

République algérienne démocratique et populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

Présenté par

CHERKI Seyyid Ahmed

HADJI Hamouche

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité: Contrôle de Qualité des Aliments

THÈME

Effets de l'ajout de la farine et flocon d'avoine sur les qualités physicochimiques et organoleptiques des yaourts brassés

Soutenue publiquement le **02 /07/2018**

Devant le jury :

Président : M. AIT SAADA Djamel

MC(A) U.Mostaganem

Encadreur : M. BENABDELMOUMENE Djilali

MC(B) U.Mostaganem

Examineur : M. LABDAOUI Djamel

MC(B) U.Mostaganem

Année universitaire : 2017-2018

Étude réalisée à : Laiterie Arib (Ain Defla)

REMERCIEMENT

Tout d'abord, nous remercions ALLAH le tout puissant pour nous avoir donné le courage et la volonté d'achever ce travail.

*Nos remerciements vont à notre promoteur Mr, **Djilali Ben Abdelmoumene** pour son accueil chaleureux, son aide, sa présence et ses précieux conseils. Sa gentillesse et ces commentaires précieux, qui nous ont permis de surmonter toutes les difficultés qu'on a rencontrées.*

*Nos remerciements les plus respectueux vont à Monsieur **Ait saada D** qui à bien faire l'honneur de présider ce jury*

*Nos remerciements et reconnaissances vont à Mr **Abdaoui. D** pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous remerciant Mr **Mohamed**, le technicien de laboratoire pédagogique SNV de l'université de Mostaganem*

*On tient à remercier Monsieur **Yacine, K** Chef de production de la laiterie ARIB pour sa présence, son aide et ces conseils.*

*Nous remerciant aussi Mr **Boulale, S** responsable de contrôle de qualité à l'unité ARIB.*

*On remercie Mr **Mohamed, Chergui** responsable à l'unité ARIB pour son accueil chaleureux et son aide.*

*On ne saurait oublier de remercier Mr **Souane, Abk**, Mr. **Boucif, A***

Enfin nos profonds remerciements à tous les personnes que nous ont aidés de près ou de loin.

Dédicaces

Avec tout l'amour qui se trouve dans mon cœur,

Je dédie ce travail a mon père Daou qui a fait de moi l'homme que je suis, a ma chère maman que j'aime, mes parents m'ont aidé à suivre le chemin de la science, m'ont encouragé durant toute ma vie à m'abreuver à la source des connaissances et n'ont pas cessé de sacrifier leur bien-être pour ma réussite et mon bonheur, que je les suis reconnaissant et c'est par honneuret fiéreté je les dédie mon travail.

Je le dédier a mon frere azeddine « didou »

À ma sœur Zahra et son mari Zakariya

À ma jumelle et son fiancé walid

À ma grande mère

A MON BINOM SEYYID AHMED

À mes amis houcine, amine ,idir ,walid, azzedine, mostapha, omar, abdraouf, djawad,walaa,zaki, houcine, ismail, djamel beghdad et tous mes collègues de Master2 CQA, ainsi, je le dédie pour tous mes amis de promo N 04/2013.

POUR TOUT CE QUI ME CONNAÎT

Hamouche Hadji

Dédicaces

Avec tout l'amour qui se trouve dans mon cœur,

je dédie mon travail à mes parents qui m'ont aidé à suivre le chemin de la science, qui m'ont encouragé durant toute ma vie à m'abreuver à la source des connaissances et qui n'ont pas cessé de sacrifier leur bien être pour ma réussite et mon bonheur.

A mon frère ; AMINE

A mes sœurs

A tous mes oncles, mes tantes et à toute la famille Cherkj.

A mon promoteur ; Monsieur Djilali BenAbdelmoumen

A mes amis ; Sofain, Hocine, Othmane , Morade,

Khayerdine , Abdelbaki , Abdelkader

A mes collègues de Master2 CQA, ainsi, je le dédie pour tous mes amis de promo N 04/2018.

Seyyid Ahmed

TABLE DES MATIERES

- **Résumé**
- **Liste des abréviations**
- **Liste des tableaux**
- **Liste des figures**

Introduction	1
Étude Bibliographique	
I. Yaourt	
1. Définition	3
2. Historique	3
3. Classification	4
4. Matières premières et ingrédients	4
4.1. Matières premières	4
4.1.1. Poudre du lait	4
4.1.2. Eau de procès	5
4.1.3. Ferments lactiques	5
4.2. Ingrédients	6
4.2.1. Sucre.6	
4.2.2. Fruits	6
4.2.3. Arôme	7
5. Diagramme de fabrication du yaourt brassé fruité	8
6. Technologie de fabrication du yaourt brassé fruité	9
6.1. Choix du lait	9
6.2. Étapes de fabrication du yaourt	9
6.2.1. Préparation du lait	9

Réception et stockage	9
Standardisation	9
Standardisation en matières grasses	10
Enrichissement en protéines	10
Addition éventuelle de sucre	10
Agents texturants	10
6.2.2. Homogénéisation	10
6.2.3. Traitement thermique	11
6.2.4. Dégazage	11
6.2.5. Refroidissement du lait	12
6.2.6. Fermentation	12
6.2.7. Traitement post-fermentaire-Brassage	12
6.2.8. Refroidissement du coagulum	12
6.2.9. Addition d'autres ingrédients	12
6.3. Conditionnement et stockage	13
7. Critères influençant sur la qualité du yaourt brassé fruité	13
7.1. Critères physico-chimiques	13
7.1.1. Extrait sec	13
7.1.2. Acidité	13
7.1.3. Teneur en matière grasse	13
7.2. Critères microbiologiques	14
8. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt	14
II. Avoine	
1. Importance de la culture en Algérie	15
2. Avoine : description de la plante	15
2.1. Description de la plante	15
2.2. Description de la morphologie de la plante	16
2.3. Composition du grain	17
3. Culture de l'avoine	17
3.1. Origine de culture	17
3.2. Origine génétique	17
3.3. Classification	18
3.4. Utilisation	18

3.5. Types d'avoines cultivées	20
4. Cycle de vie de l'avoine	20
4.1. Période végétative	20
4.2. Période de la montaison	21
4.3. Période de maturation	21
5. Transformation du grain en farines et en flocon	22
6. Propriétés de l'avoine	24

III. Bactéries lactiques

1. Présentation des bactéries lactiques	27
2. Habitat et origine des bactéries lactiques	28
3. Classification	28
3.1. Streptocoques et autres coques lactiques	29
3.2. Lactobacilles et autres bacilles lactiques	31
4. Ferments lactiques et leur utilisation en agro-alimentaires	33
5. Fonctions des ferments lactiques	33
5.1. Aptitudes technologiques	33
5.1.1. Aptitude acidifiante	33
5.1.2. Aptitude aromatisant	34
5.1.3. Aptitude texturant	34
5.1.4. Aptitude protéolytique	35
6. Synergie des ferments du yaourt	35

Partie Expérimentale

Matériel et méthodes

1. Matériel	38
1.1. Matériel biologique	38
1.2. Matériel non biologique	38
2. Méthodes d'analyses	38
2.1. Échantillonnages et prélèvements	38
2.1.1. Mode de prélèvement	38

