marque Hodna avec une teneur moyenne de 3,365%, par ailleurs la marque Trèfle, sa teneur moyenne est la plus faible (3,204%).

Les teneurs en protéines de nos échantillons sont nettement inférieures à celles notées par **Barrantes *et al* (1996)** (5.3-5.4%).

Aguirre-Mandujano *et al.* (2009), en analysant la microstructure et les propriétés viscoélastiques du yaourt ont notés des teneurs en protéines entre 3.43 et 3.91%.

Par contre les études menées par **Katsiari *et al.* (2002)** élucident une teneur en protéines de 5.85%.

Selon le **Codex alimentarius (2011)**, le yaourt doit contenir au minimum 2,7% de protéines.

Par comparaison : la teneur obtenue par **Katsiari *et al.* (2002)** est supérieure à nos teneurs. Cependant, ces dernières sont proches aux teneurs obtenus par **d'Aguirre-Mandujano *et al.* (2009)**. Néanmoins elles sont conformes à la norme en vigueur du *codex Alimentarius*.

En conclusion, On peut dire que le yaourt Soummam Fraise est le plus intéressant du point de vue teneur en protéines, sachant que le taux de protéines dans les échantillons est influencé par la qualité de la poudre de lait utilisée lors de la fabrication du yaourt.

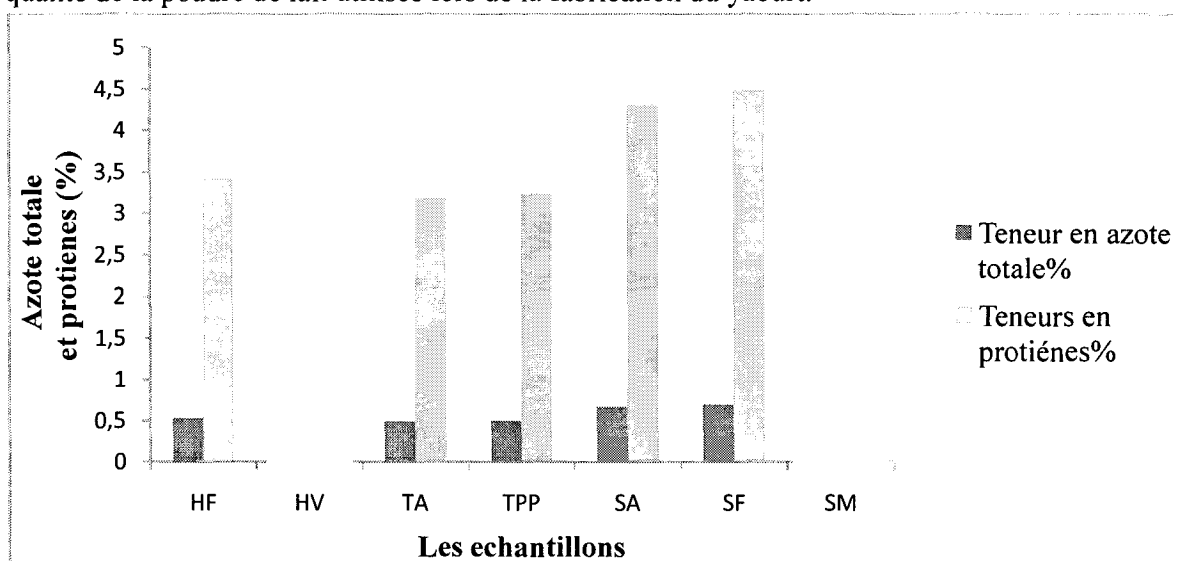


Figure 11 : Teneur en protéines et en azote totale.

II.1.7. Dosage de l'amidon

Dans le yaourt, les hydrocolloïdales sont utilisés pour prévenir la synérèse et remplacer la matière grasse. Les amidons sont utilisés pour stabiliser ce type de produits (**Buaer *et al.*, 2010**)

L'amidon est recherché en cas de suspicion des fraudes, il est considéré comme une matière étrangère si leur présence n'est pas mentionnée sur l'étiquetage des boîtes du yaourt (**Anonyme, 2005**).

