République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique

Université Abderrahmane Mira de Bejaia

Faculté des Sciences de la nature et de la vie

Département des sciences alimentaires

Mémoire de fin de cycle
En vue d'obtention d'un diplôme d'ingénieur d'état en sciences alimentaires

Thème

Evaluation des paramètres physico-chimiques du yaourt ferme « Activia » élaboré par l'entreprise Danone Djurdjura

Présenté par :

M^{elle} : Akhenak Siham

M^{elle} : Bendahmane Rachida

Devant le jury :

Président : M^{r} Bouaoudia A

Promoteur : M^{r} Madani K

Examinateurs : M^{r} Boukhalfa F

M^{me} Brahmi F

Année universitaire 2011-2012

Remerciements

J'adresse tout d'abord mes remerciements les plus sincères, à monsieur Madani. K qui a très volontiers accepté d'être notre promoteur.

Je remercie également, le président du jury M^r Bouaoudia de nous avoir fait l'honneur d'évaluer notre travail.

Je voudrais aussi remercier M^r Boukhalfa F et M^me Brahmi F, d'avoir examinés notre travail.

Je me sentirais coupable d'ingratitude si je ne remercie pas Monsieur Oukil Brahim notre encadreur à l'unité Danone Djurdjura, pour ses remarques pertinentes et ses précieux conseils, sans oublier l'ensemble du personnel du laboratoire de contrôle de qualité ainsi que ceux du laboratoire de process pour leurs aide.

A mes tantes ainsi que mes ancles pour leurs générosités et leurs gentillesses.

A mes amies : Amel, Nassira et Mounira qui m'ont toujours soutenues durant toute ces années d'étude, Ainsi que mon amie Rachida pour les nuits veillées ensemble et pour sa bonne volonté pour le travail.

A toute la promotion S.A

Pour finir je voudrais remercier tous ceux qui ont participé de prés ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

Siham

Remerciements

J'adresse tout d'abord mes remerciements les plus sincères, à monsieur Madani. K qui a très volontiers accepté d'être notre promoteur.

Je remercie le président du jury Mr Bouaoudia A de nous avoir fait l'honneur d'évaluer notre travail.

Je tiens également à remercier Mr Boukhalfa F et Mme Brahmi F d'avoir examinés notre travail.

Je me sentirais coupable d'ingratitude si je ne remercie pas Monsieur Oukil Brahim notre encadreur à l'unité Danone Djurdjura, pour ses remarques pertinentes et ses précieux conseils, sans oublier l'ensemble du personnel du laboratoire de contrôle de qualité ainsi que ceux du laboratoire de process pour leurs aide.

A mes tantes ainsi que mes ancles pour leurs générosités et leurs gentillesses.

Mes amies : Rabia, Mariem, Bila, Hassina, Tiziri, Samira, Hamida, Fazia, Soumeya, Assia, Farida.

Tous mes amis sans exception.

Toute la famille Bendahmane.

Toute la promotion S.A

Ma partenaire et amie Siham et sa famille.

Pour finir je voudrais remercier tous ceux qui ont participé de prés ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

MERCI

Rachida

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers :

À mes parents, que j'ai tant aimés et respectés, qui mon encouragés et soutenu jour et nuit durant toutes mes études et dans toute ma vie, que dieu vous protège et vous octroie une longue et heureuse vie.

À mes très chers frères : Ahmed et Slimane pour leur aide et leur générosité.

À mes très chères sœurs adorables : Karima, Saida et Soraya.

À mes deux petits anges : Mon neveu Irinas et ma nièse Maissa.

À mes grands parents, je leurs souhaite une longue vie.

RACHIDA

Dédicaces

Je dédie le fruit de mon travail à des êtres qui me sont très chères, qui ont durant toutes ces années m'ont apporté leur amour et attention, ils ont été toujours à mes côtés pour m'encourager, me conseiller et veiller à la droiture de mon éducation ;

A mère et père,

Aucun mot ne serait témoigné de l'étendue des sentiments que j'éprouve à votre égard.

Je vous aime

A mon unique petit frère ; Anis, à mes chères sœurs ; Amel ; Faiza et Melissa à qui je souhaite de vif cœur de réussir dans leurs études et de trouver le bonheur.

Je vous adore

A mes chers grands -parents, je leurs souhaite une langue vie.

Siham.

Liste des abréviations :

Rpm : rotations par minute.

BSN : Boussois Souchon Neuversel.

Ssp : sous-espèce.

°D : Degré Dornic.

UFC : Unité formant colonie.

ESD : Extrait Sec Dégraissé.

MG : Matière grasse.

BL : Bactéries lactiques.

EPS : Exo-polysaccharides.

DLC : date limite de consommation.

FIL : Filière laitière.

PLF : Produits Laitiers Frais.

SPA : Société Par Action.

EST : Extrait Sec Total.

PROT : Protéines.

SAB : Sérum Albumine Bovine.

TLE : tank du lait écrémé.

SP (S. Pasto) : sortie du pasteurisateur.

TYE : Tank de yaourt étuvé.

DDA : Danone Djurdjura Algérie.

Recette A : lait écrémé avec injection de MGLA.

Recette B : lait écrémé avec crème fraiche.

CF : crème fraiche.

MGLA : matière grasse laitière anhydre.

Liste des figures :

Figure(01) : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* colorés au bleu de méthylène et observés au microscope.

Figure(02) : Observation microscopique de bactéries, à l'état frais, contenues dans le yaourt : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus.*

Figure (03) : observation microscopique de *bifidobactéruim lactis*.

Figure (04) : Diagramme général de fabrication de yaourt ferme et brassé.

Figure (05): schéma général de fermentation de glucose par les bactéries lactiques.

Figure (06) : Micelle de caséine et sous micelle de caséine.

Figure (07) : les points d'échantillonnage du produit de poudrage au produit fini.

Figure (08) : Evolution des protéines : TLE – S. Pasto – Produit fini pour la recette L.E + MGLA.

Figure (08) : Evolution des protéines : TLE – S. Pasto – Produit fini pour la recette L.E+ CREME FRAICHE.

Figure (10) : Evaluation de viscosité et de Ph à J+1 pour la recette lait écrémé avec injection de MGLA.

Figure (11) : Evaluation de la viscosité et de Ph à J+1 pour la recette lait écrémé avec crème fraiche.

Figure (12) : Evaluation de viscosité en fonction du taux de protéines pour la recette lait écrémé avec injection de MGLA (recette A).

Figure (13) : Evaluation de viscosité en fonction du taux de protéines pour la recette lait écrémé avec crème fraiche.

Figure (14) : L'organigramme de l'unité DDA.

Liste des tableaux :

Tableau I : Teneur moyenne pour 100gramme de produit.

Tableau II : Valeur nutritionnelle du lait et du yaourt.

Tableau III: la composition moyenne de la poudre de lait entier et la poudre de lait écrémé.

Tableau IV : exigences canadiennes de composition pour les poudres de lait.

Tableau V : valeur nutritionnelle pour 100 g de yaourt « ACTIVIA » de Danone.

Tableau VI : Analyses des paramètres physico-chimiques (EST, PROT, MG et PH) des deux recettes A et B du yaourt Activia de Danone.

Tableau VII : Suivi des protéines de la recette A (lait écrémé + MGLA).

Tableau VIII : Suivi des protéines de la recette B (lait écrémé + crème fraiche).

Tableau VIIII: causes possibles d'homogénéisation inadéquate d'un mélange et incidences sur la qualité du yaourt.

Tableau X : Variation de la viscosité et Ph du produit à J+1 pour la recette A.

Tableau XI : Variation de la viscosité et Ph du produit à J+1 pour la recette B.

Tableau XII : Variation de la viscosité avec les protéines de la recette A.

Tableau XIII : Variation de la viscosité avec les protéines de la recette B.

Tableau XIIII : Etude de corrélation des préparations de la recette A.

Tableau XV: Etude de corrélation des préparations de la recette B.

SOMMAIRE

INTRODUCTION……..1

Partie théorique

CHAPITRE I : Yaourts aux bifidus…….2

I-1- Définition des laits fermentés……....2

I-2-Définition du yaourt au bifidus ……..2

I-3- La composition du yaourt……..2

I-4- Les ferments lactiques du yaourt au bifidus…….3

I-4-1- les bactéries du yaourt……3

I-4-2- Les bifidobactèries……..5

I-5- Les type du yaourt……..6

I-6- Aspect nutritionnel et thérapeutique du yaourt au bifidus……6

I-6-1- Aspect nutritionnel……...6

I-6-2- Aspect thérapeutique……...…7

CHAPITRE II : Technologie du yaourt……....9

II-1- Choix des matières premiers……..9

II-2- Choix des ferments…….…….10

II-3- Processus de fabrication du yaourt…….....10

II-3-1-La standardisation du lait……...12

II-3-2-Homogénéisation……...…….12

II-3-3- Traitement thermique……12

II-3-4- Refroidissement…….12

II-3-5- fermentation……...13

II-3-6- Refroidissement…….16

II-3-7- Conditionnement……...16

II-3-8- le stockage……16

II-4- Caractérisation de produit fini…….…….16

II-4-1- Caractères physico-chimiques……...…16

II-4-2- Caractères microbiologiques…….16

II-4-3- Caractères sensoriels……..17

CHAPITRE III : Les paramètres physico-chimiques du yaourt……..18
III-1- la viscosité……..…18
III-2- le pH……..18
III-3- La température……...……19
III-4- Extrait Sec Total (EST)……19
III-5- Matière grasse (MG)…….19
III-6- Les protéines du lait……..19

Partie pratique

CHAPITRE I : matériels et méthodes…….…..22
I-1- Présentation du produit ACTIVIA de Danone Djurdjura…….22
I-2- Echantillonnage…….…22
I-3- Les analyses physico-chimiques…….24
I-3-1- Détermination de l'Extrait Sec Total (EST)……24
I-3-2- Détermination de matière grasse (MG) du yaourt par méthode GERBER.. ……....25
I-3-3- Détermination du PH……25
I-3-4- Détermination de viscosité ……...25

CHAPITRE II : résultats et discussions ……... 27
II-1- Résultats d'évaluation du taux de protéines du poudrage jusqu'au produit fini pour la recette lait écrémé avec injection de MGLA (recette A)…….....27

II-2- Résultats d'évaluation du taux de protéines du poudrage jusqu'au produit fini de la recette lait écrémé avec crème fraiche (recette B)……..29

II-3- Résultats d'évaluation de la viscosité et du pH à J+1 pour la recette lait écrémé avec injection de MGLA (recette A)……..……31

II-4- Résultats d'évaluation de la viscosité et du pH à J+1 pour la recette lait écrémé avec crème fraiche (recette B)……....32

II-5- Evaluation de la viscosité en fonction du taux de protéines de la recette lait écrémé avec injection de MGLA (recette A)……..34

II-6- Evaluation de la viscosité en fonction du taux de protéines pour la recette lait écrémé avec crème fraiche (recette B)…….…….35

II-7- Corrélation entre les préparations de la recette A ……..37

II-8- Corrélation entre les préparations de la recette B……37

CONCLUSION……39

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Introduction

Introduction

La production de laits fermentés représente une technologie complexe, qui fait intervenir différents facteurs : en premier lieu, des facteurs biologiques, associés à la mise en œuvre d'une matière première d'origine vivante, le lait et à sa transformation par des micro-organismes, les bactéries lactiques ; en second lieu, des facteurs d'ordre technologique, liés à la mise en œuvre de différentes opérations unitaires. Cette complexité permet des combinaisons très diverses, ce qui aboutit à l'élaboration de produits très variés. Les contraintes de qualité, à la fois hygiénique, organoleptique et nutritionnelle, doivent, en outre, impérativement être prises en compte **(Sodini et Béal, 2008).**

Avec les progrès technologiques réalisés, le yaourt apparait comme un produit laitier très digeste qui possède une grande valeur nutritionnelle et qui est apprécié pour son goût et sa texture. C'est un produit, consommé la plupart du temps comme dessert, très prisé de part le monde, car il convient a toutes les tranches d'âge et même chez les sujets intolérants au lait **(Boubchir-ladj, 2004).**

Du point de vue physicochimique, le lait est un produit très complexe. Une connaissance approfondie de sa composition, de sa texture et de ses propriétés physiques et chimiques est indispensable à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels **(Amiot et *al.*, 2002).**

L'objectif de notre travail au sein de l'organisme Danone Djurdjura est d'évaluer les différents paramètres physico-chimiques du yaourt ferme « Activia » à base de deux recettes différentes, du poudrage au produit fini à J+1 et de connaître l'impact des facteurs du process sur la qualité du produit.

Partie théorique

CHAPITRE I

Yaourts aux bifidus

Yaourts aux bifidus

I-1- Définition des laits fermentés :

Selon la réglementation française, un lait fermenté est un produit laitier composé exclusivement de matières premières d'origine laitière (lait et constituants du lait), ayant subi une pasteurisation et une fermentation par des micro-organismes spécifiques et caractérisé par une teneur en acide lactique minimale (0,6 %). Il peut être additionné de certains ingrédients lui conférant une saveur spécifique (sucre, arômes, préparations de fruits), à condition que cette addition n'excède pas 30 % du poids du produit fini **(Sodini et Béal, 2008).**

I-2-Définition du yaourt au bifidus :

La définition précise du yaourt déterminée par le *codex alimentarius (1975).* Elle précise que seuls les produits contenant les souches vivantes de *streptococcus thermophilus*et d'une espèce de genre *lactobacillus* et n'ayant par conséquent subit aucun traitement thermique après la fermentation, peuvent bénéficier de l'appellation « yoghourt ».

Le yaourt au bifidus s'agit d'une culture mixte de *Bifidobacterium. Bifidum* ou *Bifidobacterium longum* et de la culture de yaourt. La concentration utilisée est de50 à 100g /l de lait à fermenter à 40 -42 °C pendant 3-5 heures **(Kantha et *al*., 1999).**

I-3- La composition du yaourt :

La majorité des yaourts et des laits fermentés commercialisés est préparée à partir de lait enrichi en poudre de lait. De ce fait, ils sont plus riches en protéines, calcium et en lactose. Ces produits peuvent être plus ou moins sucrés. Leur teneur en saccharose varie alors de 7 à 12 %. La fermentation du lait va entraîner des modifications de sa composition **(Syndifrais, 1997).**

I-3-1- Les glucides :

La teneur du yaourt en lactose résiduel est de l'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 50 à 100 % d'acide lactique selon les ferments **(Syndifrais, 1997**).

I-3-2- Les protéines :

Les bactéries Lactiques produisent des enzymes qui hydrolysent partiellement les protéines du lait **(syndifrais, 1997).**

I-3-3- matière grasse :

Selon le *codex alimentarius* , la teneur en matière grasse doit être au minimum égal à 3% (m/m) dans le cas des yoghourts natures, sucrés ou aromatisés, compris entre 0.5% et 3% dans le cas des yoghourts partiellement écrémés ou maigres et au maximum égal à 0.5% dans le cas des yoghourts écrémés.