A. Matières premières	38
Eau de procès	38
Avoine	38
Poudre de lait	40
Sucre	40
Produit fini	40
2.2. Analyses physicochimiques	41
2.2.1. Eau de procès	42
Détermination du Ph	42
Détermination de l'alcalinité (TA, TAC)	42
Détermination du TA (TitreAlcalimétrique)	42
Détermination du TAC (TitreAlcalimétriqueComplet)	43
Détermination de la dureté de l'eau TH (Titre Hydrométrique)	43
2.2.2. Avoine	44
A. Méthode d'obtention la farinr à partir des grains d'avoine	44
Nettoyage du blé	44
Mouture	45
Séparation	45
B. Analyses physicochimiques de l'avoine	45
Dosage de l'humidité	45
Détermination de la teneur en cendres	46
Détermination de la teneur en matière grasse	46
Dosage des protéines	47
Détermination de la teneur de la cellulose brute	49
2.2.3. Poudre de lait	50
Détermination de l'acidité titrable	50
Détermination de la matière grasse	50
Détermination de l'extrait sec total	51
Détermination du taux d'humidité	51
2.2.4. Sucre	52
Détermination de l'extrait sec total	52
Détermination du taux d'humidité	52

2.2.5. Produit fini	56
Détermination du Ph	56
Détermination de l'acidité titrable	56
Détermination de l'extrait sec	57
Détermination de la matière grasse	58
2.3. Analyses microbiologiques	60
2.3.1 Préparation de la solution mère et des dilutions décimales	61
2.3.2 Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT)	62
2.3.3 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	63
2.3.4 Recherche et dénombrement des <i>Clostridium sulfito-réducteur</i>	63
2.3.5 Recherche et dénombrement des <i>Staphylococcus aureus</i>	64
2.3.6 Recherche et dénombrement des levures et des moisissures	65
2.3.7. Technique du dénombrement	66
2.4. Qualité organoleptique des produits finis	66

Résultats et discussions

1. Analyses physicochimiques	68
1.1. Matière première	68
1.1.1. Eau de procès	68
1.1.2. Caractéristiques physico-chimiques de la farine et flocon d'avoine	69
A. Teneur en eau	70
B. Teneur en cendres	70
C. Teneur en matières grasses	70
D. Teneur en protéines de l'avoine	71
E. Teneur en cellulose brute	72
1.1.3. Poudre de lait	75
1.1.4. Sucre	73
1.2. Résultats d'analyses physicochimiques des produits finis	74
1.2.1. Variation du pH	74
1.2.2. Variation de l'acidité	76
1.2.3. Variation de la MG	77

1.2.4. Variation de l'EST	80
2. Analyses microbiologiques	82
2.1. Matière première	82
2.1.1. Eau de procès	82
2.1.2. Résultats d'analyses microbiologiques de l'avoine	83
2.1.3. Poudre de lait	84
2.1.4. Sucre	85
2.2. Résultats d'analyses microbiologiques des Produits finis	86
2.3. Qualité organoleptique des produits finis	89
Conclusion	91
Références bibliographiques	
Annexes	

Résumé

Grâce à la richesse de l'avoine en fibre alimentaire et ces divers vertus nutritionnels et thérapeutiques, on a réalisé la formulation d'un yaourt brassé aromatisé à différentes concentrations de farine et flocon d'avoine 2, 4 et 6%.

Ce travail s'est articulé autour de trois axes de recherche, le premier, concerne l'enrichissement du yaourt brassé en fibres alimentaires, le second, l'effet de l'ajout de l'avoine sur la qualité physico-chimique et microbiologique du yaourt pendant 5 semaines à température 6°C et le troisième, l'évaluation organoleptiques des yaourts fabriqués.

D'après les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur la farine et les flocons d'avoine, on a constatés une teneur moyenne 8% de cellulose brute, l'avoine contient une source excellente de protéine respectivement donner 11,02% et 13,25%, le taux de lipides trouvé est de 6,09 % et 6,82%, sont principalement des acides gras insaturés (**FDA**) ; les résultats obtenus lors des différents contrôles de la qualité effectués sur les autres matières premières pour la formulation du yaourt brassé ont montré que l'eau de procès destinée pour la reconstitution du lait, poudre de lait et le sucre compris dans les intervalles fixés par les normes de **JORA**.

Le suivi de la qualité physicochimique des produits finis au cours du stockage, nous a permis de constater que, le pH du yaourt incorporé d'avoine à 6% on observe de faibles différences du pH variant entre 4,51 pour la 1^{re} semaine et 4,37 pour la 5^e semaine. L'acidité Dornic augmente légèrement et ne s'éloigne pas trop de sa valeur initiale 84°D, pour le yaourt enrichi avec 6% d'avoine a atteint après 5 semaines de stockage la valeur de 96°D. Les valeurs 22.5%, 23.2% et 24.9% de l'EST des yaourts incorporés d'avoine des taux 2%, 4% et 6% sont élevées; la teneur en matière grasse reste stable pendant toute la période de stockage.

Sur le plan organoleptique, le yaourt incorporé à un taux de 6% d'avoine présente une meilleure consistance, tant qu'il est conservé au froid qui lui permet d'augmenter la viscosité ; un goût est peu acide et une couleur blanche crème attirante, et la bonne répartition des particules des flocons d'avoine offrant un bon aspect gustatif à chaque cuillère ce dernier été largement adopté par les dégustateurs. Donc, notre yaourt fabriqué est conservé à 6°C, présente une bonne qualité physico-chimique, microbiologique et organoleptique répondue aux besoins du consommateur.

Mots clés : yaourt ; avoine ; fibre alimentaire ; bactéries lactiques ; DLC.

Abstract

This work was organized around three research axes, the first concerns the enrichment of stirred yogurt in dietary fiber, the second, the effect of the addition of oats on the physico-chemical and microbiological quality of the product yogurt for 5 weeks at 6 ° C temperature and the third, organoleptic evaluation of yoghurt manufacture.

The results of physicochemical analyzes carried out on flour and oat flakes, an average content of 8% crude fiber was found, the oat contains an excellent source of protein respectively giving 11.02% and 13.25%, the lipid content found is 6.09% and 6.82%, the formulation of a stirred yoghurt flavored with different concentrations of flour, oat flake 2, 4 and 6% was carried out.

The monitoring of the physicochemical quality of the finished products during the storage, allowed us to note that, the pH of the yogurt incorporated in oats with 6% presents weak differences of the pH varying between 4,51 for the 1st week and 4, 37 for the 5th week. The acidity Dornic increases slightly, for the yoghurt enriched with 6% oats reached after 5 weeks of storage the value of 96 ° D. The values of 22.5%, 23.2% and 24.9% of the EST of oat yogurt incorporated in the 2%, 4% and 6% levels are high; the fat content remains stable throughout the storage period.

Organoleptically, the yoghurt incorporated at a rate of 6% oats has a better consistency, as long as it is kept cold which allows it to increase the viscosity; a taste is slightly acidic and an attractive white cream color, and the good distribution of oatmeal particles offering a good taste aspect to each spoon has been widely adopted by the tasters.

Keywords: yoghurt; oats; alimentary fiber; lactic acid bacteria; Expiration Date

Liste des abréviations

ABS : Absence.

ADF: solution détergente acide

ADN: acide désoxyribonucléique

Agno3: Nitrate d'argent

ARN : acide ribonucléique .

Aw: Activité de l'eau

BCPL : Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol

°C : degré Celsius

Ca: Calcium

CB: Cellulose brute.

Cl : Chlorures

Cl₂:Chlore libre

CO₂ : Gaz carbonique

CO₃ : Ions carbonates

°D : Degré Dornic.

DPD : *Diéthyle Paraphéline Diamine*

DLC : Duré limite de consommation

E. Coli : Escherichia coli

EDTA : Acide éthylène-diamine -tétra- acétique

EST : L'extrait sec total

Etc : Exétéra

F° : Degré français

FAO: Food and Agriculture Organization

Fe⁺² : fer

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

h: Heure.

H% : Teneur en eau.

H₂SO₄ , HCl : Acide fort.

HCO⁻³ : Bicarbonate.

Liste des abréviations

HR : Humidité relative

ISO : : *International Standard Organisation* (Organisation internationale de normalisation).

ITGC : Institut technique des grandes cultures.