Tableau XVII : Les résultats de dosage de l'amidon.

Echantillon	Amidon (%)
Hodna Fraise	00
Hodna Vanille	00
Trèfle Abricot	00
Trèfle Poire Pêche	00
Soummam Fraise	00
Soummam Abricot	00
Soummam Mangue	00

Les résultats regroupés dans le tableau XVII montrent une absence totale de l'amidon dans nos échantillons ce qui explique qu'il n'y a pas de fraude.

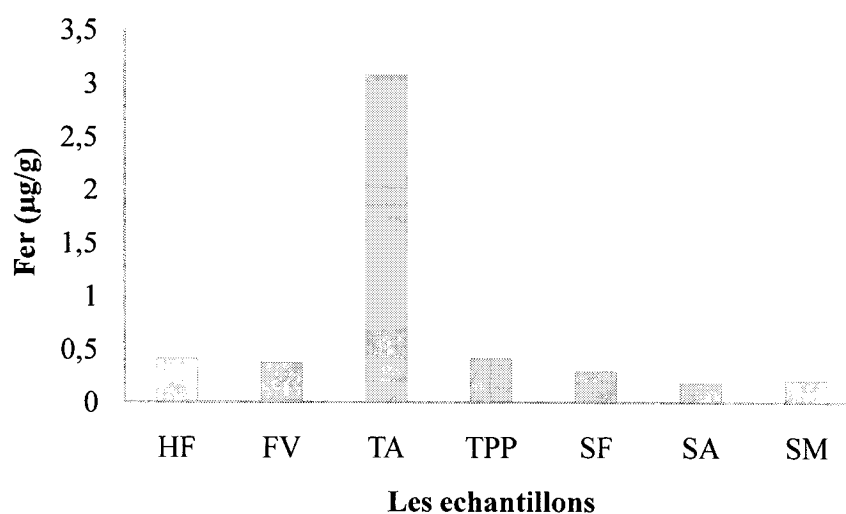
II.1.8. Dosage des éléments minéraux et métaux lourds

Tableau XVIII : Les résultats de dosage des éléments minéraux et des métaux lourds ($\mu\text{g/g}$).

Echantillon	Fer	Zinc	Cuivre	Plomb
Hodna Fraise	0.4159	2.531	0.0102	0.0030
Hodna Vanille	0.3747	0.8802	0.0989	0.0132
Trèfle Abricot	3.08	0.7259	0.1933	0.0091
Trèfle Poire Pêche	0.4139	0.5169	0.0262	0.0040
Soummam Fraise	0.2982	0.3207	0.008	0.0163
Soummam Abricot	0.1805	0.6797	0.0205	0.0122
Soummam Mangue	0.2060	0.2819	0.0091	0.0265

Les résultats de la présente étude concernant le dosage des éléments minéraux de sept échantillons analysés ont montrées des teneurs relativement différentes.

II.1.8.1. Fer

**Figure 12 :** Teneur en fer des échantillons analysés.

D'après la figure 20, le yaourt TA a la teneur la plus élevée en fer ($3.08\mu\text{g/g}$), suivi des yaourts HF et TPP qui ont des teneurs identiques (0.4159 et $0.4139 \mu\text{g/g}$ respectivement), puis le yaourt HV ($0.3747 \mu\text{g/g}$), et aussi les yaourts SF et SM qui ont des teneurs de 0.2982 et $0.206 \mu\text{g/g}$ respectivement. Enfin le yaourt SA a la teneur la plus faible ($0.1805\mu\text{g/g}$).

Isanga et Zhang (2009) ont obtenu une teneur de 3.88 $\mu\text{g/g}$ dans un yaourt préparé avec de lait de vache et 2 $\mu\text{g/g}$ pour un yaourt à base de lait d'arachide.