I-3-4- Les minéraux :

C'est surtout la richesse en calcium du yaourt et des laits fermentés qui est à noter. La poudre de lait ajoutée au lait lors de la fabrication des yaourts et autres laits fermentés augmente en effet la teneur en calcium par rapport au lait d'origine **(syndifrais, 1997).**

I-3-5- les vitamines :

La composition des vitamines du yaourt dépend principalement de celle du lait utilisé **(Pougeon, 2001).**

La composition en vitamines liposolubles A et D varie en fonction de leur teneur dans le lait utilisé (entier ou partiellement écrémé) **(syndifrais, 1997).**

I-4- Les ferments lactiques du yaourt au bifidus:

I-4-1- les bactéries du yaourt :

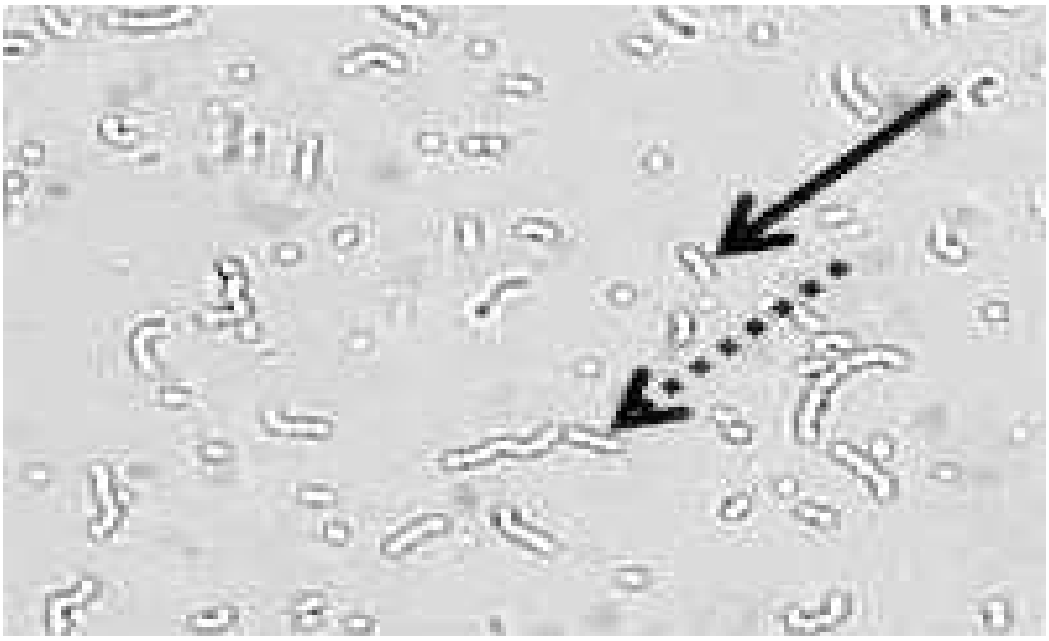
Les ferments lactique sont des bactéries Gram positive, non-sporulantes, immobiles, catalase-négatives, qui croissent sous des conditions anaérobies et utilisent les sources de carbone pour produire de l'acide lactique comme seul ou majeur acide organique **(Yao et *al.*, 2009).**Sont généralement mésophiles. La majorité des souches croître à un pH de 4,0 à 4,5 **(Caplicec et Fitzgeralda, 1999).**

I-4-1-1 -Les bacilles :

Ce sont des bactéries en forme de bâtonnets, isolées ou attachées en file. Il s'agit de *Lactobacillus delbrueckii sub sp bulgaricus.* Elles sont immobiles **(Righi, 2006).**

I-4-1-2 -Les streptocoques : bactéries sous forme de petites boules (coques) reliées en chaînettes plus ou moins longues (streptocoques). La variété la plus fréquente dans le yaourt est *Streptococcus thermophilus* **(Righi, 2006).**

Figure(01) :*Streptococcus thermophilus*et *Lactobacillus bulgaricus* colorés au bleu de méthylène et observés au microscope (**righi, 2006).**



Figure(02) : Observation microscopique de bactéries, à l'état frais, contenues dans le yaourt : *Streptococcus thermophilus* (flèche en pointillés) et *Lactobacillus bulgaricus* (flèche pleine) **(Righi, 2006).**

I-4-2- Les bifidobactèries :

Les bifidobactèries sont des tiges polymorphes gram positives, qui peuvent se produire séparément, dans les chaînes ou en blocs. Ces bactéries non-sporulées et non filamenteuses. Leur morphologie s'étend de l'uniforme à Y et à V **(Russell et *al.*, 2011).**

Sous le terme générique *bifidus*, on trouve le *Bifidobacteriumbifidum*et le *Bifidobacteriumlongum*. Dans ces laits fermentés, les bactéries sont souvent associées aux ferments lactiques du yaourt et lui donnent une saveur assez douce. Ces bactéries font partie de la flore intestinale naturelle du nouveau-né nourri au sein. Elles sont capables d'équilibrer la composition de la flore **(Beisson et Martinez, 2009).**

Bifidobacterium ssp constituent le groupe le plus important de probiotiques fréquemment utilisés comme compléments alimentaires dans les produits laitiers fonctionnels tels que yaourts bio- **(Christopher et *al.*, 2009).**

Ces bactéries présentent une excellente adaptation aux conditions écologiques du tube digestif et une capacité nette à résister à l'acidité gastrique et aux acides biliaires. Les concentrations intraluminales de ces germes atteignaient 10^6ufc/ml dans l'intestin grêle pendant plusieurs heures **(Syndaifrais, 1997).**

Figure (03) : Observation microscopique de *bifidobactéruim lactis* **(WGO, 2008).**

I-5- Les types du yaourt :

1-5-1- Selon l'appellation : Le marché offre toute une déclinaison de produits ayant droit à l'appellation yaourt :

- les yaourts nature, sucrés ou non.
- les yaourts aux fruits, les yaourts pulpés.
- les yaourts aromatisés.

I-5-2- Selon la consistance : Les yaourts peuvent être classés en 3 grandes familles selon la consistance :

- le yaourt « ferme » : les protéines forment un gel sous l'action de l'acide lactique.
- le yaourt « brassé » : le yaourt brassé a une texture lisse, plus ou moins fluide.
- le yaourt « à boire » : sa texture est liquide et mousseuse.

I-5-3- Selon le taux de matière grasse : La quantité de matière grasse dans un yaourt est toujours faible ou très faible.

Le yaourt (ou yoghourt) maigre a un pourcentage de matière grasse peu différent de celui du yaourt entier (2 à 3% en moins) **(Beisson et Martinez, 2009).**

I-6- Aspect nutritionnel et thérapeutique du yaourt au bifidus :

I-6-1- Aspect nutritionnel :

La valeur nutritionnelle du yaourt est supérieure à celle du lait. Son pourcentage en protéines et surtout en sels minéraux (calcium, phosphore, potassium) est particulièrement élevé, ainsi que celui de la riboflavine, comme le montre le tableau N°II.

Tableau II : Valeur nutritionnelle du lait et du yaourt **(Malonga, 1985).**

	Lait	**Yaourt nature**	**Yaourt maigre**	**Yaourt aux fruits**
Calories/l00 g	66	84	69	90
Matières sèches non grasses (%)	8.7	13.1	13.1	14
Protéines %	3.2	4.8	4.9	5.2
Riboflavine (vitamine B_2) mg/l00 g	0.15	0.22	0.12	0.22
Calcium (Ca^{++}) mg/ 100 g	120	180	181	153
Phosphore (P) mg/l00 g	95	142	143	153
Potassium (K^{+}) mg/l00 g	160	240	242	254

La valeur nutritionnelle du yaourt dépend dans une large mesure des techniques de fabrication utilisées (addition de lait sec, température de pasteurisation, etc.) **(Malonga, 1985).**

I-6-2- Aspect thérapeutique :

Le yaourt apparaît comme un nouveau bord d'attaque thérapeutique pour différentes maladies. Un certain nombre de prestations de santé ont été réclamés pour les bactéries probiotiques telles que *Lb. acidophilus, Bifidobacterium*spp. Et*Lb. casei.* Il s'agit notamment de :

- propriétés antimutagènes
- les propriétés anti-cancérigènes
- stimulation du système immunitaire ;
- la prévention de l'eczéma et l'atopie ;
- la réduction de la pression artérielle,
- réduction de la concentration de cholestérol sérique,
- l'entretien de la flore équilibrées et l'amélioration de métabolisme de lactose**.**

La consommation de yaourt est également utile pour soulager la maladie inflammatoire de l'intestin (MII) **(Ashraf et *al.*, 2011).**

- propriétés anti-diarrhéiques **(Clancy, 2003; Van Niel et *al.*, 2002).**

- une résistance accrue aux maladies infectieuses, la croissance de stimulation, amélioration de la gastro-entérite, maladie inflammatoire de l'intestin et suppression de l'infection à Helicobacter pylori**(Shah, 2007).**

- Inhibition de la colonisation intestinale par des micro-organismes pathogènes (**Russell et *al.*, 2011).**

L'effet « probiotique », c'est-à-dire l'amélioration des performances zootechniques (effet positif sur la croissance, sur la diminution des diarrhées…) dépend de la sélection des souches, de la quantité et de la durée d'administration des bactéries lactiques vivantes **(Syndaifrais, 1997).**

CHAPITRE II

Technologie du yaourt

Technologie du yaourt

II-1- Choix des matières premiers :

- **Lait cru :**

Le lait est un liquide sécrété par les glandes mammaires des femelles après la naissance du jeune.

Il s'agit d'un fluide aqueux opaque, blanc, légèrement bleuté, d'une saveur douceâtre et d'un pH (6.6 à 6.8) légèrement acide, proche de la neutralité **(Pougheon, 2001).**

Les différents laits crus utilisés dans la fabrication du yoghourt sont Lait pasteurisé, congelé, écrémé, concentré, en poudre, crèmes, babeurre, caséines… leur usage, leur réglementation sont assez variables d'un pays a l'autre **(Luquet et corrieu, 2008).**

- **L'eau :**

Les installations de transformation du lait devraient disposer d'eau potable qui répond avant sa première utilisation, aux critères spécifiés par les autorités compétentes et qui devrait être contrôlée sur une base régulière.

L'eau recerclée à des fins de réutilisation devrait être traitée et maintenue de manière à ne présenter aucun risque pour la sécurité sanitaire et la salubrité du produit fabriqué avec cette eau **(Codex Alimentarius, 2007).**

- **Protéines et matière grasse :**

Les protéines ont un rôle déterminant sur la texture et la matière grasse sur les caractéristiques organoleptiques (saveur, aromes). Protéines et matière grasse contribuent également à masquer l'acidité du produit **(Mahaut et *al*., 2000).**

- **La poudre de lait** :

Pour augmenter l'extrait sec du lait on peut procéder de diverses manières, les deux couramment utilisées sont l'adjonction de poudre de lait ou la concentration. Si l'on utilise de la poudre de lait écrémé, l'adjonction se fait à des taux de 2 à 3 % pour arriver à un ESD final de l'ordre de 12% **(Boudier, 1991).**

Les poudres de lait sont des produits résultants d'élimination partielle de l'eau du lait. On répartit les poudres de lait en trois groupes : la poudre de lait entier, la poudre de lait partiellement écrémé et la poudre de lait écrémé. Le tableau III montre la composition de la poudre de lait (voir annexe) **(Pouliot et *al*., 2002).**

Tableau IV : les propriétés nutritionnelles des laits en poudre varient suivant leur type **(Ndiaye, 2002).**

Nature du lait	Lipides (%)	Protéines (%)
Lait entier	26	23
Lait demi-écrémé	9.5	29
Lait écrémé	1	36

L'addition de lait en poudre est la méthode généralement employée pour renforcer l'extrait sec du lait **(Malonga, 1985).**

- **Les additifs du yaourt :**

L'additif est, comme son nom l'exprime, une substance que l'on ajoute à un aliment dont la composition était en elle –même suffisante, mais que l'on complète dans un but de réussir la perfection technologique, organoleptique ou nutritionnelle **(Luquet, 1990).**

II-2- Choix des ferments :

Les critères de sélection des bactéries lactiques sont avant tout des critères d'aptitude technologique :

- L'activité acidifiante ;
- La production d'exopolysaccharides ;
- La protéolyse ;
- La production d'arômes **(Luquet et Corrieu, 2008).**

II-3- Processus de fabrication du yaourt :

La fabrication de deux types de yaourts (ferme et brassé) peut être réalisée soit à partir de lait entier, soit à partir de lait partiellement ou totalement écrémé (3.5% ; 1.0% ; 0.0% de MG) **(Mahaut et *al.*, 2000).**

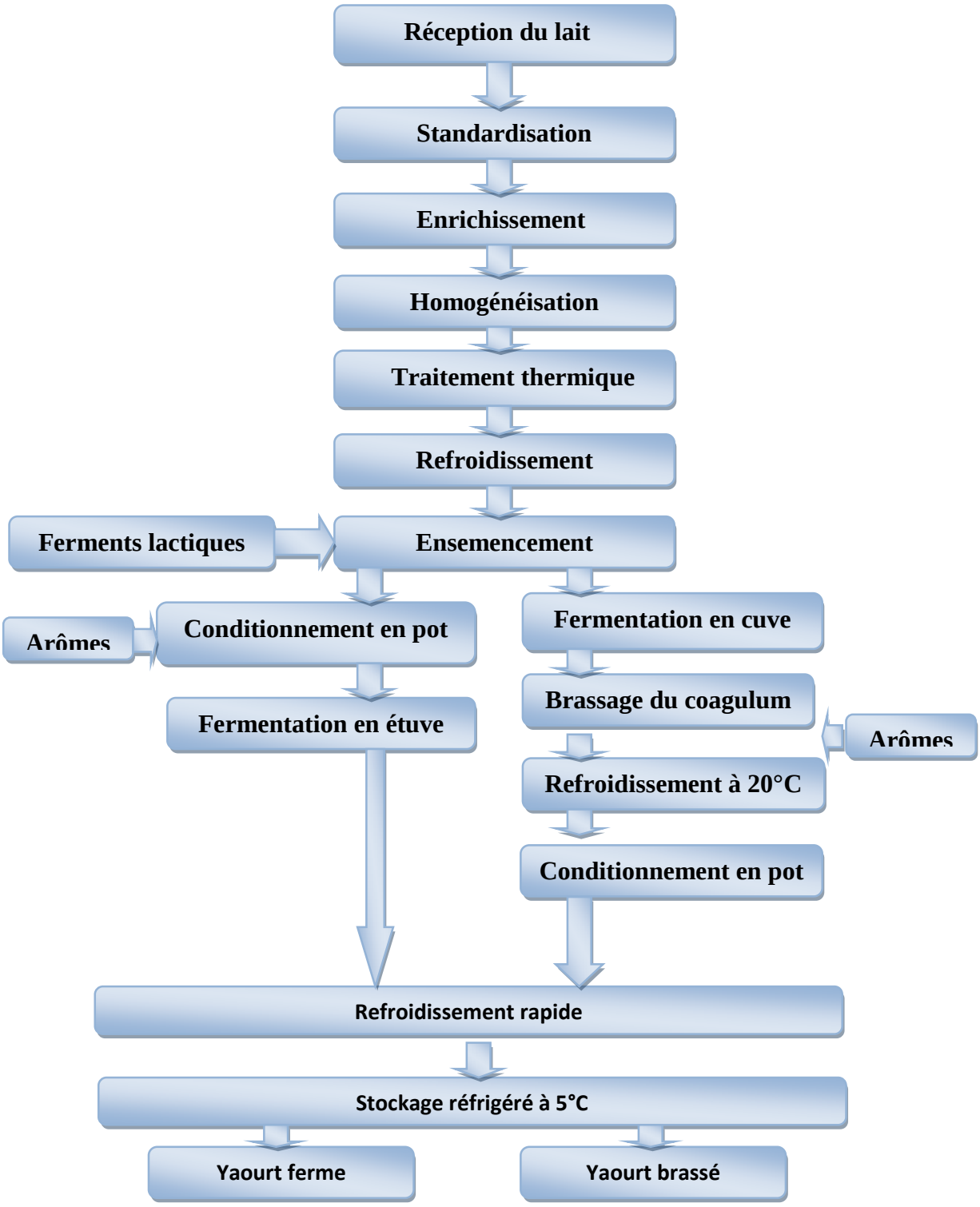


Figure (04) : Diagramme général de fabrication de yaourt ferme et brassé **(Sodini et Béal, 2008)**

II-3-1-La standardisation du lait :

Le lait est souvent obtenue par un mélangé de lait écrémé et de crème, afin de normaliser (ou ajuster) la teneur en matières grasses au niveau souhaité. Poudres de lait, y compris lait écrémé en poudre, protéines de lactosérum concentrés, ou d'un concentré de protéines de lait, peut être mélangé avec le lait à l'aide d'une unité de dispersion de poudre **(Lucey et Lee, 2010).**

En fabrication de yaourt, le lait doit être standardisé en matières grasses, enrichi en protéines, et éventuellement sucré, pour répondre aux spécifications nutritionnelles et organoleptiques des produits (**Sodini et Béal, 2008).**

II-3-2-Homogénéisation :

L'homogénéisation est partie intégrante de la chaîne de fabrication du yaourt. C'est un traitement important en cas d'utilisation de poudre de lait ou lorsqu'on travaille avec du lait très gras. Les grains de poudre, les agrégats de micelles de caséines, sont rompus, les globules gras sont pulvérisés sous forte pression afin d'éviter la remontée des matières grasses en surface. Si son but essentiel est de rendre le lait homogène, l'homogénéisation améliore la viscosité du yaourt **(Malonga, 1985).**