ITELV : Institut de technique d'élevage.

g: Gramme.

GC : Giolitti Cantoni.

K₂CrO₄ : Chromate de potassium

Kg : Kilogramme

L: Litre

Lb: Lactobacillus.

Lc: *Lactococcus*

ML : Millilitre

Mm : Millimètre

MG : Matière Grasse.

Mg: milligramme

Mi : Masse initiale.

Min : Minutes

Mf : Masse finale.

Mg⁺²: *Magnésium*.

MS : Matière Sèche.

n° : Numéro

N : normalité.

NaOH: Hydroxyde de sodium.

nd : non déterminé.

NDF : La solution détergente neutre

NF : Norme Française.

O.G.A : Gélose glucosée à l'oxytétracycline

OH : alcalis libres

O.M.S: Organisation Mondiale De la Santé

Pa : Pascal

PCA: Plate Count Agar.

pH : potentiel d'Hydrogène.

q: Quintaux

Sc: Streptococcus

ssp. : sous espèce

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TH : Titre Hydrométrique.

TSE: Tryptone- Sel- Eau.

UFC : Unité Formant Colonies.

V : *Volume*

VRBL : Milieu lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre.

% : Pour-cent

< : Inferieur

µm : Micromètre

Liste des tableaux

Tableau I : Propriétés de la poudre du lait	5
Tableau II : Valeur et composition de grain	17
Tableau III : Paramètres étudiés dans l'analyse physicochimique sur les différents produits	41
Tableau IV: Composition du yaourt incorporé en farine et flocon d'avoine à différentes proportions	52
Tableau V : Germes recherchés dans chaque matière et les milieux utilisés	61
Tableau VI : Résultats des analyses physicochimiques de l'eau de procès	68
Tableau VII : Résultats des analyses physico-chimiques de farine et flocon d'avoine	69
Tableau VIII : Résultats des analyses physicochimiques de la poudre de lait	72
Tableau IX : Résultats des analyses physicochimiques de sucre	73
Tableau X: variation du pH des produits (A, B,C et D) au cours du stockage	74
Tableau XI : variation de l'acidité des produits (A, B,C et D) au cours du stockage	76
Tableau XII : variation de la MG des produits (A, B, C et D) au cours du stockage	78
Tableau XIII : Variation de l'EST des produits (A, B, C et D) au cours du stockage	80
Tableau XIV : Résultats des analyses microbiologiques de l'eau de procès	82
Tableau XV: Résultats des analyses microbiologiques de la farine et flocon d'avoine	83
Tableau XVI: Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait	84
Tableau XVII : Résultats des analyses microbiologiques de sucre	85
Tableau XVIII : Résultats des analyses microbiologiques des coliformes totaux des produits fini (A, B, C et D) au cours du Stockage	86
Tableau XIX: Résultats des analyses microbiologiques des levures des produits (A, B, C et D) au cours du stockage	87
Tableau XX : Résultats des analyses microbiologiques des produits (A, B, C et D) au cours du stockage	87
Tableau XXI : Résultats des analyses organoleptiques des produits finis	89

Liste des Figures

Figure n°1 : Diagramme de fabrication du yaourt brassé fruité	8
Figure n° 2: Schéma des interactions métaboliques de <i>S. thermophilus</i> et <i>Lb. delbrueckii</i> SSP	36
Figure n° 3: Grain d'avoine locale (Photographie originale)	39
Figure n° 4: Flocons d'avoine importé (Photographie originale)	39
Figure n° 5: Diagramme de fabrication d'un yaourt brassé incorporé de l'avoine	54
Figure n° 6: Yaourt incorporé en avoine à 6%(Photographie originale)	55
Figure n°7: Yaourt incorporé en avoine à 4% (Photographie originale)	55
Figure n°8: yaourt incorporé en avoine à 2%(Photographie originale)	55
Figure n°09: Fiche de dégustation de yaourt incorporé en d'avoine de déférent taux	67
Figure n°10: Résultats des analyses physico-chimiques de la farine et les flocons d'avoine	71
Figure n°11 : Variation du pH des produits (A, B, C et D) au cours du stockage	75
Figure n° 12: Variation de l'acidité des produits (A, B, C et D) au cours du stockage	79
Figure n° 13 : Variation de la MG des produits (A, B, C et D) au cours du stockage	78
Figure n° 14 : Variation de l'EST des produits (A, B, C et D) au cours du stockage	80
Figure n°15 : Représentation des résultats organoleptiques	89
Figure n°16: La présence de la flore fongique dans l'avoine avant traitement	Annexe 3
Figure n°17: Technique de préparation des dilutions décimales	Annexe 3
Figure n°18: Schéma présente les étapes d'obtention de farine d'avoine	Annexe4

Introduction

Depuis les années 70, la définition des fibres alimentaires n'a cessé d'évoluer. Les premières définitions n'incluaient que les composants des parois végétales peu digérés par l'Homme.

Dans le rapport de son Comité d'experts spécialisé, "Nutrition humaine" donne une définition précise des fibres alimentaires. Cette définition inclut la nature chimique des fibres, leur origine, et leurs propriétés physiologiques favorables (**AFSSA**, 2002).

De manière simplifiée, les fibres alimentaires regroupent un ensemble de polysaccharides (plus la lignine) qui ne sont pas digérés par les enzymes du tube digestif et non absorbés par l'intestin, une alimentation riche en fibres augmente la sensation de satiété et réduit la prise énergétique dans la journée. Les fibres peuvent aider à la réduction pondérale en association avec des régimes hypocaloriques (**Berg A et coll. Annals of nutrition & metabolism**. 2003).

Des études d'intervention et épidémiologiques s'intéressant à des bio marqueurs montrent un effet positif possible des fibres vis-à-vis des fonctions et des maladies digestives : Stimulation de la croissance et/ou de l'activité d'une flore intestinale bénéfique, effets probiotiques. Prévention et traitement des constipations, prévention de la maladie diverticulaire, effets préventifs possibles du cancer colorectal, effets préventifs possibles des maladies cardiovasculaires (**Food and Drug Administration**. 2006).

Parallèlement, l'industrie des céréales génère de grandes quantités de coproduites, c'est l'avoine qui est cependant, un produit très intéressant. Le son est l'écorce qui recouvre les céréales et est l'un des aliments les plus riches qui soient en fibres naturelles, très bonnes pour la santé (**Anonyme**. 2010).

Certains groupes consommant peu de céréales, des fruits et des légumes ont des apports trop faibles. une alimentation riche en fibres est souhaitable. Les apports nutritionnels conseillés sont de 25 à 30 g/j pour les adultes, âge + 5 g de fibres par jour pour les enfants.

Les fibres doivent retrouver une place de choix dans nos assiettes. À nous de sensibiliser nos patients et de nous assurer qu'ils adoptent progressivement de nouvelles habitudes alimentaires afin de bénéficier des atouts naturels des fibres sans crainte des inconvénients (**Pascale**, 2010), pour cela on peut l'introduire l'avoine dans différents types de produit par exemple le yaourt.

Le yaourt est l'un des produits laitiers les plus consommés au monde, il a connu un développement spectaculaire durant ces dernières années. Le yaourt est un produit laitier fermenté frais de grande consommation dans le monde et se trouve sur le marché sous plusieurs formes et types en attirant toujours le consommateur, ce qui exige une assurance de sa qualité au niveau de toutes ses étapes de fabrication ainsi de son stockage (**Paci kora**, 2004).

Parmi les produits alimentaires à grande consommation en Algérie et dans d'autres pays ; les produits laitiers frais fermentés, comme le yaourt (**Paci kora**, 2004).