Alors que **Favier (1991)** a enregistré que le yaourt nature et le yaourt au lait entier aux fraises ne contiennent pas de fer, alors que le yaourt nature au lait entier renferme des teneurs allant de 0.3 à 0.7 $\mu\text{g/g}$, par contre le yaourt nature maigre a 0.5 $\mu\text{g/g}$ et le yaourt au lait partiellement écrémé aux fruits a des teneurs de 0.6 et 2.4 $\mu\text{g/g}$ de fer et enfin le yaourt au lait partiellement écrémé aromatisé contient des teneurs de 0.7 et 1.6 $\mu\text{g/g}$ de fer.

Par comparaison, les teneurs d'**Isanga et Zhang (2009)** sont supérieures à nos résultats sauf pour le TA, qui a une teneur élevée (3.08 $\mu\text{g/g}$) par rapport à celle obtenue avec du yaourt au lait d'arachide (2 $\mu\text{g/g}$).

II.1.8.2. Zinc

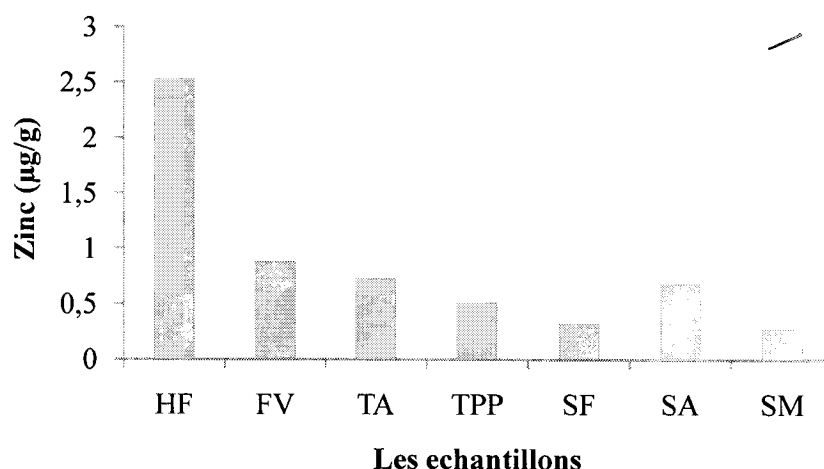


Figure 21 : Teneur en zinc des échantillons analysés

D'après le tableau XVIII et la figure 21, la teneur la plus élevée en zinc est enregistrée avec le yaourt HF (2.531 $\mu\text{g/g}$), pour les autres échantillons, elle varie entre 0.2819 et 0.8802 $\mu\text{g/g}$, où le yaourt HV a une teneur de 0.8802 $\mu\text{g/g}$, suivi du yaourt TA (0.7259 $\mu\text{g/g}$), puis de yaourt SA (0.6797 $\mu\text{g/g}$). Le yaourt TPP a une teneur de 0.5169 $\mu\text{g/g}$ puis le yaourt SF (0.3207) enfin la teneur la plus faible est enregistrée avec le yaourt SM (0.2819 $\mu\text{g/g}$).

Kumar et Mishra (2004) ont obtenu une teneur en zinc de 5 à 7 $\mu\text{g/g}$.

Le yaourt au lait de vache contient 8.98 $\mu\text{g/g}$ en zinc alors que le yaourt au lait d'arachide a 5.22 $\mu\text{g/g}$ (**Isanga et Zhang, 2009**).

Les teneurs en zinc de nos échantillons sont inférieures à celles obtenues par **Kumar et Mishra, (2004)** et aussi à celles enregistrées par **Isanga et Zhang (2009)**.

Favier (1991) obtient des teneurs allant de 2.5 à 9.7 $\mu\text{g/g}$, la teneur en zinc du yaourt HF est incluse dans l'intervalle, par contre les teneurs des autres échantillons sont très faibles.