II-3-3- Traitement thermique :

Le lait enrichi subit un traitement thermique à 90-95°C pendant 3 à 5 min. ce traitement thermique a pour but de détruire tous les germes pathogènes et indésirables (bactéries, levures et moisissures) ainsi que d'inactiver les α- globulines et de nombreuses enzymes (phosphatase, peroxydase) et de favoriser le développement de la flore lactique spécifique (streptocoque thermophile) par la formation d'acide formique qui est un facteur de croissance **(Mahaut et *al.*, 2000).**

II-3-4- Refroidissement :

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

Le refroidissement est réalisé au moyen d'un échangeur à plaque, tubulaire ou à surface raclée **(Mahaut et *al.*, 2000).**

II-3-5- fermentation :

II-3-5-1- les ferments :

Le yogourt est fabriqué avec du lait par l'action protocooperative de deux bactéries homofermentaires *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus.* Ils transforment le sucre de lait en acide lactique, avec de petites quantités de sous-produits (**De Brabandere et De Baerdemaeker, 1999).**

Selon le codex alimentarius Le nombre de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* >= 10^7 ufc/g **- Normes concernées FIL 117B: 1997 et ISO 7889.**

La souche *lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* est beaucoup plus acidifiante que *streptococcus salivarius ssp thermophilus*. Toute fois le streptocoque est beaucoup plus aromatique que le lactobacille. En fin c'est le streptocoque qui est le premier à intervenir lors de la fermentation en procurant au lactobacille les composants nécessaires à sa fermentation **(Lamontagne, 2002).**

II-3-5-2- Incubation :

Pour les yaourts fermes, le mélange lait/ferments est soutiré et l'acidification se fait en pots. Pour les yaourts brassés, le lait est acidifié en cuve. Dans les deux cas, l'incubation réalisée à des températures entre 42 et 45 °C dur entre 2h30 et 3h30. L'objectif de cette phase est d'atteindre une acidité de 70-80 °D dans le cas des yaourts étuvés et de 100-120 °D dans le cas des yaourts brassés **(Mahaut et *al.*, 2000).**

II-3-5-3- l'action des ferments lactiques :

- **Fermentation des sucres :**

Dans les conditions de la pratique industrielle de la fermentation, l'utilisation de lactose emprunte une seule voie métabolique. Il est hydrolysé par une β-D-galactosidase (aussi dénommée lactase) en D-glucose et β-D galactose ; le D -glucose est ensuite transformé suivant la voie glycolytique en acide pyruvique puis en acide lactique alors que le galactose est excrété et s'accumule progressivement dans le lait, car il est rarement utilisé par les bactéries du yaourt **(Desmazeaud et *al.*, 1996).**

Quelques bactéries adaptées au métabolisme du lactose (lactobacille et streptocoque) réalisent cette fermentation qui donne comme métabolite final essentiellement de l'acide lactique (**Pougheon,2001).**

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2\ C_6H_{12}O_6 \rightarrow 4\ CH_3\text{-}CHOH\text{-}COOH$$

342g 18g 2 x 180g 4 x 90g

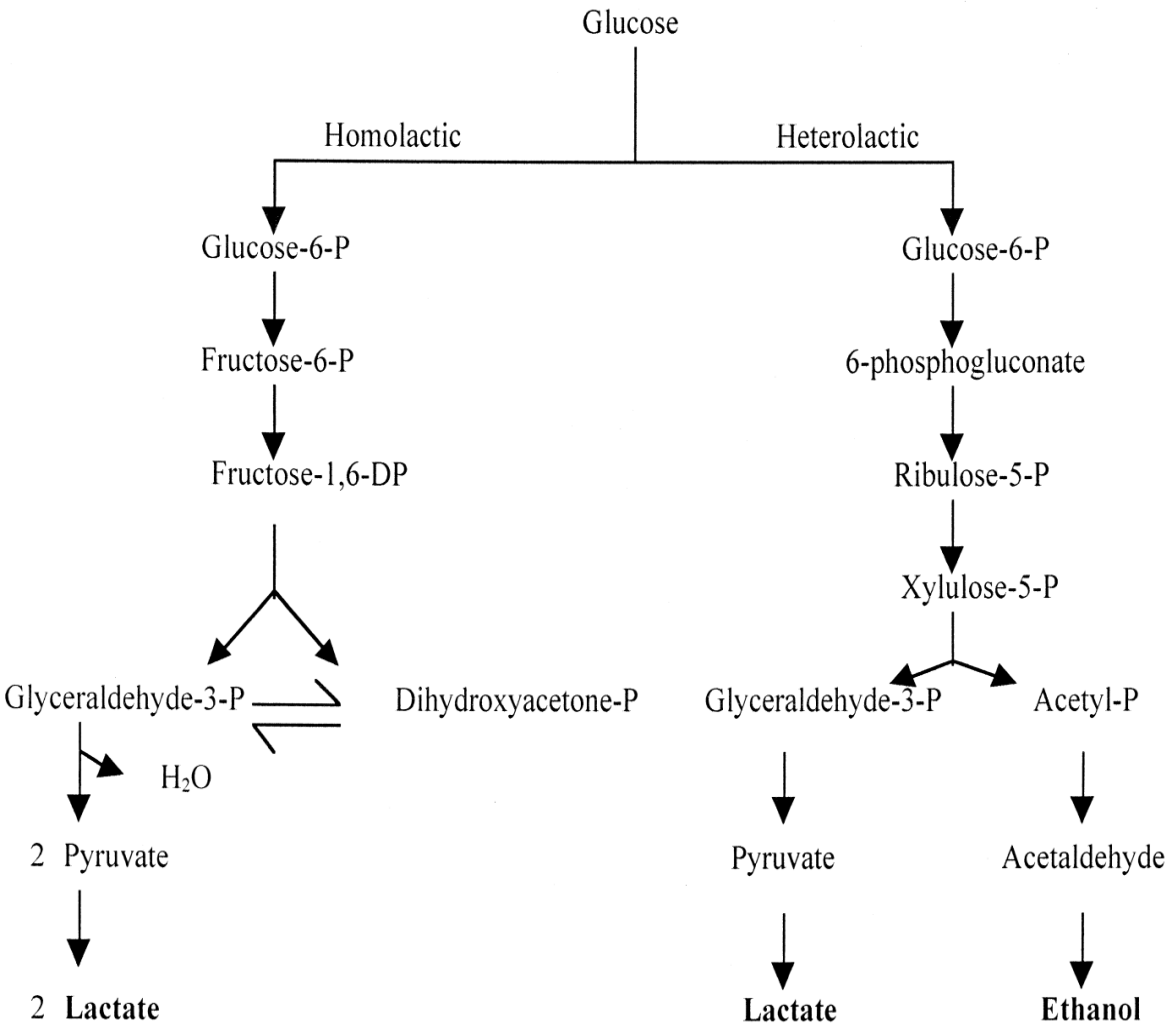


Figure (05): schéma général de fermentation de glucose par les bactéries lactiques **(Caplice et al., 1999).**

- **Production d'arômes :**

Les BL synthétisent un certain nombre d'arômes, le diacétyle et l'acétaldéhyde étant considérés comme les plus importants **(lamontagne et *al.*, 2002).**

- **production de polysaccharides :**

Certaines souches produisent du matériel polysaccharidique, qui contribue alors à la viscosité du produit et évitent la séparation du sérum et du coagulum **(Desmazeaud et *al.*, 1996).**

Les polysaccharides excrété par les BL sont appelés exo-polysaccharides (EPS).la production d'EPS est effectuée par la température, le pH et composition de milieu de culture (**lamontagne, 2002).**

- **La protéolyse :**

La protéolyse faite par les ferments du yoghourt apporte des changements dans la structure physique du yogourt en matière de viscosité et de consistance. Elle contribue à la production de composés aromatiques et augmente la quantité d'acides aminés libre, ce qui aidera à la croissance du ferment **(lamontagne, 2002).**

une dégradation de la caséine par une protéase et une peptidase provenant respectivement de *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* **(Poznanski et *al*,. 1965).**

Le lactobacille étant le seul à posséder des protéases, il s'ensuit que le streptocoque ne poursuivra activement sa croissance que grâce aux peptides libérés par lactobacille **(Desmazeaud et *al.*, 1996).**

- **La Lipolyse** :

La lipolyse est une réaction de nature enzymatique qui est catalysée par lipase. Cet enzyme est naturellement présent dans le lait ou peut être développé par les bactéries. La lipolyse consiste donc, avec l'aide de la lipase, à briser le lien entre les acides gras et le glycérol et cette réaction se produit principalement sur les triglycérides **(Amiot et *al.*, 2002).**

La lipolyse est un phénomène qui participe au développement des qualités gustatives des produits laitiers (**Pougheon, 2001).**

Bien que l'activité lipolitique des bactéries lactiques soit peu élevée, il ya une augmentation significative de la teneur en acides gras libres dans le yaourt **(Mahaut et *al.*, 2000).**

II-3-6- Refroidissement :

Lorsque l'acidité est atteinte, on procède à un refroidissement rapide pour bloquer la fermentation.

Dans le cas de pots étuvés, ce refroidissement est effectué soit dans des chambres froides fortement ventilées, soit dans un tunnel **(Mahaut et *al.*, 2000).**

Le refroidissement est une étape critique de la production du yaourt. Il est appliqué dès que le caillé a atteint l'acidité désirée. Son but est de limiter l'activité des levains le plus rapidement possible afin d'éviter une suracidification. La température de refroidissement se situe, en général, entre 3°C et 7°C **(Malonga, 1985).**

II-3-7- Conditionnement :

Deux types d'emballage sont utilisés : les pots en verres et les pots en plastique (thermoformage) .l'ajout du sucre et des arômes se fait suite à l'ensemencement pour les yaourts fermes alors que l'addition de fruits se fait juste après le refroidissement pour les yaourts brassés **(Mahaut et *al.*, 2000).**

II-3-8- le stockage :

Les yaourts sont groupés par lots de vente, ils passent enfin dans les chambres froides de stockage a une température de 4°C **(Roupas, 2008).**

II-4- Caractérisation de produit fini :

II-4-1- Caractères physico-chimiques :

Des contrôles sur les critères physico-chimiques doivent être effectués sur les lignes de production, selon un plan de contrôle bien défini. Le ph et la texture sont mesurés sur le produit fini, à J+1 **(Luquet et Corrieu, 2008).**

II-4-2- Caractères microbiologiques :

Des dénombrements sont réalisés sur les produits finis. Les valeurs cibles s'adaptent aux réglementations, aux allégations et aux exigences supplémentaires que le fabricant s'impose éventuellement tel que plus de 10^7 bactéries/g à DLC. L'identification et le dénombrement des micro-organismes caractéristiques du yoghourt (*Lb bulgaricus* et *Sc thermophilus)* sont régis

par les normes de la FIL 146(1991) et 117B(1997), respectivement **(Luqeut et Corrieu, 2008).**

Selon la norme National de 1998, N°35 parue au Journal Officiel, les yaourts ne peuvent contenir aucun germe pathogène.

Les levures et les moisissures peuvent se développer dans le yaourt. Ces dernières proviennent principalement de l'air ambiant dont la contamination se situe au stade du conditionnement **(Larpent et Bourgeois, 1989).**

II-4-3- Caractères sensoriels:

La qualité organoleptique des aliments regroupe les propriétés d'un produit perceptibles par les organes des sens **(Norme ISO 5492-1992).**

- **Odeur et arômes :**

L'odeur et l'arome sont perceptibles par l'organe olfactif. L'acétaldéhyde est considéré comme le principal composé d'arôme **(Anonyme 1, 1994).**

- **Saveur :**

Le yaourt est caractérisé par une saveur acide due à la présence d'acide lactique.la saveur sucrée est due a la présence de lactose non hydrolysé et du galactose produit au cours de la fermentation **(Boubchir-ladj, 2004).**

CHAPITRE III

Les paramètres physico-chimiques du yaourt

III-1- la viscosité :

La connaissance des propriétés rhéologiques du yaourt permet également de prendre la qualité en termes de texture des produits finis **(Paci kora, 2004)**.

Le yaourt est défini comme un fluide viscoélastique, il possède à la fois les propriétés visqueuses d'un liquide et les propriétés élastiques d'un fluide (**Boubchir-ladj, 2004).**

La viscosité du yaourt représente La dureté, adhérence, cohésion, et résistance a l'écoulement de yaourt et lait fermentées **(Siuta et *al.*, 2002).**

Les études réalisées sur la microstructure du gel ainsi formé montrent que celle-ci dépend de plusieurs facteurs dont la concentration en matière sèche, la méthode d'enrichissement du lait, le traitement thermique subi et enfin la nature des souches bactériennes utilisées et de leurs capacité à synthétiser des exo-polysaccharides capable d'augmenter la viscosité du gel (**Boubchir-ladj, 2004).**

Différents appareils de laboratoire sont utilisés pour caractériser les propriétés rhéologiques d'un yaourt, à savoir le viscosimètre Brookfield, les rhéomètres rotatifs, les pénétromètres, ou encore, l'entonnoir de Posthumus **(Paci kora, 2004).**

III-2- le pH:

L'abaissement de pH par acidification entraine une déminéralisation progressive des micelles de caséines. Celles-ci vont s'associer entre elles par formation de liaisons hydrophobes, hydrogène et électrostatiques pour former un réseau protéique retenant la phase aqueuse (**Boubchir-ladj, 2004).** Une fois le milieu acidifié, les protéines du lait coagulent : c'est le caillé **(Righi, 2006).**

Le temps pris à l'extension pH 4,6 est employé en tant que l'indication du temps de fermentation comme pH 4,6 est typiquement utilisé comme point final pour la fermentation dans la fabrication du yaourt **(Puvanenthiran, 2002).**

Pendant la fermentation, le pH du lait diminue et les propriétés physico-chimiques des micelles de caséines sont profondément modifiées (**Sodini et Béal, 2008).**

III-3- La température :

Le chauffage du mix (lait et constituants éventuellement ajoutés), ainsi que le choix des ferments jouent un rôle essentiel pour l'élaboration de la texture du yaourt. Un fort traitement thermique provoque la précipitation des protéines sériques à la surface des micelles de caséine, ce qui limite les possibilités de dissociation micellaire entre pH 5,3 et 4,8. Le traitement thermique vise à réduire la charge microbienne et à améliorer les propriétés physiques du yaourt viscosité, capacité de rétention d'eau (**Soudini et Béal, 2008).**

III-4- Extrait Sec Total (EST) :

Les solides totaux sont tous les constituants solides du lait, soit les matières grasses, les protiènes , les glucides et les minéraux **(Amiot et *al.*, 2002).**

Une teneur faible en solides totaux peut causer une synérèse qui se definit par une séparation entre le serum et la structure solide, causant une accumulation de liquide à la surface du gel. Il est possible d'augmenter le pourcentage de solides totaux dans le mélange à yoghourt par l'addition de poudre de lait entier ou partiellement écrémé, de caséinate, d'un concentré de protéines de lactosérum ou de protiènes hydrolysées **(Lamontagne, 2002).**

III-5- Matière grasse (MG) :

La matière grasse est, parmi les composants importants du lait, celui qui est le plus variable en proportion ainsi qu'au niveau de sa composition. Elle se présente sous forme globulaire et dispersée dans la phase aqueuse que représente le lait écrémé (**Boutonnier, 2008).**

Les matières grasses du lait se composent principalement de triglycérides, de phospholipides et d'une fraction insaponifiable constitue en grande partie de cholestérol et de β-carotène **(Amiot et *al.*, 2002).**

III-6- Les protéines du lait.

III-6-1-Définition des protéines :

Les protéines sont des polymères naturels qui se caractérisent par la présence d'azote (N).il s'agit principalement de vingt acides aminés différent reliés entre eux par des liens peptidiques. Les protéines sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes et elles constituent une part importante du lait et des produits litières. Les composés azotés non protéiques sont principalement des protéases, des peptones et de l'urée.