La tendance actuelle du marché des denrées alimentaires oblige les industriels à formuler constamment de nouveaux produits. Certaines de ces nouvelles technologies sont axées sur la modification de la texture du yaourt et d'améliorer ses propriétés physico-chimiques et organoleptiques (**Lucey**, 2001).

Dans ce concept, nous nous sommes intéressés à étudier les propriétés physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques d'un yaourt brassé enrichi en avoine et d'autre part optimiser l'incorporation des fibres alimentaires dans un produit laitier.

I. Yaourt

1. Définition

Selon la définition de 1977 établie par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), le yaourt est un lait coagulé obtenu par la fermentation lactique acide dû à deux ferments spécifiques : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* qui sont contenus naturellement dans le lait, à l'exclusion de toute autre bactérie (Fredot, 2005).

Ces bactéries doivent se retrouver vivantes à la concentration de 10^7 /g de produit. Elles sont thermophiles et dégradent le lactose en acide lactique à partir de 45°C dont la teneur doit être au moins 0,7% lors de sa vente (Fredot, 2005).

2. Historique

Les laits fermentés ont représenté depuis toujours, un aliment indispensable à la vie. Même si les produits obtenus étaient très différents selon la région dont ils étaient issus, le but recherché de la fermentation a certainement toujours été le même: la conservation du lait grâce à la transformation du lactose en acide lactique par des bactéries lactiques, diminuant fortement le pH du lait et assurant une protection contre le développement de nombreux germes pathogènes. L'usage des laits fermentés a commencé en Eurasie, chez les Tartares, les Kirghizes et les Kalmoucks (anciennes appellations relatives à des peuples turcs et mongols). Le premier nom turc, apparu au VIII^e siècle, fut "yoghourt" pour être changé au XI^e siècle par le nom "yoghourt" utilisé actuellement. L'origine du mot reste mystérieuse. Le mot yoghurt proviendrait probablement de la langue bulgare (yoghurt), "yog" qui voulait dire "épais" et "urt" qui signifiait "lait". L'usage de cet aliment s'est étendu progressivement dans les Balkans au rythme de la progression des invasions mongoles. Le yoghurt devient ainsi l'un des produits clés de l'aire turco-mongole. Cependant sa consommation généralisée en Occident reste relativement tardive. Il faudra attendre la fin du XIX^e siècle pour que le savant ukrainien Metchnikoff prix Nobel en 1908, attribue au yoghurt dont il a isolé le *Bacillus bulgare* nommé de nos jours *Lactobacillus bulgaricus*, la longévité des montagnards du Caucase et des Balkans (Fredot, 2005).

3. Classification

Il existe en fait plusieurs types de classification :

➤ Selon leur texture:

- Les yaourts "fermes": la fermentation a lieu directement en pots ; ce sont généralement des yaourts nature ou aromatisés.
- Les yaourts "brassés": la fermentation a lieu en cuve avant brassage ; ce sont des yaourts veloutés natures ou aux fruits (**Jeantet et al.** 2007).
- Les yaourts "à boire": qui après avoir été brassés sont battus dans des cuves avant d'être conditionnés (**Fredot**, 2005).

➤ Selon la teneur en matières grasses :

- Les yaourts maigres: à partir du lait totalement écrémé (0% de matière grasse).
- Les yaourts partiellement écrémés: à partir du lait partiellement écrémé (1% minimum de matières grasses)
- Les yaourts gras: à partir du lait entier (3,5 % de matières grasses) (**Luquet**, 1985).

➤ Selon leur goût:

- Les yaourts nature: ils ne subissent aucune addition.
- Les yaourts sucrés: ils sont additionnés de sucre.
- Les yaourts "aux fruits", "au miel", "à la confiture": ils subissent une addition inférieure à 30% de ces différents produits.
- Les yaourts "aromatisés": ils contiennent des arômes naturels renforcés par un produit de synthèse (**Anonyme**, 1998).

4. Matières premières et ingrédients

4.1. Matières premières

4.1.1. Poudre du lait

La principale matière première pour la fabrication des yaourts est la poudre du lait dont, pour l'essentiel, est préparée à partir d'un lait de vache frais récolté quotidiennement après écrémage et pasteurisation. Le lait ici est concentré puis séché, supplémenté en vitamines disponibles à la demande (**Veillemard**, 1989).

La poudre de lait ne doit pas contenir plus de 5% d'eau. Elle est composée principalement par des matières protéiques, minérales, par le lactose et aussi les vitamines (Ireland et al, 2002).

Le tableau I regroupe les propriétés de la poudre du lait

Tableau I : Propriétés de la poudre du lait.

La solubilité (maximum)	1,25g/ml
Acidité titrable	12 – 15°D
Humidité	3,5 - 4%
Densité	480 g/l

(Ireland, 2002).

4.1.2. Eau de procès

L'eau est l'élément majeur dans l'industrie laitière vu son large spectre d'utilisation, comme dans le cas du yaourt, afin d'être mélangé à d'autres ingrédients pour la fabrication du yaourt, l'eau doit présenter les caractères de pureté microbiologique et physico-chimique d'une eau potable.

Selon **Divet** et **Schulhof** (1980), l'eau de process est un produit élaboré dont les caractéristiques répondent très strictement aux critères définis par le code de la santé publique ; et ceci quelle que soit la qualité de la matière première à partir de laquelle l'eau est élaborée.

4.1.3. Ferments lactiques

La fermentation lactique est l'un des plus anciens procédés de conservation des aliments. En biologie, un ferment désigne un micro-organisme responsable d'une fermentation. Il s'agit des bactéries dans le cas de yaourt qui fera durcir le lait : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*.

On appelle bactéries lactiques des bactéries Gram+, coques « Streptocoque » ou bacilles «Lactobacille» qui produisent de l'acide lactique par voie fermentaire. Beaucoup se rencontrent dans les produits laitiers.

Streptococcus : Il s'agit de coques Gram+, asporules, immobiles, aérobies facultatifs, généralement groupés en paires et surtout en chaînes de longueur variable. Ils sont catalase négative, se développent à 37°C. Leur fermentation est homolactique et donne de l'acide lactique surtout dextrogyre.

Lactobacillus : il s'agit de bacilles souvent allongés, Gram+, asporules, parfois groupés en paires ou en chaînes, généralement immobiles. Ils sont de catalase négative, anaérobies facultatives, se développent à 45°C. Leur fermentation est homolactique dormant de l'acide lactique (Guiraud et Rosec, 2004).

4.2. Ingrédients

Une multitude d'ingrédients peut être incorporée dans le yaourt. On peut les classer comme suit :

4.2.1. Sucre

Le sucre (saccharose) est une substance extraite du jus de la canne à sucre ou de la betterave sucrière par divers procédés chimiques (Kleiner, 2007).

Les sucres conférant une saveur spécifique peuvent être ajoutés au yaourt dans la limite de 30% en poids du produit fini. Le ou les sucres ajoutés sont l'hydrate de carbone autorisé par la réglementation en vigueur (Ministère du commerce, 1998).

Il est préférable d'ajouter le sucre avant la pasteurisation du lait, car le traitement thermique du lait sucré détruit les levures et les moisissures osmophiles présentes dans le sucre : par ailleurs, la consistance du yaourt s'en trouve améliorée (Lamontagne, 2002).

4.2.2 Fruits

Les fruits dans les yaourts sont apportés sous forme de préparations de fruits avec ou sans sucres ajoutés. Les agents de texture, incorporés dans la préparation de fruit, participent également à l'amélioration de la texture des yaourts. Les fruits les plus consommés sont les fruits rouges et les fruits exotiques (Vignola, 2002).

4.2.3. Arome

On entend par arôme tout produit ou substance qui, étant destiné à être ajouté à des denrées alimentaires pour leur donner une odeur, un goût agréable.