II.1.8.3. Cuivre

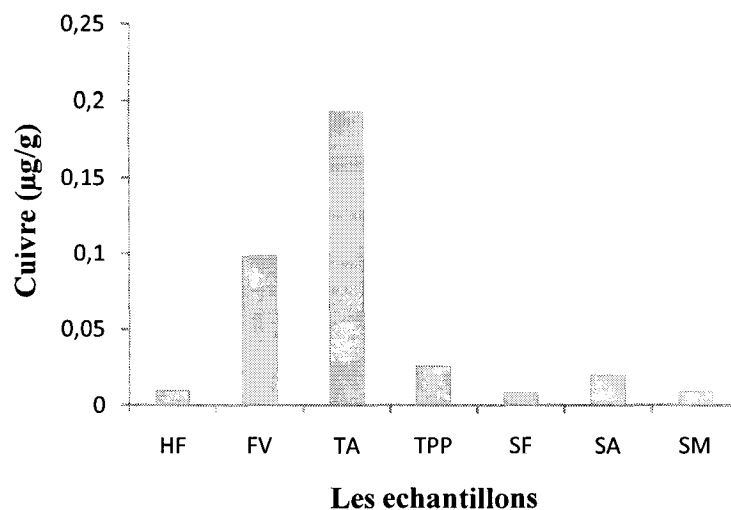


Figure 22 : Teneur en cuivre des échantillons analysés.

La teneur en cuivre des sept échantillons varie entre 0.008 et 0.1933 µg/g (tableau XVIII et figure 22), le yaourt TA a la teneur la plus élevée (0.1933 µg/g) et le yaourt HV est classé le deuxième avec une teneur de 0.0989 µg/g suivi du yaourt TPP (0.0262 µg/g) puis du yaourt SA (0.0205 µg/g), dont les autres yaourts HF, SM et SF, les teneurs sont presque similaires 0.0102, 0.0091 et 0.008 µg/g respectivement.

Selon **Isanga et Zhang (2009)**, le yaourt au lait de vache contient 1.22 µg/g de cuivre et le yaourt au lait d'arachide a une teneur de 0.23 µg/g. La comparaison de nos résultats avec ceux obtenus par **Isanga et Zhang(2009)** montre une variabilité numérique. Les teneurs obtenues par ces deux auteurs sont plus supérieures.

Favier (1991) a obtenu des teneurs qui varient entre 0.3 et 1 µg/g, ces teneurs sont plus élevées par rapport à nos résultats.

II.1.8.4. Plomb

Tous les échantillons ont des teneurs inférieures à 0.03 µg/g. Il est noté que les yaourts de la marque Soummam ont des teneurs élevées avec une moyenne de 0.0183 µg/g où le yaourt SM a une teneur de 0.0265 µg/g suivi du yaourt SF (0.0163 µg/g) et enfin du yaourt SA (0.0122 µg/g).

La marque Hodna est classée en deuxième avec une teneur moyenne de 0.0081 µg/g. Cependant, le yaourt HV a la teneur la plus élevée (0.0132 µg/g) que le yaourt HF (0.0030 µg/g).

La marque Trèfle sa teneur moyenne est la plus faible (0.0066 µg/g) où le yaourt TA a une teneur de 0.0091 µg/g et le yaourt TPP a une teneur de 0.0040 µg/g.

La dose hebdomadaire tolérable (que nous pouvons absorber sans risque à long terme pour la santé), définie par l'OMS, est de 25 microgrammes (millièmes de gramme) par kilogramme de masse corporelle et par semaine (**Zelvelder, 2005**).

Selon l'**Anonyme (2005)**, la recherche de plomb dans le yaourt se fait en cas de demande de la part des services d'inspection (ou d'une quelconque investigation de recherche).

Donc les teneurs en plomb de nos échantillons concordent avec celles de **Zelvelder (2005)**.