Différentes structures et propriétés physico-chimiques distinguent les protéines du lait **(Amiot et *al.*, 2002).**

III-6-2- Classification des protéines :

III-6-2-1- Les caséines du lait :

Environ 95% des caséines dans le lait existent sous forme colloïdale, appelés micelles. En base sèche, les micelles de caséines contiennent 94% de protéines, et 6% d'espèces de faible poids moléculaire, et qui consistent en calcium, magnésium, phosphate et citrate.

Ces micelles sont très stables à haute température, elles ne coagulent qu'après un chauffage à 140°C pendant 15 à 20 min au pH normal du lait **(Espina Perez, 2009).** Leurs point isoélectrique moyen est de 4.65. Les quatre principales protéines contenues dans les micelles sont caséine α1, α2, β, κ **(Amiot et *al.*, 2002).**

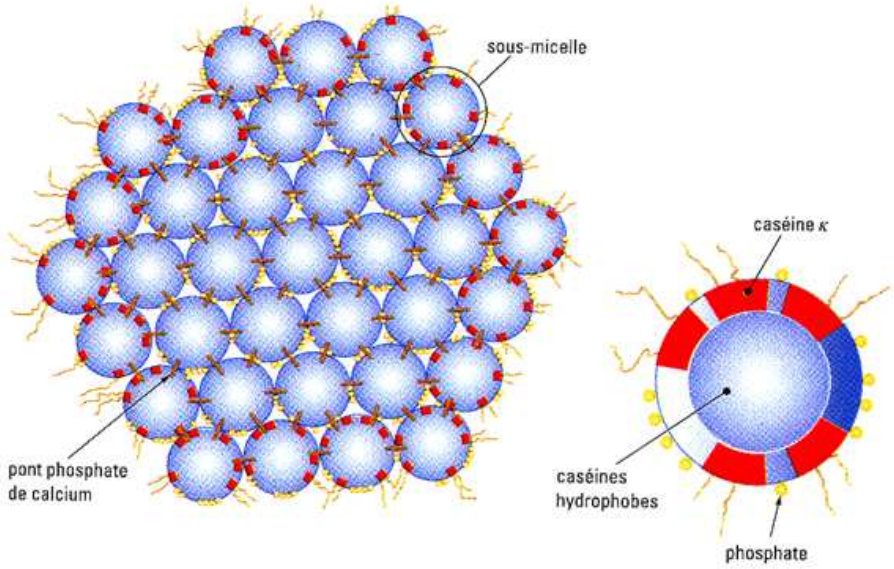


Figure (06) : Micelle de caséine et sous micelle de caséine **(Amiot et *al.*, 2002).**

III-6-2-2- Protéines sériques :

Les protéines du sérum, qui représentent environ 20% des protéines totales, se retrouvent sous forme de solution colloïdale. Les deux principales sont la β-lactoglobuline et α-lactalbumine ; les autres protéines du sérum sont les immunoglobulines, le sérum albumine bovine (SAB) et la lactoferrine.

La β-lactoglobuline est la plus importante des protéines du sérum puisqu'elle en représente environ 55%. Son point isoélectrique est 5.1.

Les alpha-lactalbumine est une métalloprotéine qui représente environ 22% des protéines du sérum son point isoélectrique est 4.8 **(Amiot et *al.*, 2002).**

III-6-3- Propriétés des protéines laitières :

III-6-3-1- propriétés technologique :

Les concentrés de protéines totales s'intègrent à la structure des aliments et contribuent à la texture des produits finis. On les apprécie pour leurs propriétés d'hydratation et leurs capacités de former des gels et de stabiliser les interfaces.

Les protéines qui possèdent une forte capacité d'hydratation (caséine) absorbent rapidement l'eau et forment en surface une couche de gel qui empêche la pénétration d'eau**.** La concentration protéique étant plus faible, la couche de gel formée en surface est moins dense **(Britten, 2002).**

Les protéines sériques ont également des propriétés fonctionnelles très intéressantes :

- pouvoir émulsifiant en présence de matière grasse,
- pouvoir gélifiant par coagulation à la chaleur,
- pouvoir moussant **(Pougheon, 2001).**

Le réseau de protéine dans le yaourt contenant seulement des solides de lait écrémé était une structure brute, des agrégats globulaires relativement grands dans un réseau formant les grands pores **(Puvanenthiran et *al.*, 2002).**

III-6-3-2-Propriétés nutritionnelles :

Les concentrés de protéines totales améliorent les propriétés organoleptiques et le profile nutritionnel des aliments transformés. On les emploie pour l'enrichissement en protéines et en minéraux. Composés des caséines et des protéines sériques, ils représentent une excellente source d'acides aminés essentiels.

Les concentrés apportent une saveur laitière agréable aux aliments et une quantité significative de calcium **(Britten, 2002).**

Partie pratique

CHAPITRE I

Matériels et méthodes

Matériels et méthodes

Partie pratique

I-1- Présentation du produit ACTIVIA de Danone Djurdjura :

Activia est un yaourt doux et crémeux contenant des ferments actiregularis, culture sélectionnée et brevetée par Danone, des études scientifiques ont démontrés que activia contribue à améliorer le bien être intestinal. Se prévalant d'une action purement harmonisante, activia est également apprécier des personnes ne souffrant d'aucun troubles digestif. Le premier activia a été vendu en France en 1989.

Tableau V : valeur nutritionnelle pour 100 g de yaourt « ACTIVIA » de Danone **(Anonyme 2, 2012).**

Glucides	16.63 (g)
Protéine	3.3 - 3.7 (m/m)
Lipides	3.3 – 3.7 (m/m)
Calcium	120 (mg)
Phosphore	110 (mg)
Valeur énergétique	93.27 (kcal)

I-2- Echantillonnage :

D'après les suivis qu'on a effectué, notre échantillonnages est basé sur le prélèvement du produit aux différents niveaux de production, TLE (tank de stockage lait écrémé), SP (sortie pasteurisateur), au niveau de la conditionneuse et enfin le prélèvement à la sortie de la chambre froide pour J+1. Le prélèvement doit se faire toujours d'une manière stérile avant et après les prélèvements afin d'éviter la contamination du tank.

I-2-1- Prélèvement au niveau de TLE:

A partir de la vanne de prélèvement du TLE, on prélève notre échantillon dans un flacon de 100 ml et on procède aux analyses.

I-2-2- Prélèvement au niveau du SP :

On prélève notre échantillon dans un flacon de 100 ml au niveau du SP et on l'analyse.

I-2-3- Prélèvement au niveau de la conditionneuse :

A ce niveau on effectue un prélèvement au milieu de production, lorsque le TYE atteint sa moitié du tonnage.

A partir de ce prélèvement on prend deux (02) pots, on vérifie leurs numéro de palette, l'analyse se fait juste après le prélèvement.

I-2-4- échantillonnage pour analyses à J+1 :

Après conditionnement les palettes sont transportées vers la chambre chaude pour leurs maturations jusqu'à ce que le pH atteigne 4.6. Les palettes seront transférées vers la chambre rapide d'une température de 4°C, enfin à la sortie de la chambre froide, on prélève un pack de six (06) pots a partir de la palette numérotée avant, pour les analyses J+1.

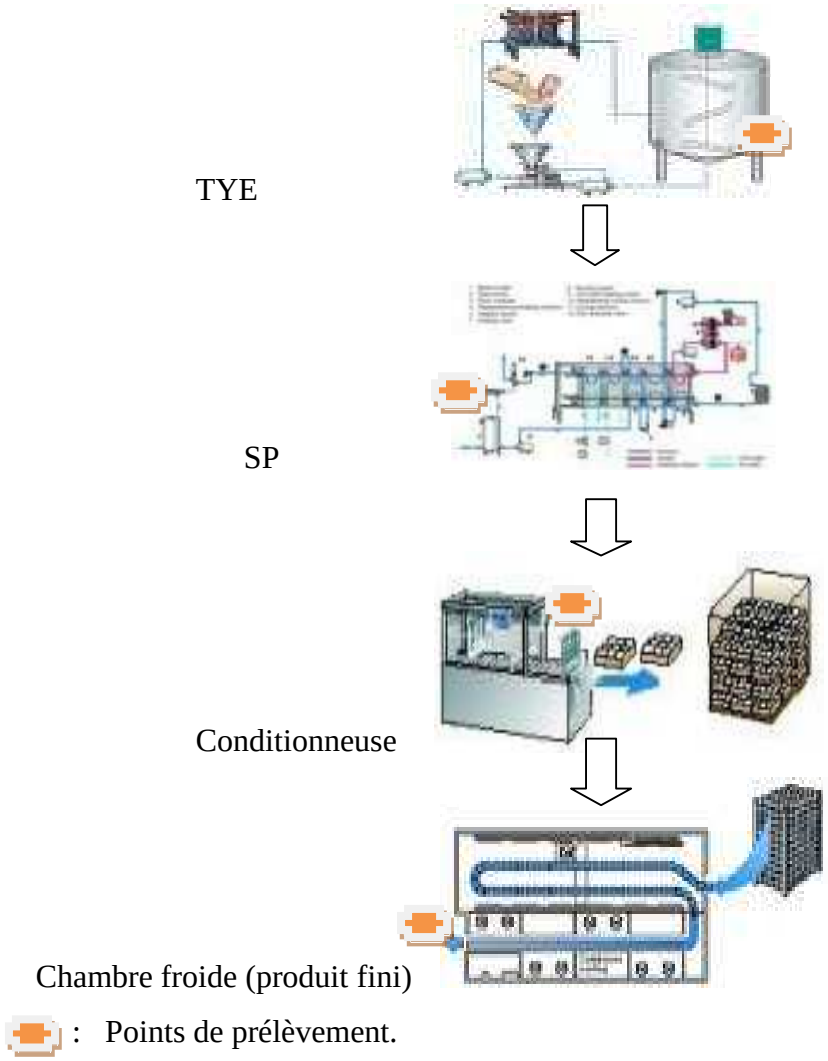


Figure (07) : Schéma représentatif des différents endroits de prélèvement des échantillons.

I-3- Les analyses physico-chimiques :

I-3-1- Détermination de l'Extrait Sec Total (EST) :

- **Détermination de l'Extrait Sec Total par dessiccateur Infra-Rouge :**

- **Principe :**

La détermination de l'Extrait Sec Total (EST) du produit se fait par évaporation pendant 10 min pour le produit fini et 15min pour le produit semi fini. L'EST représente la perte de masse du produit lors d'une dessiccation à une température de 105 °C.

- **Mode opératoire :**

- Mettre le dessiccateur en marche.
- faire la tare pour que l'écran indique exactement zéro.
- Peser environ 3,0 gramme avec étalement de produit dans la coupelle.
- baisser le couvercle et la dessiccation commence automatiquement.
- Le résultat de la dessiccation s'affiche en pourcentage massique (m/m)

- **Détermination de l'extrait sec total (EST), matière grasse (MG) et protéines (PROT) par le FT 120.**

C'est un appareil basé sur la spectroscopie infra-rouge, chaque paramètre d'un produit laitier est caractérisé par une longueur d'onde infra-rouge qui est convertie en pourcentage massique par la loi de Beerlambert.

Le FT 120 est calibrer et vérifier par apport aux méthodes de références avec une incertitude de +/- 0.15 sur l'EST.

- **Caractéristiques :**

- l'échantillon doit être de bonne qualité (sans début de coagulation).
- Ne doit contenir aucune particule ou grumeaux de plus de 50 µm.

- **Mode opératoire :**

- Préparation de l'échantillon, bien homogénéisé pour avoir une meilleure répartition des globules gras.
- incubation au bain marie à 40°C pendant 10 à15 min.
- Enlever l'échantillon du bain marie, bien agiter avec dix (10) retournements et de faire attention a ne pas brusquer pour éviter qu'il y'est de la mousse.

- Placer l'échantillon sous la pipette.
- Identification de l'échantillon.
- Les résultats s'affichent sur l'écran de l'ordinateur.

I-3-2- Détermination de matière grasse (MG) du yaourt par méthode GERBER :

- **Principe :**

Les protéines sont dégradées par l'acide sulfurique (d=1.82), et la chaleur produite fait fondre la matière grasse. L'alcool iso-amylique (d=0.81) aide à la séparation de la matière grasse. La centrifugation permet la séparation des phases grasse et aqueuses.

- **Mode opératoire :**

- Dans un butyromètre Prendre 10ml de l'acide sulfurique
- Ajouter 10g de l'échantillon à analyser.
- 1ml de l'alcool iso-amylique.
- Agiter avec des tournements et placer le butyromètre dans la centrifugeuse en parallèle avec le tube d'équilibrage.
- Appuyer sur la touche START.
- La centrifugeuse a une vitesse de 1100 rpm à 68°C pendant 10min.
- Retirer le butyromètre et lire le résultat.

I-3-3- Détermination du pH :

Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance, il est déterminé à partir de la quantité d'ions H^+ contenu dans l'échantillon. Le résultat d'une mesure de pH est défini par les quantités d'ions H^+ et OH^- présents dans l'eau.

- **Le principe :**

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre de marque « HANNA ». Les ions OH^- et H^+ vont créer de légères charges négatives et positives de part et d'autre de l'électrode qui est relié au pH-mètre. Le potentiel des charges calculé par ce dernier permet de déterminer la quantité d'ions dans l'échantillon.

- **Le mode opératoire :**

L'électrode du pH-mètre (préalablement étalonné à l'aide de deux solutions tampons de pH égale à 7 et 4 respectivement) est rincée avec de l'eau distillée puis plongée dans l'échantillon à analyser. La valeur de pH de l'échantillon est obtenue directement par simple lecture sur le cadran du pH-mètre après stabilisation.

I-3-4- Détermination de viscosité :

- **Principe :**

La mesure de la viscosité nous renseigne sur la consistance du yaourt. Elle est mesurée par un viscosimètre Brookfield pour les yaourts étuvé on utilisant l'aiguille. La mesure de la viscosité se fait a 24 heures +/- 6 heures après la sortie étuve et le refroidissement du produit à 10°C dans la chambre DLC. L'analyse se fait également à 10°C.

- **Mode opératoire :**

- Mettre en route le viscosimètre et vérifier l'horizontalité à l'aide de la bulle du niveau.
- Remettre à zéro, et régler la vitesse : pour le yaourt ferme on utilise la vitesse 2.5 tours/minute et on allume la lumière qui indique l'enfoncement de l'aiguille au cours de l'analyse.
- Faire descendre l'aiguille vers la surface du produit ou l'enfoncer dans le produit jusqu'au repère indiqué au dessus du disque.
- Démarrer l'analyse et laisser tourner pendant 45 secondes.
- Lire le résultat et multiplier avec le coefficient multiplicateur 4000.
- La viscosité est exprimée en centipoises.

CHAPITRE II

Résultats et discussions

Résultats et discussions

Partie pratique

Les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques (EST, PROT, MG et PH) des échantillons du yaourt sont illustrés dans le tableau n° VI (voir annexe).

II-1- Résultats d'évaluation du taux de protéines du poudrage jusqu'au produit fini pour la recette lait écrémé avec injection de MGLA (recette A):

Les résultats de la variation du taux de protéines, sont montrés dans le tableau VII (voir annexe).

L'évolution de la variation du taux de protéines des différentes étapes de production en fonction des préparations est représentée dans la figure (08).