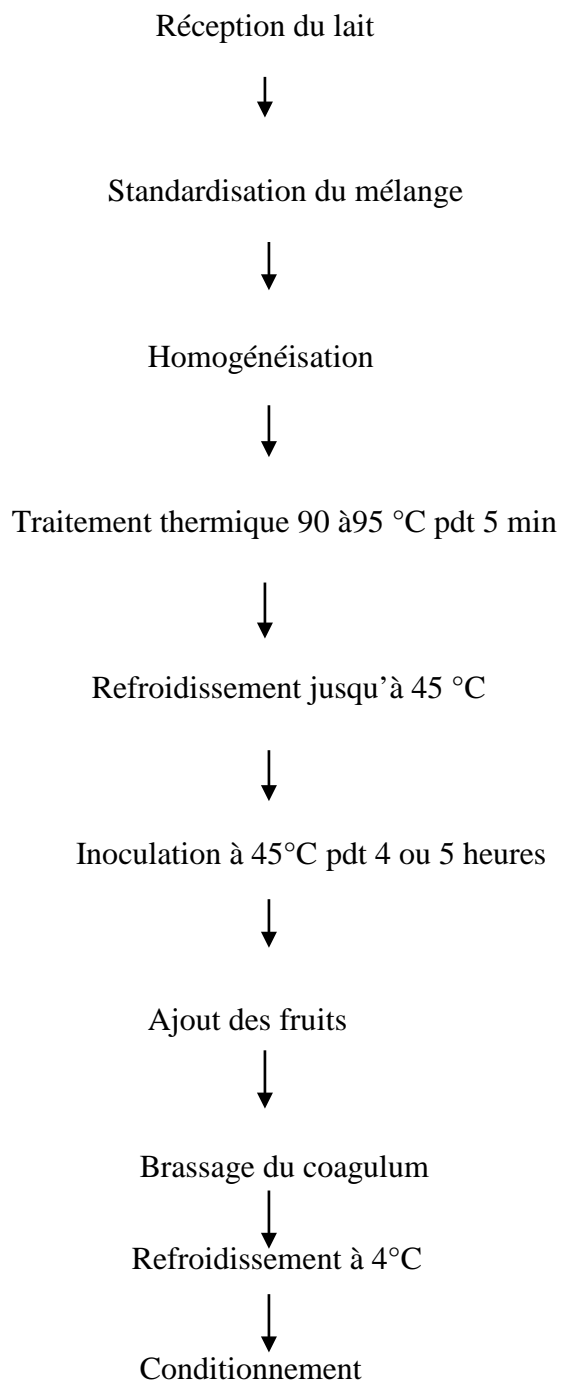
Il existe plus de 6 000 arômes différents dans la nature, seulement 2 500 sont utilisés dans l'industrie agroalimentaire. On les trouve d'ailleurs dans les produits laitiers (**Hervouet et al**, 2009).

On distingue trois types d'arômes : les arômes naturels, artificiels et synthétiques (**Armani et Denni.**, 1990). Il est conseillé de les utiliser à un dosage de 0,1% à 0,3 % de la préparation finale (quelques gouttes).

5. Diagramme de fabrication du yaourt brassé fruité

La figure 1 : représente un diagramme de fabrication d'un yaourt brassé fruité.

Figure 1 : Diagramme de fabrication du yaourt brassé fruité



6. Technologie de fabrication du yaourt brassé fruité

6.1 Choix du lait

La principale matière première pour la fabrication des yaourts est le lait dont, pour l'essentiel, le lait de vache. Il peut être soit du lait frais, soit du lait recombinaé (à partir de lait en poudre maigre et de matière grasse laitière anhydre), soit du lait reconstitué (à partir de lait en poudre) (**Luquet et al.**, 2005). Le lait ne doit pas non plus contenir de résidus de substances tels que les antibiotiques, sulfamides, mycotoxines, métaux lourds, radioéléments artificiels à des taux qui dépassent le niveau de tolérance admis (**Frédot**, 2005).

6.2 Étapes de fabrication du yaourt

Les procédés de fabrication des yaourts se caractérisent par trois grandes étapes : la préparation du lait, la fermentation et les traitements post-fermentaires du produit. (**Béal et Sodini**, 2005).

6.2.1. Préparation du lait

➤ Réception et stockage

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

➤ Standardisation

En fabrication de yaourt, le lait doit être standardisé en matières grasses, enrichi en protéines, et éventuellement, sucré, pour répondre aux spécifications nutritionnels. (**Béal et Sodini**, 2003).

➤ Standardisation en matières grasses

Le lait est tout d'abord écrémé, puis mélangé avec la crème dans les proportions souhaitées. (Béal et Sodini ,2003).

Les yogourts peuvent avoir un contenu en gras se situant entre 0,1 et 10% .Toute fois on trouve sur le marché des yogourts ayant un contenu entre 0,1 et 3,5 % de matière grasse (carole et al ,2002).

➤ Enrichissement en protéines

Le lait standardisé en matières grasses doit être enrichi en protéines lactières pour former un yaourt consistant et exempt de synérèse. (Béal et Sodini ,2003).

Les protéines ont un rôle déterminant sur la texture (Romain et al ,2008.).L'addition de protéines peut se faire de façon plus directe par l'addition de caséinate, lait de poudre de lactosérum de substances lactières modifiées ou des protéines hydrolysées. (Carole et al. ,2002).

➤ Addition éventuelle de sucre

Le lait peut être additionné de sucre avant la fermentation, à hauteur de 5 à 10 %. Le sucre est généralement constitué de saccharose, cristallisé ou sous forme liquide (sirop). (Béal et Sodini ,2003).

➤ Agents texturants

L'ajout d'additifs (agent de texture, etc..) dans les yaourts sont autorisés par la réglementation de la majorité des pays, mais pas en Algérie. Dans ce cas, les produits sont appelés "produits lactiers frais fermentés". (Luquet, 2005).

6.2.2. Homogénéisation

Ce traitement est pratiqué dans le cas des laits gras ($25 \cdot 10^6$ Pa à 55-60C°) soit en phase montante de la pasteurisation, soit en phase descendante, mais avec des risques de recontamination dans ce cas (Mahaut et al ,2000).

L'homogénéation du lait à plusieurs objectifs :

- Elle améliore la fermentation des gels obtenus après fermentation (**Romain et al**, 2007). Aussi en réduisant la taille de globule gras (**Romain et al**, 2008).
- Elle évite la remontée de la matière grasse pendant la coagulation, améliore la rétention d'eau (**Mahaut et al**. 2000).
- L'homogénéisation augmente la sensibilité des microorganismes lors du traitement thermique. (**Carole et al**. 2002).

6.2.3. Traitement thermique

Le lait enrichi subit un traitement thermique à 90-95°C pendant 3 à 5 min. (Mahaut, 2000) .ce traitement thermique a trois conséquences :

- ✓ Il détruit les microorganismes pathogènes (**Bourgeois et al**. 1996).et indésirables (bactéries, levures, moisissures). (**Mahaut et al** .,2000)
- ✓ Dénature environ 80% des protéines solubles du lait (**Bourgeois et al**. 1996). Ce qui permet également d'accroître la rétention de l'eau et d'améliorer la texture du yaourt et sa stabilité. (**Mahaut et al** .,2000).
- ✓ Il favorise la croissance des bactéries de levain dans le lait chauffé (**Bourgeois et al**. 1996). Ce traitement thermique peut être effectué selon deux procédés: le traitement batch (de plus en plus rare) ou, le plus souvent, le traitement en continu. Le traitement batch est réalisé dans des cuves à double enveloppe, par injection de vapeur. Dans ce cas, les barèmes appliqués sont généralement de 85 à 90°C pendant 15 à 30 min. Le système continu est plus rationnel pour les unités de fabrication industrielle. Il implique la mise en œuvre d'échangeurs à plaques ou tubulaires. Le traitement le plus courant, dans ce cas, est un chauffage à 92-95°C pendant quelques minutes (**Luquet et al**, 2005).