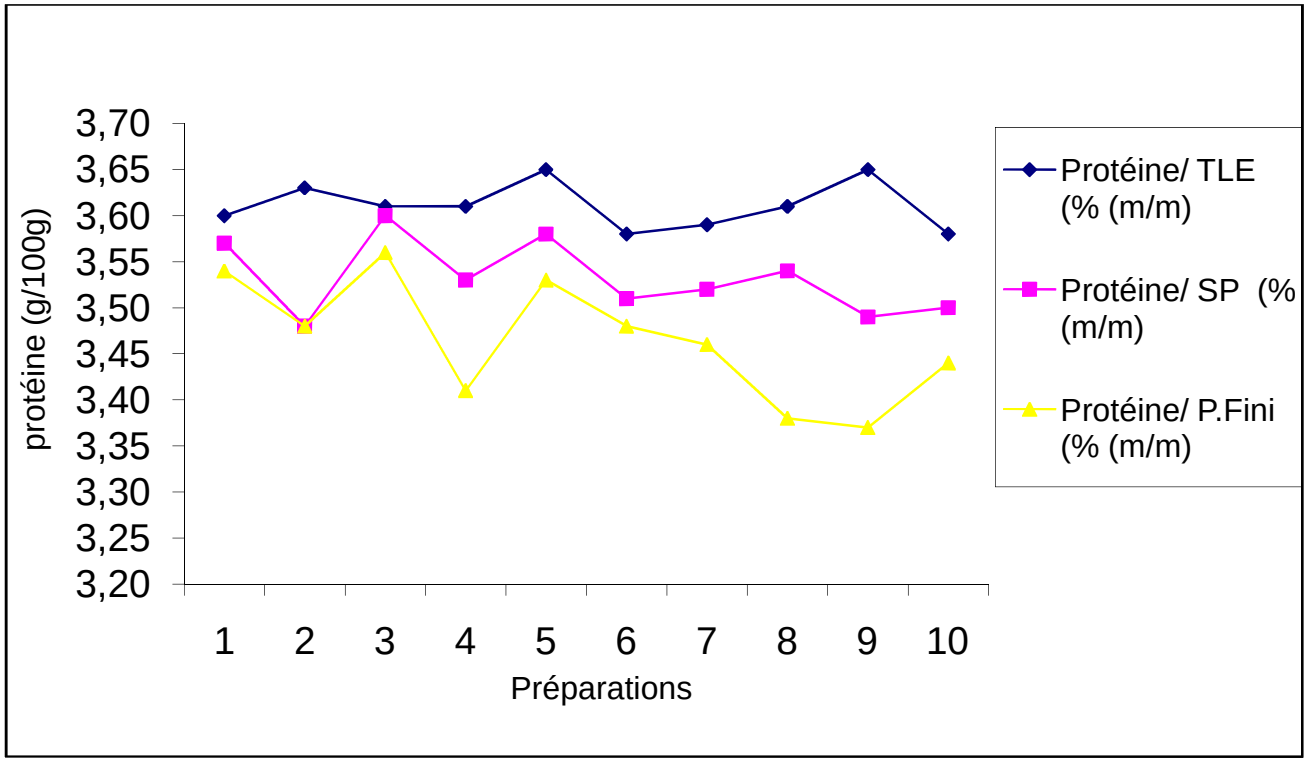


Figure (08) : Evaluation du taux de protéines : TLE – S. Pasto – Produit fini pour la recette L.E + MGLA.

Selon la représentation graphique obtenue pour les dix préparations, on observe une variation du taux de protéines d'une étape à l'autre provoqué par plusieurs facteurs.

- Pour les préparations : 1, 2, 3, 5 et 6 on remarque :

- Une diminution du taux de protéines après injection de MGLA, qui a induit à la dilution de protéines et les autres ingrédients laitiers.

- Une mauvaise homogénéisation qui résulte de la pression et la vitesse d'agitation qui sont inadéquats, au niveau du TLE au moment de notre prélèvement.
- Les poussées peuvent aussi intervenir dans cette diminution par le mouillage des constituants du produit.

Le mouillage au niveau du pasteurisateur est effectué par une eau de pousse qui est déchlorée, osmosée et adoucie. Cette eau a pour but de mettre les paramètres du pasteurisateur temps et température aux conditions de pasteurisation (95°C pendant 6 min) pour que le produit initial soit pasteurisé avant sa sortie du pasteurisateur. Une quantité de cette eau doit être mise à l'égout pour éviter son passage au TYE, c'est la pousse initiale où le produit fait pousser l'eau.

A la vidange du TLE, l'eau de pousse s'écoule afin de pousser le produit vers le TYE, c'est la pousse finale.

Malgré la mise à l'égout, il reste toujours une quantité d'eau de pousse en contact avec le produit et cela provoque un mouillage de ce dernier.

Donc la maitrise de la mise à l'égout est indispensable pour minimiser ce mouillage.

- Pour les préparations 4 et 10, on observe :

- Un mouillage important du produit par les poussées à partir du pasteurisateur jusqu'à la conditionneuse, engendre l'abaissement du taux de protéines et une dilution de la concentration du produit.

- Les préparations 8 et 9 ont une diminution excessive du taux de protéines provoquée par :

- Le mouillage du produit par les poussées et cela au niveau du pasteurisateur et les lignes de conditionnement.
- L'injection de MGLA qui favorise une dilution du taux de protéines du produit.
- Les paramètres d'homogénéisation qui sont inadéquats, car une pression et une vitesse faibles créant une hétérogénéité du produit. Formation des globules gras de diamètre important qui gênant la dispersion homogène des constituants.

II-2- Résultats d'évaluation du taux de protéines du poudrage jusqu'au produit fini de la recette lait écrémé avec crème fraiche (recette B):

Le tableau N° VIII (voir annexe) montre les différents résultats de variation du taux de protéines pour la recette lait écrémé avec crème fraîche du poudrage jusqu'au produit fini.

La figure (09) représente l'évaluation du taux de protéines de la recette B des dix préparations.

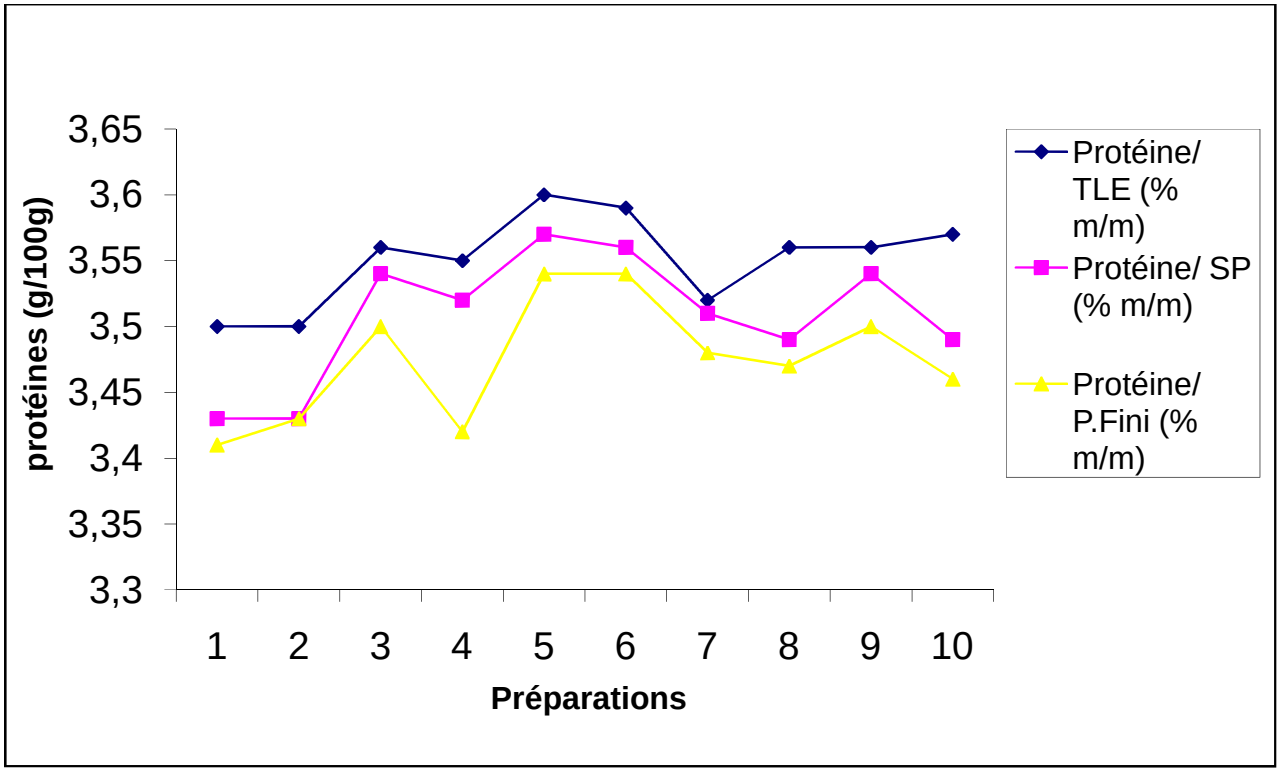


Figure (09) : Evaluation du taux de protéines : TLE – S. Pasto – Produit fini pour la recette L.E+ CREME FRAICHE.

D'après la figure (09), on observe toujours une diminution du taux de protéines dans tous les lots.

- Dans les deux premières préparations, on remarque une diminution trop importante du taux de protéines du TYE au SP de 3.5 % à 3.43 % et cela peut être expliqué par un mouillage au niveau du pasteurisateur.
- Pour ce qui concerne les préparations 3, 7, 8 et 9, on observe une diminution du taux de protéines qui résulte :

- Du mouillage par les poussées du pasteurisateur.

- De la pression de l'homogénéisation qui joue un rôle très important sur la dispersion des deux phases aqueuse et colloidale.

Le traitement thermique a également un effet sur la structure de protéines, induisant à des modifications de leurs propriétés fonctionnelles par la dénaturation.

- Dans la préparation 4, le mouillage favorise un abaissement important du taux de protéines dans le produit fini.
- Le taux de protéines dans les lots 5 et 6 est important dans le TYE, mais à la sortie du pasteurisateur, on remarque une diminution de ce taux et cela s'effectue au niveau du pasteurisateur par dilution du produit, qui est provoquée par les eaux de pousses.
- Pour la dernière préparation, le taux de protéines est élevé mais toujours avec une diminution durant le passage dans le pasteurisateur avec la persistance du mouillage jusqu'au moment de conditionnement.

D'après les interprétations des résultats de ces deux recettes, on a constaté que les causes de réduction du taux de protéines sont les mêmes sauf l'injection de MGLA pour la recette A.

La matière grasse étant un composé anti-moussant et à viscosité élevée, sa présence réduit le taux de foisonnement du mélange. En deuxième lieu, une augmentation de matière grasse diminue d'autant la teneur en ESDL. Enfin, un pourcentage excessif de matière grasse peut entraîner une texture pâteuse, voire collante **(St-Gelais et Tirard-collet, 2002).**

L'homogénéisation du lait pour la production de yaourts permet une stabilisation plus importante du gel **(Laurent et *al.*, 2002).** Elle a un effet sur la stabilité des protéines **(Lamontagne, 2002).**

La grosseur des globules de gras après l'homogénéisation dépend de la pression qui a été appliquée. Plus la pression est élevée, plus les globules de gras sont petits. La viscosité des yogourts est directement proportionnelle à l'augmentation de la pression lors de l'homogénéisation **(Lamontagne, 2002).**

La pression appliquée lors de l'homogénéisation est le principal paramètre à prendre en compte. On retrouve au tableau N°VIIII une synthèse des incidences d'homogénéisation inadéquate d'un mélange à yogourt**.**

Il faut de même prendre en compte le traitement thermique et le temps de retenue comme des facteurs importants pour l'amélioration de la consistance **(Lamontagne, 2002).**

II-3- Résultats d'évaluation de la viscosité et du pH à J+1 pour la recette lait écrémé avec injection de MGLA (recette A):

Le tableau n° X montre les résultats de variation de la viscosité du yaourt en fonction du pH (voir annexe) qui sont représentés dans la figure (10).

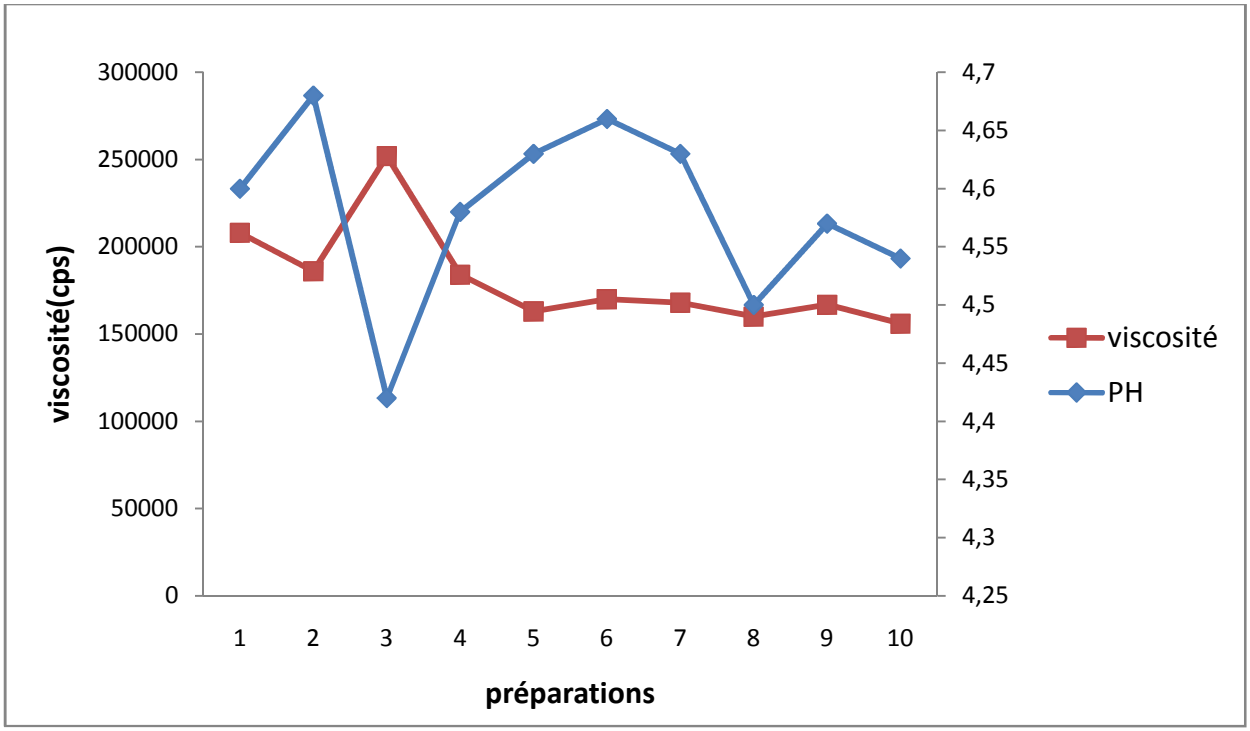


Figure (10) : Evaluation de la viscosité en fonction du pH de la recette A.

On remarque dans la figure (10), que les préparations 1 et 4 ont attient leurs pH de maturation de 4.6 et 4.58 et des viscosités qui sont conformes. On compare ces deux préparations à la préparation 2 et on observe que le pH est élevé par rapport au pH de maturation, cela est du au non respect de la durée de fermentation, qui a induit a une faible viscosité du produit à J+1.

Tous ces résultats ne peuvent êtres expliqués que par l'existence d'une relation entre le pH et la viscosité du yaourt.

- Pour ce qui concerne la préparation 3, on note un pH qui est inférieur à celui de la maturation, ce qui a influencé sur la viscosité du yaourt et par conséquent une apparition d'une forte viscosité. L'abaissement du pH par la fermentation lactique provoque la déminéralisation des micelles de caséines et la gélification du milieu avec des modifications structurelles irréversibles.

Pour les productions 5, 7, 8, 9 et 10, les pH sont conformes mais leurs viscosités sont trop faibles, dans ce cas, on constate qu'il ya d'autres facteurs qui influence sur la viscosité du yaourt mis à part le pH.

II-4- Résultats d'évaluation de la viscosité et du pH à J+1 pour la recette lait écrémé avec crème fraiche (recette B):

Les résultats de la variation de la viscosité du yaourt en fonction du pH sont montrés dans le tableau XI (voir annexe).

La figure (11) représente l'évaluation de la viscosité et du pH à J+1.