6.2.4. Dégazage

Le dégazage du lait est une étape importante, elle permet d'assurer une bonne croissance des bactéries lactiques et l'acidification du lait. Les systèmes utilisés pour les mélanges des poudres sont source d'incorporation d'oxygène; il est donc possible d'observer des inhibitions de croissance des bactéries lactiques à cause d'une forte concentration en oxygène dissous dans le mix laitier. Il demeure impératif d'installer un système de dégazage après le préchauffage pour retirer l'air (et donc l'oxygène dissous) du lait. Son

principe est celui d'une cloche à vide où une dépression partielle (0,3 à 0,4 bar absolu) est réalisée aux environs de 80°C. Il est associé, en général, à une réincorporation des condensats afin de ne plus modifier l'extrait sec du lait de départ. (Luquet et al., 2005).

6.2.5. Refroidissement du lait

Après la pasteurisation, le lait est refroidi à la température d'ensemencement souhaitée, habituellement de 40 à 45°C.

6.2.6. La fermentation

À l'issue de son prétraitement, le lait, éventuellement additionné de sucre, estensemencé. La culture se déroule de façon discontinue, ce qui se traduit par une évolution des concentrations et des caractéristiques physico-chimiques (notamment du pH) au cours du temps. L'arrêt de la fermentation est provoqué par un refroidissement rapide du produit (Béal et Sodini, 2003).

6.2.7. Traitement post-fermentaire-Brassage

Le brassage du coagulum, qui intervient uniquement en production de yaourts brassés, est réalisé avant le refroidissement. Il est effectué soit par brassage lent, à l'aide d'hélices marines, dans la cuve de fermentation, soit, le plus souvent, par pompage du gel, en amont de l'échangeur thermique. Afin de lisser le gel et d'éviter la présence de grains dans le produit, le coagulum peut passer au travers d'un filtre ou traverser une tête de lissage. (Béal et Sodini, 2003).

6.2.8. Refroidissement du coagulum

Dans la phase finale de l'incubation, lorsqu'est obtenu le pH voulu (normalement environ 4,2-4,6), le yaourt doit être refroidi à 15-22°C. Ceci bloque temporairement une ultérieure augmentation de l'acidité.

6.2.9. Addition d'autres ingrédients

Les autres ingrédients classiquement ajoutés sont des préparations contenant des fruits, des céréales, des arômes ainsi que des colorants. Leur incorporation s'effectue soit avant la fermentation pour les yaourts fermes soit avant le conditionnement pour les yaourts brassés.

6.3. Conditionnement et stockage

Les yaourts sont généralement conditionnés dans deux types de matériaux d'emballage : le verre, réservé aux produits haut de gamme, ou le plastique.

Le remplissage et le dosage des pots sont effectués par des pompes volumétriques, sous air filtré. Les pots sont fermés de façon hermétique par thermoscellage, en utilisant des opercules décontaminés par rayonnement infrarouge.

Les pots sont ensuite imprimés d'une date limite de consommation et d'un code permettant d'assurer leur traçabilité. Les lots, de 2 à 16 pots, sont confectionnés grâce à une sur-emballeuse (Béal et Sodini ,2003).

Après leur fabrication, les yaourts doivent être maintenus à une température maximale de + 6 °C pendant leur transport, stockage ainsi que lors de la mise en vente au consommateur. (Arrêté algérienne ; 1999).

7. Critères influençant sur la qualité du yaourt brassé fruité

Les critères influençant sur la qualité du yaourt brassé fruité peuvent être divisés en deux : critères physico-chimiques et microbiologiques.

7.1 Critères physico-chimiques

7.1.1 L'extrait sec

Son augmentation provoque une meilleure consistance de yaourt.

7.1.2 L'acidité

Influence la vitalité des bactéries pendant la conservation. La vérification de la résistance des ferments lactiques aux taux d'acidité est obligatoire. L'acidité du yaourt est exprimée en Dornic (0,1g/l d'acide lactique).

7.1.3 La teneur en matière grasse

Affecte sensiblement les propriétés rhéologiques, l'homogénéité, la fermeté, la viscosité augmentent avec la teneur en matière grasse.

7.2 . Critères microbiologiques

Le lait et les produits laitiers sont facilement altérables par les germes microbiens, donc il est exigeant de s'assurer de l'absence des germes pathogènes dans le yaourt jusqu'à la livraison (**Loones**, 1994).

Les micro-organismes à chercher sont :

1. Les indices de contamination fécale (coliformes fécaux et E.coli).
2. La flore pathogène (salmonelles et staphylocoques).
3. La flore d'altération (levures et moisissures).

8. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques des yaourts

Traditionnellement, et plus particulièrement depuis les travaux de Metchnikoff sur le yaourt au début de ce siècle, les produits laitiers fermentés jouissent d'une image positive quant à leurs relations avec la santé (**FAO**, 1995).

- ✓ Amélioration de l'absorption du lactose : la présence des BL dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase (**Mahaut et al**, 2000).
- ✓ Amélioration de la digestibilité des protéines : la fermentation est une prédigestion due aux activités protéolytiques des ferments du yaourt (**Debry**, 2001).
- ✓ Amélioration de la digestibilité de la matière grasse : bien que l'activité lipolytique des BL soit peu élevée, il ya une augmentation significative de la teneur en acides gras libres dans le yaourt. De plus l'homogénéisation améliore la digestibilité (**Mahaut et al**, 2000).
- ✓ Activité antimicrobienne : le yaourt a un rôle préventif contre les infections gastro-intestinales. L'intérêt du yaourt dans le traitement des diarrhées infantiles a été démontré par de nombreux auteurs (**Mahaut et al**, 2000).
- ✓ Stimulation du système immunitaire : des effets immunorégulateurs bénéfiques des BL ont été rapportés lors des pathologies suivantes : diarrhées virales, allergies alimentaires se manifestants par de l'eczéma a topique, maladies inflammatoires chroniques intestinales et certaines formes de cancers (**Luquet et Corrieu.**, 2005).
- ✓ Action hypocholestérolémiante : La consommation du yaourt permet de prévenir les maladies coronariennes et serait plus efficace que le lait pour maintenir une cholestérolémie basse (**Mahaut et al**, 2000).

1. Importance de la culture en Algérie

La culture des céréales a été, et restera l'élément essentiel de l'agriculture algérienne. Une superficie de 2 448 200 hectares lui est consacrée. Les céréales fournissent les aliments de base et occupent une place de choix dans l'alimentation des populations algériennes. Ils représentent 50% des dépenses des ménages. Ces céréales constituent 60% de l'apport calorique et 71% de l'apport protéique de la population algérienne (**BENSALEM, 1998**). Actuellement l'Algérie occupe la 5eme place dans la consommation des céréales (établi par le **Conseil International de Céréales (CIC)**).

En Algérie, l'avoine vient en quatrième position avec une superficie moyenne de l'ordre de 68095,5 ha après le blé dur qui occupe une superficie moyenne de 1314014 ha très importants par rapport aux autres céréales, et a la surface destinée à la céréaliculture (**Direction des Services Agricoles, 2016**).

La production mondiale d'avoine est d'environ de 22,5 à 25 millions de tonnes lors de la campagne 2011-2012 cultivée sur 10,6 millions d'hectares, globalement, la production annuelle est très inférieure à celles de blé, de maïs, ou même d'orge (**Planetoscope. 2012**).

2. Avoine : description de la plante

Utilisée depuis des siècles pour les animaux (fourrage), l'avoine est de plus en plus entrée dans l'alimentation humaine, pour son plus grand bénéfice. Dans cette partie, nous allons observer la description de l'avoine, sa place dans l'histoire ainsi que ses constituants les plus intéressants pour la phytothérapie.

2.1. Description de la plante

L'Avoine est une plante herbacée annuelle, cultivée (*Avena sativa* L.), parfois appelée « avoine commune », « avoine byzantine » ou simplement « avoine », est une espèce de plantes monocotylédones de la famille des Poaceae (graminées), sous-famille des Pooideae. (**BREMNESS, 1999**)

Ce sont des plantes herbacées annuelles aux tiges (chaumes) dressées et feuilles linéaires panicules lâches d'épillets composées de trois fleurs donnant les grains, aux inflorescences en panicules lâches, et des épillets retombants (BREMNESS, 1999).

L'avoine est cultivée comme céréale ou comme plante fourragère à couper en vert ; ses pousses tendres et sucrées plaisent aux animaux de la ferme. Elle fait partie des céréales à paille et est utilisée principalement en alimentation animale.

2.2. Description de la morphologie de la plante

La plante est facilement identifiable, c'est une monocotylédone à tige cylindrique (cauline) de 25 à 150 cm de haut, au port dressé. (tela-botanica.org. 2013)

L'avoine a des fleurs hermaphrodites autopollinisées par le vent. Elles sont arrangées en épillets de 16 à 24 mm à pédoncules barbus, retombants et protégés par deux glumes nervurées presque égales et dépassant la fleur. Les inflorescences sont des panicules lâches. Elles mesurent 8 à 30 cm de long, portant des épillets de deux à trois fleurs, mesurant 20 à 25 mm de long. (tela-botanica.org. 2013)

Les feuilles glabres, longues et effilées font 2 à 10 mm de large et engainent les tiges. Elles présentent une ligule blanche de 2 à 5 mm sans oreillettes au niveau de leur insertion sur la tige. (tela-botanica.org. 2013)

Le grain est un caryopse vêtu entouré de glumelles non adhérentes, mais qui restent fermées. Le lemma est induré, sauf au sommet, et adhère au grain, un caryopse indéhiscent à graine unique est soudé au péricarpe, sauf pour *Avena nuda*, variantes dites « à grains nus ». (tela-botanica.org. 2013)

L'avoine peut produire des racines adventives au niveau des nœuds. Son système racinaire fasciculé est relativement puissant, pouvant s'enraciner jusqu'à plus de 1,5 m (tela-botanica.org. 2013)

2.3. Composition du grain

Composition et valeur nutritionnelle du grain d'avoine et celui de maïs cultivés (en g/kg de produits).

Tableau II: valeur et composition de grain

Céréales	Protéines	MG	Amidon	Cellulose	Ca	P
Maïs	87	38	619	21	0,3	2,9
Avoine	105	49	390	101	0.8	3,3

3. Culture de l'avoine

3.1. Origine de culture

L'avoine est originaire du nord-est de l'Europe (Autriche et Russie) et des plateaux de l'Éthiopie et de la Chine. Le plus ancien grain d'avoine a été découvert en Égypte dans les vestiges de la 12e Dynastie, autour de 2000 ans avant J.-C., et devait probablement provenir de plantes sauvages, puisque l'avoine n'était pas encore cultivée à cette époque. (Wissam et Madiha. 2017)

La plus ancienne avoine cultivée a été découverte dans des grottes en Suisse et daterait de l'époque de l'âge de bronze. L'avoine a été introduite en Amérique en 1609 sur les îles Elizabeth, sur les côtes de l'État du Massachusetts et Georges Washington, premier président des États-Unis d'Amérique, en aurait semé 234,71 hectares) en 1786. (Sirodot, 2016).

3.2. Origine génétique

Avena sativa L. est la seule espèce, d'un genre comprenant environ 33 espèces distribuées autour du bassin Méditerranéen, à être cultivée. Comme le genre *Triticum*, le genre *Avena* est représenté par des espèces diploïdes ($2n=14$), tétraploïdes ($2n=28$) et hexaploïdes ($2n=42$). Le schéma évolutif et les mécanismes responsables de l'évolution de la polyploïdie sont essentiellement les mêmes que ceux décrits pour le blé. Contrairement au

blé, le processus de domestication et de culture de l'avoine n'implique que les espèces hexaploïdes.

Deux autres espèces, *A. byzantina* (avoine rouge) et *A. nuda* sont mentionnées dans la littérature comme ayant été cultivées dans les premiers temps en Méditerranée orientale. Ces taxons sont maintenant considérés comme faisant partie d'*Avena sativa* étant donné qu'ils partagent le même génome. Leur grande similarité génétique avec *A. sativa* ne justifie pas de leur donner un statut spécifique. (Sirodot.g-e ; 2016 Madiha et Wissam 2017).

3.3. Classification

Selon Feillet (2000) l'avoine est une plante annuelle herbacée monocotylédone :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous-classe	Commelinidae
Ordre	Cyperales
Famille	Poaceae
Sous-famille	Pooideae
Tribu	Aveneae
Genre	<i>Sativa</i>
Espèce	<i>Avena sativa</i>

3.4. Utilisation :

- **Alimentation humaine :**

L'utilisation de l'avoine dans l'alimentation est surtout d'origine anglo-saxonne ou Nord européen sous forme de flocon ou farine, des biscuits, et la préparation de certaines boissons alcoolisées.

Les produits d'avoine plus récents sont le lait d'avoine (un lait végétal), le son d'avoine recommandé dans le cadre de certains régimes amaigrissants.

- **Alimentation bétails « animaux »**

En fourrage, lorsque la plante est récoltée avant l'épiaison, elle constitue un bon aliment pour les ruminants. On peut la cultiver en mélange avec une légumineuse (comme la vesce), ce qui améliore sa teneur en protéines.

En grain, peut être utilisé en alimentation animale, mais il est moins appétits que le blé. L'avoine en grains était autrefois très utilisée pour l'alimentation des chevaux, à cause de son "pouvoir excitant" (dont l'origine n'est pas établie), qui était censé stimuler les animaux. Elle est encore utilisée pour les chevaux de sport. Sa valeur énergétique est cependant bien moindre que celle du blé ou de l'orge.

- **CIPAN :**

Bon piège a nitrate, comme la moutarde il gel en hiver.

3.5. Intérêts.

- **Intérêt commercial :**

En 2014, la France a exporté en moyenne 7 500 t d'avoine par mois, à 98 % vers ces 6 pays : la Belgique (24 %), les Pays-Bas (22 %), l'Allemagne (19 %), l'Italie (19 %), l'Espagne (8 %) et la Suisse (7 %). Le niveau de prix est d'environ 170 €/t.

- **Intérêt économique**

La production mondiale d'avoine représente près de 800 kilogrammes par seconde, soit 25 millions de tonnes par an. L'Union européenne est la 1re productrice d'avoine devant la Russie et le Canada. Mais ces deux derniers consomment l'essentiel de leur production. La production mondiale d'avoine est d'environ de 22,5 à 25 millions de tonnes lors de la campagne 2011-2012 cultivée sur 10,6 millions d'hectares. (FAO, 2012)

La consommation d'avoine a tendance à remonter, car on redécouvre les bienfaits de sa consommation notamment sur la santé. Globalement, la production mondiale d'avoine est très inférieure à celles de blé, de maïs, ou même d'orge. En termes de commerce international, qui concerne environ 10% des récoltes mondiales, c'est donc le Canada qui est de très loin le premier exportateur, essentiellement à destination des États-Unis. Les productions européennes, russes et canadiennes ont accusé en baisse sensible en 2009-2010 et en 2010-2011, où la production mondiale a fini sous les 20 millions de tonnes. (FAO, 2012).