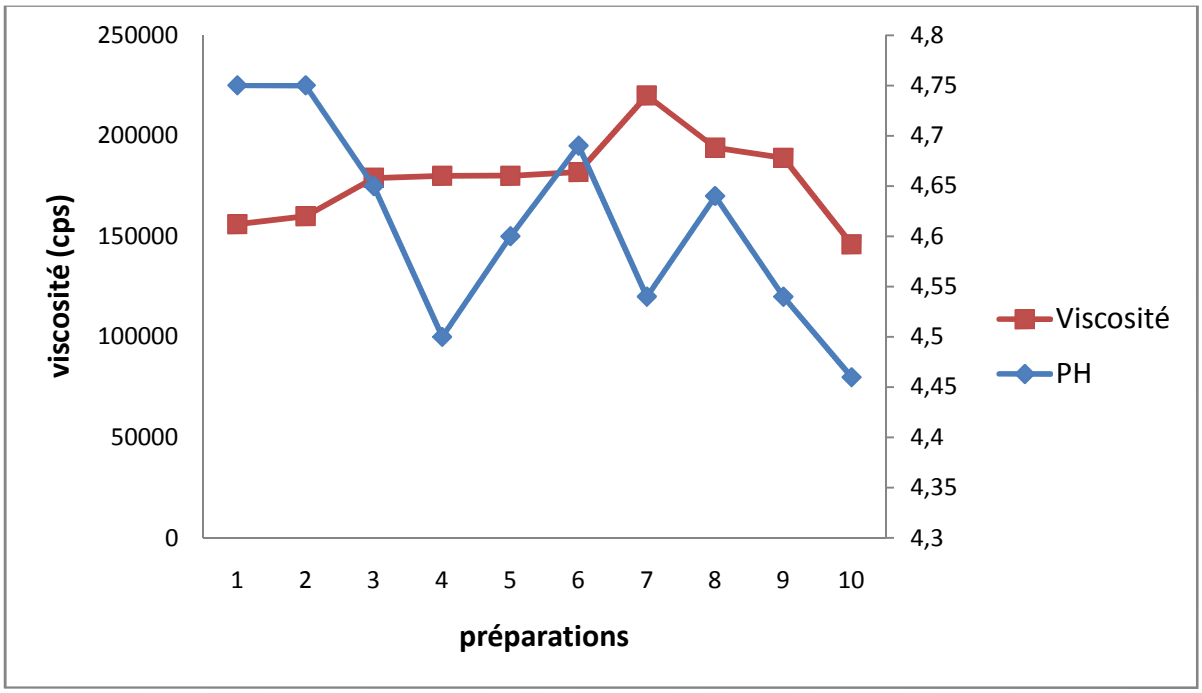


Figure (11) : Evaluation de la viscosité en fonction du pH de la recette B.

D'après la figure (11), on observe des variations entre le pH et la viscosité de chaque préparation.

- Pour les productions 1 et 2, on remarque un pH très élevé qui induit à une viscosité trop faible.
- Malgré la conformité du pH de la préparation 3, on a obtenu une faible viscosité.
- Concernant les préparations 4, 5 et 9, on remarque que le pH est dans la marge de conformité et les viscosités sont toujours faibles.
- Quand à la préparation 7, malgré la conformité du pH, la viscosité obtenue est élevée.
- Dans la dernière préparation, on note un pH faible de 4.46 et une viscosité très faible.

Lors de l'acidification par la fermentation, les micelles de caséines portent des changements de leurs comportements dans le mélange, cela favorise la coagulation des caséines entraînent avec elles les protéines sériques.

A partir des résultats de la recette A et la recette B, on conclue que le pH, le traitement thermique et la durée de fermentation ont une influence sur la viscosité du yaourt et cela par l'acidification et leur action sur les protéines du lait.

Etant donné que la caséine est principalement dénaturée par l'acidité du milieu et que les protéines sériques le sont par la chaleur, ces deux étapes que sont l'acidification et le traitement thermique ont une grande influence sur la consistance et la viscosité du yogourt **(Lamontagne, 2002).**

Les micelles de caséines, peuvent être coagulées, précipitées ou former un gel par l'action d'acide **(Espina Perez, 2009).**

Lors de la baisse de pH, due à la fermentation lactique, les micelles de caséines subissent des changements substantiels. Le déplacement de l'équilibre acido-basique entraine une diminution progressive de la charge ionique des micelles qui devient nulle. Une solubilisation du phosphate de calcium micellaire est observée, entraînant la dissolution de la structure micellaire. Pour des pH plus bas, des particules de caséines se créent à nouveau par la formation des liaisons hydrophobes, hydrogènes et électrostatiques. Bien qu'elles ressemblent aux micelles de caséines initiales, elles sont plus grosses et très différentes a cause de l'absence de phosphate de calcium. Les particules ainsi formées constituants un réseau donnant naissance à un gel retenant la phase aqueuse **(Paci Kora, 2004).**

Les caséines s'agrègent et précipitent quand le pH est ajusté à son point isoélectrique (pH 4,6 à 20°C). La précipitation à cette valeur de pH est dépendante de la température **(Espina Perez, 2009).**

L'acidification plus rapide aux températures élevées mènerait à la formation des réseaux plus grossies. À des basses températures, les particules de caséine aura de plus hauts voluminosités et est probablement plus déformables qu'à température élevée due à moins interactions hydrophobes **(Lucey et *al.*, 1998).**

L'acidification du lait entraîne une floculation de ces micelles, formant ainsi un gel **(Berrada, 2009).**

II-5- Evaluation de la viscosité en fonction du taux de protéines de la recette lait écrémé avec injection de MGLA (recette A):

D'après les interprétations précédentes, on remarque dans quelques préparations (1, 4, 5, 7, 8, 9 et 10) que le pH est conforme mais les viscosités sont faibles et cela peut être expliqué par l'intervention d'autres paramètres qui ont une influence sur la viscosité et Pour étudier la relation protéines et viscosité on fixe le pH. Les résultats de cette évaluation sont représentés dans le tableau XII (voir annexe).

La figure (12) représente l'évaluation de la viscosité en fonction du taux de protéines.

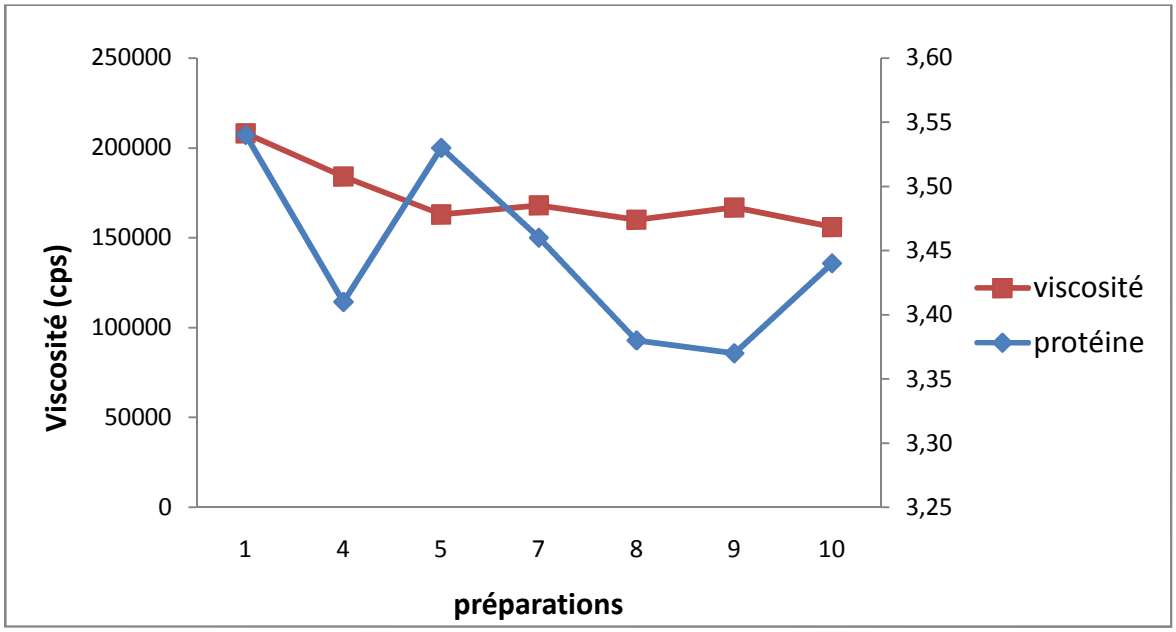


Figure (12) : Evaluation de la viscosité en fonction du taux de protéines de la recette A.

D'après la figure (12), on remarque une variation de la viscosité qui est due à la variation du taux de protéines.

- Dans la préparation 1, on observe que le taux de protéines est conforme ; ce qui a donné une bonne viscosité du yaourt à J+1.
- Pour la préparation 4, on note un faible taux de protéines et par conséquent une obtention d'une faible viscosité par intervention du mouillage.
- Malgré la conformité du taux de protéines des préparations 5 et 7, on a obtenu des viscosités trop faibles et cela peut être expliqué, par l'influence de la qualité des protéines du lait sur la viscosité du produit fini.
- Dans les préparations 8 et 9, on remarque un mouillage important des protéines et par conséquent l'apparition d'une très faible viscosité du produit fini.
- Pour la dernière préparation, il ya apparition d'une faible viscosité dans le produit a J+1 causé par un mouillage de protéines du produit.

II-6- Evaluation de la viscosité en fonction du taux de protéines pour la recette lait écrémé avec crème fraiche (recette B):

Les résultats du tableau N° XIII (voire annexe) représentent les préparations qui ont un pH conforme avec des viscosités variables (3, 4, 5, 7, 8, 9, 10).

La représentation graphique (13) illustre l'évaluation de viscosité en fonction du taux de protéines.

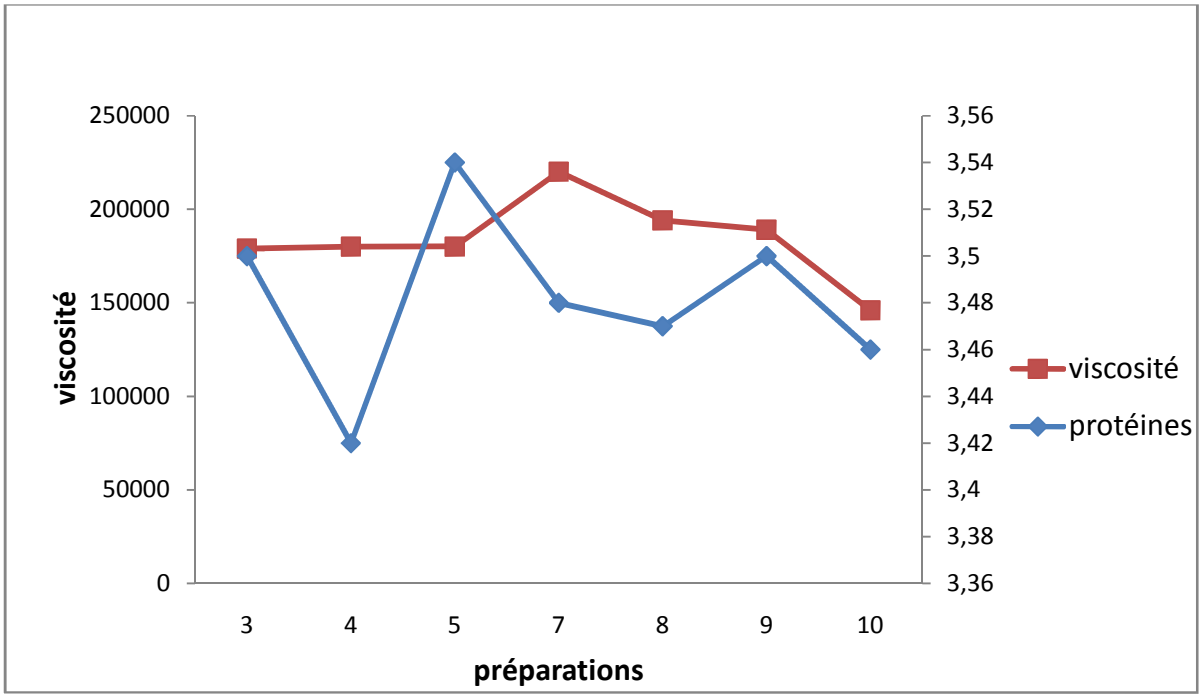


Figure (13) : Evaluation de la viscosité en fonction du taux de protéines de la recette B.

D'après la représentation graphique N° 13, on remarque :

- Pour les préparations 3 et 10, on observe une conformité du taux de protéines et des viscosités faibles du produit fini à J+1, et cela peut être interprété par la qualité de protéines qui se retrouve dans la crème fraîche. La crème résulte exclusivement de l'écrémage du lait. Elle est composée d'eau, de matière grasse, de protéines, de glucides et de minéraux.
- Concernant les préparations 5, 7 et 9, les taux de protéines sont conformes mais leurs viscosités sont légèrement faibles sauf la septième production qui a une viscosité très élevée.
- La préparation 4, a un taux de protéines et de viscosité faibles.

D'après les résultats des deux recettes A et B, on peut conclure que le taux de protéines et leurs qualité jouent un rôle très important sur la viscosité du yaourt à J+1.

De nombreuses propriétés fonctionnelles des protéines du lactosérum sont liées à leurs propriétés d'hydratation. Les protéines du lactosérum sont solubles sur une large gamme de pH, ce qui permet de modifier la viscosité et la texture des produits acides **(Cayot et Lorient, 1998).** Elles sont plus sensibles à la chaleur car dénaturées par chauffage (à 100°C) et forment des flocons, elles deviennent alors insolubles (**Pougheon, 2001).**

La structure complète des protéines quels soient présentes dans le sérum ou en suspension sous forme de micelles, peut êtres modifiée selon les traitements utilisés en transformation alimentaire **(Amiot et *al.*, 2002).**

Le rapport de protéine de lactosérum destiné à la fabrication de yaourt et le concentré protéique pour le lait écrémé a causé certains nombres de changements des propriétés du yaourt final.

Quand la caséine au rapport de protéine de lactosérum a été maintenue à un niveau constant, les propriétés physiques des gels étaient généralement semblables (**Puvannenthiran et *al.*, 2002).**

Les caséines sont essentiellement utilisées pour modifier la viscosité du fait de ses structures étendues et de leur capacité de rétention d'eau, plutôt que comme agents gélifiants **(Espina Perez, 2009).**

II-7- Corrélation entre les préparations de la recette A :

Les résultats de corrélation de la recette A sont démontrés dans le tableau XIV (voir annexe).

- Faible corrélation de la préparation 1 avec les préparations 2, 3, 6 et 8.
- La préparation 1 est fortement corrélée avec les productions 4, 5, 7, 9 et 10, avec un coefficient de corrélation de 0.99.
- La préparation 2 a une très faible corrélation avec toutes les productions.
- La préparation 3 a une faible corrélation avec toutes les préparations sauf avec la préparation 8.
- La préparation 4 n'a de corrélation forte qu'avec les productions 8, 9 et 10.
- Pour les préparations 5, 6 et 7, présentent de faibles corrélations avec la production 8.
- Pour la production 8, une faible corrélation se présente avec les productions 9 et 10.

Plusieurs paramètres peuvent influencés sur la variabilité de coefficient de corrélation entre les préparations de la recette A :

- La variabilité du tonnage à poudrer.
- Le temps de réhydratation dans le TLE avant pasteurisation.
- L'origine et la composition du lait de vache et la qualité de ses constituants (protéines, matière grasse, glucides…).
- Variation des paramètres du process (pression d'homogénéisation, la température, la durée de fermentation…) et leurs influence sur le processus de fabrication.

Le mouillage par les poussées du pasteurisateur

II-8- Corrélation entre les préparations de la recette B :

Les résultats de corrélation de la recette B sont démontrés dans le tableau XV (voir annexe).

- Pour la préparation 1, la corrélation est trop faible avec toutes les autres productions avec un faible coefficient de corrélation qui est de 0.300, sauf avec la préparation 2 qui est fortement corrélée.
- La préparation 2 a une corrélation trop faible avec toutes les autres productions.
- La préparation 3 a une forte corrélation avec les productions 4, 5, 7 et 9.

- Concernant la préparation 4, une forte corrélation qui se présente avec les productions 7 et 9, contrairement avec les autres.
- La préparation 5 a une faible corrélation avec les autres sauf avec la sixième et la neuvième.
- Pour la préparation 6, une faible corrélation avec les productions 7 et 9, par contre une forte corrélation qui est présente avec les préparations 8 et 10.
- La préparation 7, a une forte corrélation avec la production 9.
- La préparation 8 a une forte corrélation avec la production 10.
- Concernant la préparation 9, elle représente une faible corrélation avec la production 10.

La variation de coefficient de corrélation inter - recette de la recette B, ne peut être expliquée que par l'influence de plusieurs paramètres qui favorisent cette variation :

- La variabilité du tonnage à poudrer.
- Le temps de réhydratation dans le TLE avant pasteurisation.
- L'origine et la composition du lait de vache et la qualité de ses constituants (protéines, matière grasse, glucides…).
- Variation des paramètres du process (pression d'homogénéisation, la température, la durée de fermentation…) et leurs influence sur le processus de fabrication.
- Le mouillage par les poussées du pasteurisateur.

Conclusion

Partie pratique

Conclusion

Dans le but de répondre à une problématique posée par l'unité Danone Djurdjura, sur l'évaluation des différents paramètres physico- chimiques du yaourt ferme « Activia » dont les protéines, matière grasse, extrait sec total, pH et viscosité. On a effectué des suivis du poudrage jusqu'au produit fini, afin d'étudier l'impact de la composition du lait cru local et la poudre de lait importée, le traitement mécanique et le pH sur l'optimisation des propriétés rhéologiques dont la viscosité ainsi une meilleure compréhension des mécanismes d'interactions physico-chimiques.

Les résultats d'analyses effectuées pour le produit fini à J +1, confirment l'effet de ces paramètres sur la qualité du produit et ses caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques.

En effet, différents facteurs sont susceptibles de faire varier les propriétés rhéologiques du yaourt, que sa soit de matières premières ou de procédé de fabrication. Les paramètres étudiés dans notre travail sont : EST, PROT, MG, pH et viscosité, ainsi que les paramètres du process dont la température, la pression et le temps. D'après les résultats obtenus, on conclue que tous ces facteurs sont toujours en combinaison.

L'étude de corrélation montre une variation du coefficient de corrélation inter-recette cela est due aux plusieurs facteurs qui influencent sur la qualité du produit fini.

Enfin, dans le but d'améliorer la qualité du produit « Activia » il sera recommandé :

- D'amélioré la qualité du lait local et cela par des bonnes conditions d'élevage à la ferme (alimentation, hygiène…);

- D'amélioré les paramètres du process pendant le processus de fabrication ;

- D'augmenter le temps de réhydratation pour la stabilité du mélange surtout pour les protéines ;

- D'éliminer l'apport protéique de la crème fraiche dans la recette ;

- De maitriser les poussées du pasteurisateur pour éviter le mouillage ;

- De suivre rigoureusement le pH du yaourt dans la chambre chaude ;

Références bibliographiques

Partie pratique

- A-

- **AFNOR, 1986. Les normes françaises.** Contrôle de la qualité des produits laitiers, recueil des Normes Françaises. Edition **3**.

- **Alais C. 1984**. Science du lait. Sépaic, Paris.

- **Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R. 2002.** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyses du lait. IN« science et technologie du lait». Tec et Doc LAVOISIER. pp : 1-73.

- **Anonyme 1. 1994**. volatile organic aroma compounds produced by thermophilic and mesophilic mixed strain dairy starter cultures. Lebensmitell wissensechaft and technology.**27**:442-449.

- **Anonyme 2, 2012.** Danone newsletter.

- **Ashraf R., Nagendra P., Shah.2011.** Selective and differential enumerations of *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus, Streptococcus thermophilus, Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium spp*. in yoghurt. International Journal of Food Microbiology.**149**: 194–208.

-B-

- **Boudier .J.F. 1990.** Produits frais. In : lait et produits laitiers vache. Brebis. chèvre. Tec et Doc Lavoisier, Paris. deuxième édition.35-66.

- **Beisson G., Martinez V. 2009.** Lait et produits laitiers. Groupe d'étude des marches de restauration collective et de nutrition. pp : 47.

- **Boubchir-ladj K. 2004.** Effets de l'enrichissement (avec des concentrés de protéines laitières) et des paramètres technologiques sur la qualité du yaourt fabriqué à la laiterie Soummam d'AKBOU. Mémoire de Magister: Sciences biologiques. Biochimie appliquée et biotechnologies. Université de Tizi-Ouzou. Pp: 86.

- **Boutonnier J.L. 2008.** Matière grasse laitière Composition, organisation et propriétés. pp : 15.

- **Britten M. 2002.** Ingrédients laitiers. In « science et technologie du lait, transformation du lait**».** Ed presses internationales polytechniques. Pp : 471-525.
- **Berrada S. 2009**. Les protéines : structure, propriétés et application technologiques. Pp : 13.

-C-

- **Caplicec E., Fitzgeralda G.F.1999.** Food fermentations: role of microorganisms in food production and Preservation. International Journal of Food Microbiology. **50** : 131–149.

- **Christopher M.D., Reddy P.V., Venkateswarlu K. 2009.** Viability during storage of two *Bifidobacterium bifidum* strains in set and stirred flavoured yoghurts containing whey protein concentrate. Natural Product Radiance. **8** : 25-31.

- **Codex Alimentarius. 2007.** Lait et produits laitiers. Première édition. Rome.

- **Clancy R. 2003.** Immunobiotics and the probiotic evolution. FEMS Immunology and Medical Microbiology. **38** : 9-12.

- **Cayot P, Lorient D (1998).** Structures et techno-fonctions des protéines du lait. Tec et Doc Lavoisier, Paris, 363 p.7.

-D-

- **De Brabandere A.G., De Baerdemaeker J.G.1999.** Effects of process conditions on the pH development during yogurt Fermentation. Journal of Food Engineering. **41** : 221-227.

- **Desmazeaud., Accolas J.P., Hermier J. 1996.** Les lait fermentés d'origine animal. In « microbiologie alimentaire ». tom 2. 2eme édition tec et doc LAVOISIER. Pp : 303-317.

-E-

- **Espina Perez S.V.2009.** Fractionnement de protéines du lait par filtration dynamique. Thèse de Doctorat, spécialité Génie des Procédés Industriels et Développement Durable. Université de technologie Compiègne. Pp : 142.

-F-

- **Fangary Y.S., Barigo M., Sevielle J.P.K. 1999.** Simulation of yoghurt flow and prediction of its end-of-process properties using rheological measurments. Institution of Chemical Engineers**. 77** :33-39.

- **Favier.J.C. 1991**. composition du yaourt. ORSTOM fonds documentaire. **31:** 372-379.

-K-

- **Kantha D., Arunachalam Ph.D. 1999**. Role of bifidobacteria in nutrition, medicine and technology. Nutrition Research, Vol. **19**, No. 10, pp. 1559-1597.

-L-

- **Lucey J.A., Lee. 2010**. Dairy products. Asie-Aust. J. Anim. Science. **23**:1127-1136.

- **Luquet F.M., corrieu G. 2008.** Bactéries lactiques et probiotiques. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris. 307 p.

- **Luequet F.M.1990.** Laits et produits laitiers vache- brebis- chèvre. Deuxième édition. Tec et Doc Lavoisier, Apria. Paris. tom 2. 637p.

- **Larpent J.P., Bourgeoise.C.M.1989.** microbiologie alimentaire.Ed, Tec et Doc Lavoisier. Paris. **46** :1-117.

- **Lucey J.A., Tamehana M, Singh H., Munro P.A. 1998.** A comparison of the formation, rheological properties and microstructure of acid skim milk gels made with a bacterial culture or glucono-lactone. Food Research International, Vol. **31**, No. **2**.147-155.

- **Lamontagne M. 2002. Produits laitiers fermentés.** IN« science et technologie du lait, transformation du lait**».** Ed presses internationales polytechniques. pp : 443-469.

- **Laurent B., Pouliot Y., Castaigne F. 2002.** Opérations unitaires. In «science et technologie du lait, transformation du lait**».** Ed presses internationales polytechniques. Pp : 153-275.

-M-

- **Mahaut M., Jeantet R., Brulé G., Schuck P. 2000.** produits fermentés et desserts lactés. In : les produits industriels laitiers. Tec et Doc Lavoisier, Paris.25-47.

- **Malonga M. 1985.** Etude de la fabrication des yaourts en republique populaire du CONGO. Essais d'améliorations. thèse du Doctorat de Troisième Cycle Spécialité: Sciences Alimentaires. L'Université de Clermont II. Pp : 174.

-N-

- **Ndiaye P. 2002**. Contrôle de qualité de différentes marques de lait en poudre Commercialisés en Sénégal. Thèse de Doctorat en pharmacie. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Pp : 47.

-P-

- **Pougheon S. 2001.**contribution a l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière .thèse de doctorat spécialité vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE.102p.

- **Poznanski S., Lenoir J., Mocquot G. 1965).**La protéolyse de la caséine par les enzymes intracellulaires de certaines bactéries. *Lait.* **45**: 3-26.

- **Paci kora.E. 2004.** Interaction physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la flaveur. Thèse de doctorat. Science des aliments. Institut national agronomique PARIS-GRIGRON.PP :206.

- **Puvanenthiran A., Williams R.P.W., Augustin M.A. 2002.** Structure and visco-elastic properties of set yoghurt with altered casein to whey protein ratios. International Dairy Journal. **12** : 383–391.

- **Peter Roupas. 2008.** Predictive modelling of dairy manufacturing processes. International Dairy Journal. **18 :** 741– 753.

- **Pouliot M., Michel J.M., Richard J. 2002.** Lait de consommation. IN« science et technologie du lait, transformation du lait**».** Ed presses internationales polytechniques. pp : 277-321.

-R-

- **Rasic J. J., Kurmann J. A. 1978.** Fermented fresh milk products. Vol. I. Yoghurt. Scientific grounds, technology, manufacture and preparations. Pp: 466.

- **Righi M. 2006.** Microorganismes en action: le yaourt .pp.22.

- **Russell D.A., Ross R.P., Fitzgerald G.F., Stanton C. 2011.** Metabolic activities and probiotic potential of bifidobacteria. International Journal of Food Microbiology. **149** : 88–105.

-S-

- **Sodini C., Béal I, 2008.** Fabrication des yaourts et des laits fermentés.

- **Sherkat b F., Amatayakula T., Halmosb A.L., Shah N.P. 2006.** Physical characteristics of yoghurts made using exopolysaccharide producing starter cultures and varying casein to whey protein ratios. International Dairy Journal. **16** : 40–51.

- **Siuta. b. A., Bonczara G., Wszoleka M. 2002.** The effects of certain factors on the properties of yoghurt made from ewe's milk. Food Chemistry. **79** : 85–91.

- **Shihata A., Shah N.P. 2002.** Influence of addition of proteolytic strains of *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* to commercial ABT starter cultures on texture of yoghurt, exopolysaccharide production and survival of bacteria. International Dairy Journal. **12** : 765–772.

- **St-Gelais D., Tirard-collet P. 2002.** Fromage. In «science et technologie du lait, transformation du lait**».** Ed presses internationales polytechniques. Pp : 349- 441.

- **Syndifrais.1997**. Yaourts, laits fermentés in « Lait ». **77** : 321-358.

- **Shah N.P., 2007.** Functional cultures and health benefits. International Dairy Journal**.** **17** : 1262–1277.
-

-V-

- **Van Niel C.W., Feudtner C., Garrison M.M., Christakis D.A. 2002**. Lactobacillus therapy for acute infectious diarrhea in children: a meta-analysis. Pediatrics **109**: 678-684.

-W-

- **Weber F.1994.** Altérations des produits laitiers par les bactéries lactiques.in : Bactéries lactiques. De Roissart H, Luquet F.M (Eds). Lorica. Uriage.567-572.

- **World Gastroenterology Organisation(WGO). 2008.** Probiotiques et Prébiotiques

-Y-

- **Yao A.A., Egounlety M., Kouame L.P., Thonart P.2009.** Les bactéries lactiques dans les aliments ou boissons amylacés et fermentés de l'Afrique de l'Ouest : leur utilisation actuelle. Ann. Méd. Vét. **153** : 54-65.

Annexe

Partie pratique

I- Présentation de l'organisme Danone Djurdjura (DDA) :

I-1- Historique de Danone :

Les origines du groupe Danone remontent à 1966, lorsque la fusion de deux sociétés françaises qui a donné naissance à la société Boussois Souchon Neuversel (BSN).

En 1973, BSN et Gervais Danone qui est un groupe alimentaire français, réalisent un chiffre d'affaire important dans les produits laitiers et les pâtes, ont fusionné devenant ainsi le premier groupe alimentaire français.

En 1989, le groupe BSN était alors le troisième groupe agroalimentaire européen et le premier en France, en Italie et en Espagne.

En 1994, le groupe BSN a décidé de se rebaptiser : groupe Danone.

En 1997, le groupe a engagé un important programme de recentrage sur trois métiers prioritaire à vocation mondiale : produits laitiers frais, boissons et biscuits, snacks céréaliers.
Le groupe Danone est le premier producteur mondial de produits frais.

I-2- Historique de Djurdjura :

C'est en 1984, que mûrit dans l'esprit du groupe Batouche, de créer une petite unité de fabrication de yaourt dans la région d'Ighzer-Amokrane avec des moyens très limités. L'unité n'a démarré qu'avec une remplisseuse de pots préformés, d'une capacité de 1000 pots/heure.
En 1988, l'entreprise se voit dotée d'un atelier de fabrication du fromage fondu et de camembert.
En 1991, ce fut l'acquisition d'une ligne de production de crème dessert.
En1995, l'entreprise Djurdjura acquiert deux conditionneuses de 7000 pots/h.
En 1999, construction d'une deuxième usine de fabrication des produits laitiers.

I-3- Partenariat Danone-Djurdjura :

En Octobre 2001, signature de l'accord de partenariat entre le groupe Danone et la laiterie Djurdjura, leader du marché algérien des produits laitiers frais (PLF) ; en prenant une participation de 51% dans la société : Danone-Djurdjura Algérie SPA (DDA). La marque Danone a été lancée en Aout 2002.
L'organigramme de l'unité DDA est représenté dans la figure (14).

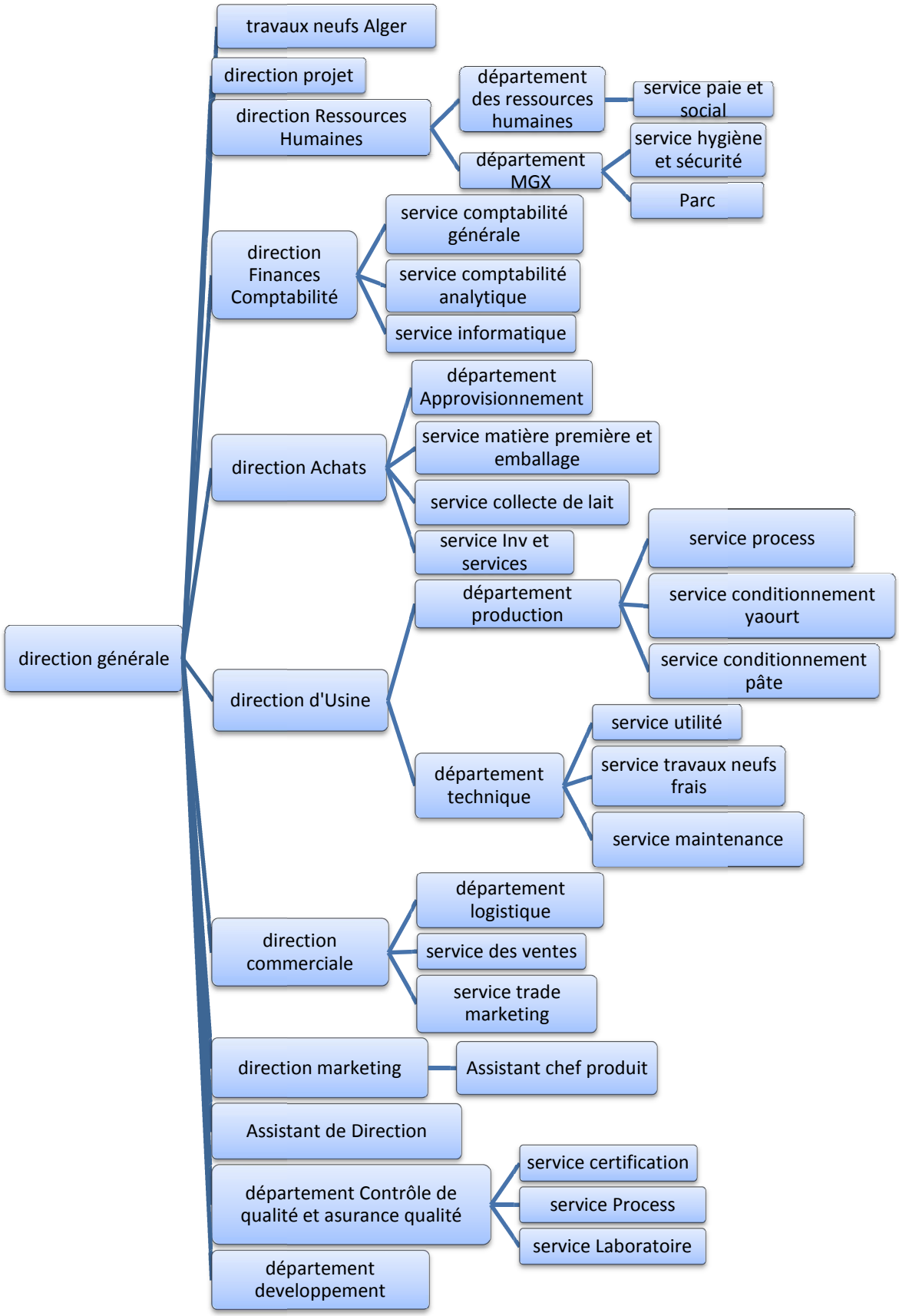


Figure (14) : L'organigramme de l'unité DDA.

I-4- Situation géographique de l'unité DDA :

L'unité est implantée dans la zone industrielle Taharacht à d'Akbou, véritable carrefour économique de Bejaia, de quelques 50 unités de production agroalimentaire et en cours d'expansion.

Elle est située à 60 km de Bejaia, chef lieu de la région et pôle économique important.

I-5- Approvisionnement en matières premières :

- **La poudre de lait :** L'unité utilise deux types de poudres de lait dont la teneur en matière grasse est de 26% au minimum (poudre de lait entier) pour l'une et de 0.5% au maximum pour l'autre (poudre de lait écrémé) stockées dans des sacs de 25 kg.
- **Le lait cru :** il est acheminé par des camions citernes iso thermiques à une température qui varie entre 4°C et 6°C ; il provient de plusieurs régions : Constantine, Sétif, Oran, Tizi-Ouzou, Bejaia…
- **Le sucre :** l'unité utilise le sucre Cevital, il est caractérisé par son pouvoir sucrant et énergétique, il améliore la qualité organoleptique du produit ; il est stocké dans des hangars.
- **Les ferments lactiques :** ce sont des micro-organismes ayant la capacité de fermenter le lactose du lait pour produire l'acide lactique. Ils sont importés lyophilisés et sous forme concentrée ; ils sont utilisés en ensemencement direct. Ils sont conservés dans un congélateur à température - 45°C.
- **Les arômes :** l'aromatisation est l'un des principaux facteurs qui renforcent la qualité organoleptique du produit fini. Bien que le yaourt possède un arôme caractéristique lié au développement des micro- organismes impliqués dans son élaboration, l'utilisation des arômes conduit à une modification importante de la flaveur du produit.
- **Les agents texturants :** ils donnent la texture voulue aux produits. On regroupe sous ce terme : les épaississants, les gélifiants et émulsifiants.
- **Jus de fruits concentrés :** ils sont utilisés pour la fabrication du jus lacté (Danao).
- **La matière grasse :** elle peut provenir du lait (liquide ou en poudre) ou des matières grasses anhydres (MGLA), qui sont importées de l'étranger dans des fûts et stockées à une température qui ne dépasse pas 20°C.

I-6- Approvisionnement en eau :

La laiterie a besoin d'une grande quantité d'eau. Pour cela, l'unité puise son eau au niveau de trois forages : deux sont situés à quelques mètres de la laiterie et la troisième à Ighzer-Amokrane.

Tableau I : Teneur moyenne pour 100gramme de produit **(Mahaut *et al*., 2000).**

	Teneur moyenne pour 100g du produit							**Valeur énergétique**
	Protéines (g)	**Lipides (g)**	**Glucides (g)**	**Calcium (mg)**	**Sodium (mg)**	**Potassium (mg)**	**Phosphore (mg)**	**KJ**
Yaourt nature	4.15	1.2	5.2	174	57	210	114	201
Yaourt en lait entière	3.8	3.5	5.3	171	56	206	112	284
Yaourt nature 0%	4.2	traces	5.4	164	55	180	100	163
Yaourt nature sucré	3.8	1.1	14.5	160	52	195	105	347
Yaourt nature aromatisé au lait entier	3.2	3.2	12	140	50	190	106	372
Yaourt brassé aux fruits	3.75	1.65	14.5	140	50	190	110	368
Yaourt au lait entier aux fruits	3.1	2.7	16.35	140	45	180	100	431
Yaourt maigre aux fruits	3.6	Traces	17.2	140	45	180	100	351
Yaourt brassé nature	4.3	1.8	5.2	165	40	205	115	230

Tableau III: la composition moyenne de la poudre de lait entier et la poudre de lait écrémé.

constituants	**Lait entier (%)**	**Lait écrémé (%)**
Eau	2,4	3,5 à 4
Matière grasse	26	1 à 1,5
Lactose	35 à 37	50 à 52
Matière azotée	27 à 29	24 à 35
Matière saline (sels, minéraux)	7,5 à 8	9,5 à 10
Matière sèche non grasse	70 à 72	94 à 95,5

Tableau VII : Suivi des protéines de la recette A (lait écrémé + MGLA).

N°	Produit	Recette A	N° TLE	Protéine/ TLE (% (m/m)	N° Sortie Pasto	Protéine/ SP (% (m/m)	N° TYE	Protéine/ P. Fini (% (m/m)
1	Activia ferme	L, E+MGLA	1	3,60	2	3,57	3	3,54
2		L, E+MGLA	3	3,63	2	3,48	1	3,48
3		L, E+MGLA	3	3,61	2	3,60	1	3,56
4		L, E+MGLA	6	3,61	1	3,53	3	3,41
5		L, E+MGLA	6	3,65	1	3,58	3	3,53
6		L, E+MGLA	3	3,58	2	3,51	1	3,48
7		L, E+MGLA	1	3,59	2	3,52	1	3,46
8		L, E+MGLA	1	3,61	2	3,54	4	3,38
9		L, E+MGLA	6	3,65	1	3,49	4	3,37
10		L, E+MGLA	1	3,58	1	3,50	4	3,44

Tableau VIII : Suivi des protéines de la recette B (lait écrémé + crème fraiche).

N°	Produit	Recette B	N° TLE	Protéine/ TLE (% m/m)	N° Sortie Pasto	Protéine/ SP (% m/m)	N° TYE	Protéine/ P. Fini (% m/m)
1	activia ferme	L.E+CF	2	3,5	1	3,43	4	3,41
2		L.E+CF	1	3,5	1	3,43	4	3,43
3		L.E+CF	2	3,56	1	3,54	4	3,5
4		L.E+CF	4	3,55	2	3,52	2	3,42
5		L.E+CF	1	3,6	2	3,57	2	3,54
6		L.E+CF	6	3,59	2	3,56	1	3,54
7		L.E+CF	6	3,52	1	3,51	4	3,48
8		L.E+CF	3	3,56	2	3,49	3	3,47
9		L.E+CF	6	3,56	2	3,54	3	3,5
10		L.E+CF	2	3,57	1	3,49	1	3,46

Tableau VIIII: causes possibles d'homogénéisation inadéquate d'un mélange et incidences sur la qualité du yaourt **(lamontagne, 2002).**

Causes	**Incidences sur la qualité du yaourt**
Pression trop faible	• Séparation du gras, obtention de deux phase (présence d'une surface très crémeuse). • Présence d'un goût d'eau dans le produit. • Non-uniformité de la couleur. • Produit plus liquide, donc une consistance et une viscosité moindres • Synérèse
Pression trop forte	• Diminution dans l'onctuosité. • Viscosité et consistance inappropriées en raison d'un bris des protéines, produit plus liquide. • Présence de mousse ou de bulles à la surface.

Tableau X : Variation de la viscosité et Ph du produit à J+1 pour la recette A.

N°	Produit	Recette	Date	N° TLE	N° Sortie Pasto	N° TYE	Ligne	PH	Viscosité
1	Activia ferme	L, E+MGLA	17-avr	1	2	3	L2+L4	4,6	208000
2		L, E+MGLA	17-avr	3	2	1	L3+L4	4,68	186000
3		L, E+MGLA	18-avr	3	2	1	L4	4,42	252000
4		L, E+MGLA	19-avr	6	1	3	L4	4,58	184000
5		L, E+MGLA	21-avr	6	1	3	L3+L4	4,63	163000
6		L, E+MGLA	21-avr	3	2	1	L4	4,66	170000
7		L, E+MGLA	23-avr	1	2	1	L2+L4	4,63	168000
8		L, E+MGLA	24-avr	1	2	4	L3+L4	4,5	160000
9		L, E+MGLA	25-avr	6	1	4	L4	4,57	166800
10		L, E+MGLA	27-avr	1	1	4	L3+L4	4,54	156000

Tableau XI : Variation de la viscosité et Ph du produit à J+1 pour la recette B.

N°	Produit	Recette	Date	N° TLE	N° Sortie Pasto	N° TYE	Ligne	PH	Viscosité
1	Activia ferme	L.E+CF	02-avr	2	1	4	L3+L4	4,75	156000
2		L.E+CF	03-avr	1	1	4	L3+L4	4,75	160000
3		L.E+CF	03-avr	2	1	4	L4	4,65	179000
4		L.E+CF	04-avr	4	2	2	L4	4,5	180000
5		L.E+CF	05-avr	1	2	2	L3+L4	4,6	180000
6		L.E+CF	05-avr	6	2	1	L3+L4	4,69	182000
7		L.E+CF	06-avr	6	1	4	L4	4,54	220000
8		L.E+CF	06-avr	3	2	3	L4	4,64	194000
9		L.E+CF	12-avr	6	2	3	L2	4,54	189000
10		L.E+CF	24-avr	2	1	1	L3+L4	4,46	146000

Tableau XII : Variation de la viscosité avec les protéines de la recette A.

N°	Produit	Recette A	Protéine/ P. Fini (% (m/m)	Viscosité
1	Activia ferme	L. E+MGLA	3,54	208000
4		L. E+MGLA	3,41	184000
5		L. E+MGLA	3,53	163000
7		L. E+MGLA	3,46	168000
8		L. E+MGLA	3,38	160000
9		L. E+MGLA	3,37	166800
10		L. E+MGLA	3,44	156000

Tableau XIII : Variation de la viscosité avec les protéines de la recette B.

N°	Produit	Recette B	Protéine/ P. Fini (% m/m)	Viscosité
3	Activia ferme	L.E+CF	3,5	179000
4		L.E+CF	3,42	180000
5		L.E+CF	3,54	180000
7		L.E+CF	3,48	220000
8		L.E+CF	3,47	194000
9		L.E+CF	3,5	189000
10		L.E+CF	3,46	146000

Tableau XIV : Etude de corrélation des préparations de la recette A.

	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
1	1,000									
2	0,866	1,000								
3	0,945	0,655	1,000							
4	0,993	0,803	0,976	1,000						
5	0,995	0,910	0,909	0,978	1,000					
6	0,974	0,956	0,847	0,942	0,991	1,000				
7	0,999	0,887	0,929	0,987	0,999	0,983	1,000			
8	0,975	0,735	0,994	0,994	0,950	0,901	0,965	1,000		
9	0,997	0,904	0,915	0,981	1,000	0,990	0,999	0,954	1,000	
10	0,997	0,904	0,915	0,981	1,000	0,990	0,999	0,954	1,000	1,000

Tableau XV: Etude de corrélation des préparations de la recette B.

	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
1	1,000									
2	1,000	1,000								
3	0,404	0,404	1,000							
4	0,300	0,300	0,994	1,000						
5	0,569	0,569	0,982	0,955	1,000					
6	0,660	0,660	0,954	0,915	0,993	1,000				
7	0,319	0,319	0,996	1,000	0,961	0,923	1,000			
8	0,793	0,793	0,877	0,819	0,952	0,981	0,830	1,000		
9	0,404	0,404	1,000	0,994	0,982	0,954	0,996	0,877	1,000	
10	0,759	0,759	0,902	0,848	0,967	0,990	0,859	0,999	0,902	1,000

au niveau process											Au niveau de conditionnement				Résultats J+1	
recette	prép	N° TLE	Résultats TLE				N° PASTO	Résultats pasto			N° TYE	N° LIGNE	résultats sur machine				
			EST	PROT	MG	pH		EST	PROT	MG			EST	Prot	MG	pH	viscosité
L,E + MGLA	1	1	21,35	3,6	0	6,53	2	23,79	3,57	3,21	3	L4	23,72	3,54	3,29	4,6	208000
	2	3	21,38	3,63	0	6,51	2	23,69	3,48	3,46	1	L4	23,64	3,48	3,22	4,68	186000
	3	3	21,3	3,61	0	6,48	2	23,3	3,60	3,39	1	L3+L4	23,84	3,56	3,41	4,42	252000
	4	6	21,62	3,61	0	6,63	1	23,94	3,53	3,37	3	L4	23,53	3,41	3,59	4,58	184000
	5	6	21,51	3,65	0	6,52	1	24,11	3,58	3,39	3	L3+L4	23,77	3,53	3,35	4,63	163000
	6	3	21,53	3,58	0	6,55	2	24	3,51	3,44	1	L2	23,82	3,48	3,44	4,66	170000
	7	1	21,31	3,59	0	6,56	2	24,35	3,52	3,57	1	L3+L4	23,58	3,45	3,42	4,63	168000
	8	1	21,16	3,61	0,04	6,53	2	23,53	3,54	3,3	4	L2+L4	23,03	3,37	3,31	4,5	160000
	9	6	20,83	3,65	0	6,53	1	23,18	3,49	3,32	4	L4	23,62	3,52	3,36	4,57	166800
	10	1	21,3	3,58	0	6,51	1	23,58	3,50	3,31	4	L2	23,44	3,44	3,34	4,54	156000
L,E+ CF	1	2	24,1	3,5	3,54	6,5	1	23,64	3,43	3,42	4	L3+L4	23,78	3,46	3,45	4,75	156000
	2	1	24,03	3,5	3,49	6,48	1	23,64	3,43	3,39	4	L3+L4	23,6	3,44	3,41	4,75	160000
	3	2	23,9	3,48	3,49	6,45	1	23,74	3,54	3,41	4	L4	23,34	3,49	3,36	4,65	179000
	4	4	24,31	3,55	3,41	6,53	2	24,18	3,52	3,37	2	L4	23,47	3,4	3,28	4,5	180000
	5	1	24,1	3,6	3,54	6,49	2	24,86	3,57	3,43	2	L3+L4	23,71	3,54	3,41	4,6	180000
	6	6	23,84	3,59	3,4	6,55	2	23,75	3,56	3,35	1	L3+L4	23,66	3,54	3,35	4,69	182000
	7	6	24,02	3,52	3,45	6,5	1	23,97	3,51	3,39	4	L4	23,84	3,48	3,35	4,54	220000
	8	3	24,4	3,56	3,51	6,57	2	24,03	3,49	3,42	3	L4	23,82	3,47	3,37	4,64	194000
	9	6	23,91	3,56	3,5	6,52	2	23,79	3,54	3,44	3	L2	23,65	3,5	3,4	4,54	189000
	10	2	23,68	3,57	3,29	6,54	1	23,24	3,49	3,2	1	L3+L4	23,1	3,46	3,18	4,46	146000

Tableau VI : Analyses des paramètres physico-chimiques (EST, PROT, MG et PH) des deux recettes A et B du yaourt « Activia » du Danone.

Résumé

Notre travail au sein de l'entreprise Danone Djurdjura est basé sur l'évaluation des différents paramètres physico-chimiques : PROT, MG, EST, pH et viscosité, pour le yaourt étuvé « Activia » à base de deux recettes différentes.

L'étude d'impact des facteurs du process ainsi que la qualité de matières premières, nous a montré une combinaison importante entre ces facteurs et la qualité du produit fini.

Mots clés : Yaourt ferme, EST, Protéines, MG, pH, Viscosité.

Abstract

Our work within the company Danone Djurdjura is based on the evaluation of the various physicochemical parameters : PROT, MG, TDE, pH and viscosity, for closes yoghourt "Activia" made from two different formula.

The study of the factor's impact of the process as well as the quality of raw materials, showed us a significant combination between these factors and the quality of the finished product.

Key words : closes yoghourt, TDE, proteins, fat content, pH, viscosity.