3.5. Types d'avoines cultivées

- *Avena sativa*

Avoine vêtue de type printemps et hiver dont les couleurs de l'enveloppe peuvent être blanches, jaune (grise) ou noire.

- *Avena nuda*

Avoine nue (grain sans enveloppe) possédant qu'une seule couleur d'amande claire.

4. Cycle de vie de l'avoine :

On distingue trois périodes importantes dans le cycle végétatif de l'avoine : une période végétative, une période de reproduction et une période de maturation.

4.1. Période végétative

Elle s'étend du semis au début de la montaison, elle est subdivisée en plusieurs phases:

- **Phase germination - levée**

La germination commence quand le grain a absorbé environ 25% de son poids d'eau. Les téguments se déchirent, la racine principale couverte d'une enveloppe appelée Coleorhize, apparaît, suivie par la sortie de la première feuille, couverte d'une enveloppe appelée Coléoptile. À la surface du sol, puis apparaissent d'autres racines et feuilles. La durée de cette phase varie avec la température de 8 à 15 jours (**Clement grand court et prat, 1970**).

- **Phase levée – tallage**

C'est un mode de développement propre aux graminées, caractérisé par la formation du plateau du tallage, l'émission de talles et la sortie de nouvelles racines (**Soltner, (1988)**). La durée de cette période varie de 31 à 89 jours pour des températures moyennes de 09 à 32°C respectivement (**Mekliche, 1983**).

- **Phase tallage - montaison**

Elle est caractérisée par la formation de talles et l'initiation florale qui se traduit par l'apparition de la future ébauche de l'épi. Tout déficit hydrique durant cette période se traduit par une diminution du nombre de grains par épi (**Martin- prevel, 1984**).

4.2 Période de la montaison

Elle s'étend de la montaison à la fécondation :

➤ **Phase montaison**

Elle commence lorsque les entrenœuds de la tige principale se détachent du plateau du tallage, ce qui correspond à la formation du jeune épi à l'intérieur de la tige. (BELAID, 1987)

➤ **Phase épiaison**

Cette période commence dès que l'épi apparaît hors de sa gaine foliaire et se termine quand il est complètement libéré. La durée de cette phase est de 7 à 10 jours, elle dépend des variétés et des conditions du milieu (Martin- prevel, 1984). C'est la phase où la culture atteint son maximum de croissance.

4.3. Période de maturation

➤ **Phase de maturation**

Cette phase est caractérisée par le grossissement du grain, l'accumulation de l'amidon et les pertes de l'humidité des graines qui marque la fin de la maturation (Boufenar-zaghouane, 2006). Cette phase de maturation dure en moyenne 45 jours. Les graines vont progressivement se remplir et passer par différents stades :

➤ **Phase maturité laiteuse**

Le grain est de couleur vert clair, d'un contenu laiteux et atteint sa dimension définitive.

➤ **Phase maturité pâteuse**

Quand l'avoine est mûre, le végétal est sec et les graines des épis sont chargées de réserves (Soltner, 1988)

➤ **Phase maturité complète**

Ce stade est sensible aux conditions climatiques et à la condition de récolte (Soltner, 1988)

5. Transformation du grain en farines et en flocon

La transformation des céréales commence pendant les mois de récolte (juillet/août) après la réception des céréales. Après le séchage, les céréales sont stockées en silos climatisés pendant toute l'année. (Djamel, b 2016).

A. Premier nettoyage

Les céréales sont déversées en vrac ou reçues en sacs. Souvent il y a encore des impuretés, comme des brins de paille, des herbes, des cailloux, des céréales vides et rongées. Ces impuretés sont aspirées à l'aide d'un premier nettoyeur, une sorte d'aspirateur énorme. À l'arrivée, les céréales sont le plus souvent encore assez humides, avec un taux d'environ 18 à 20%. (Djamel b. 2016).

B. Séchage

Afin de pouvoir conserver les céréales sans risque de pourriture, la teneur en humidité ne pourra pas dépasser les 16%. C'est pourquoi il est nécessaire de sécher les céréales à l'aide d'air sec. Les céréales sont chauffées jusqu'à une température de 40°C au maximum, autrement la germination pourrait être annihilée. Les céréales chaudes descendent lentement et sont stockées en silos. (Djamel b. 2016).

C. Stockage

Après le premier nettoyage et le séchage, les céréales sont stockées en silos. Les différentes céréales ont leur propre silo, pour éviter un mélange. Les silos sont bien aérés. Chaque silo est équipé d'un thermomètre. Pendant les récoltes et les semaines qui suivent, la température est contrôlée et notée au quotidien. Au moment où les céréales ont atteint la condition requise, la température est contrôlée de façon hebdomadaire. (Djamel b. 2016).

D. Décortilage de l'avoine

L'avoine est enveloppée par une pellicule qui ne s'est pas soudée à la graine, mais qui est relativement libre. La pellicule est très lisse, de sorte qu'on ne peut pas utiliser un système de frottement comme pour l'orge. En mettant l'avoine dans une sorte de centrifugeuse, la graine est détachée de la peau. Le lot d'avoine est assorti en trois classes de grandeur. Chaque classe est décortiquée séparément, ce qui permet un réglage plus raffiné des machines. Lors le

décorticage l'avoine est détaché de sa pellicule. Environ 20% des céréales ne sont pas décortiqués et retournent encore une fois dans la centrifuge. (Djamel b. 2016)

De cette façon environ 100 kg d'avoine non décortiqués devient finalement 60 à 75 kg d'avoine décortiquée. Il reste 25 à 40 kg de déchets (surtout des pellicules). (Djamel b. 2016).

E. Nettoyage

Après un premier nettoyage, la poussière, les pailles, les herbes, etc. n'ont pas entièrement disparu. Pour obtenir des céréales propres, il faut les « nettoyer » par aspiration et tamisage. Il est tout d'abord de les séparer par densité, la paille et les pellicules pèsent moins lourd que les céréales et les cailloux sont plus lourds. Ensuite, il existe plusieurs tamis pour tamiser les parties qui sont trop petites ou trop grandes. (Djamel b. 2016).

Derrière la machine de nettoyage se trouve une « trieuse » qui sépare les céréales rondes des herbes, comme la vesce, ou de petits bouts d'argile des céréales allongées.

F. Mouture

▪ En farine :

Une fois l'avoine parfaitement propre, il est prêt pour la mouture la farine obtenue par mouture des grains d'avoine, avec un aspect est brunâtre. Se déroule en trois grandes étapes : Le broyage, le grain d'avoine passe entre de gros cylindres métalliques. Et l'empilage de tamis qui suit permet de séparer les particules de semoules produites à chaque broyage selon leur grosseur.

▪ En flocon : Aplatissage

Un jour avant que les céréales soient battues, elles sont d'abord mises à tremper. Le lendemain, les céréales sont déversées dans un silo, elles tombent sur une chaîne roulante où elles sont chauffées à l'aide de brûleurs à gaz. La chaleur est transmise par radiation, ce qui est comparable aux rayons de soleil. Les céréales deviennent plus douces et plus souples. Il est important de chauffer l'avoine pendant quelques minutes, pour éviter un goût amer pendant la conservation. (Djamel b. 2016)

L'avoine contient en effet relativement beaucoup de matières grasses par rapport aux autres céréales. Si le grain est endommagé, l'avoine risque de devenir rance, l'influence d'un enzyme (lipase). Le préchauffage interrompt l'activité de cette enzyme et le flocon garde son

bon goût. Suite au préchauffage, l'amidon du grain est suffisamment lié pour que le flocon ne se décompose pas. Après le chauffage, les céréales sont laminées sous forme de flocons grâce à des laminoirs, ensuite ils tombent sur une bande, refroidissent et sèchent. (Djamel b. 2016).

6. Propriétés de l'avoine :

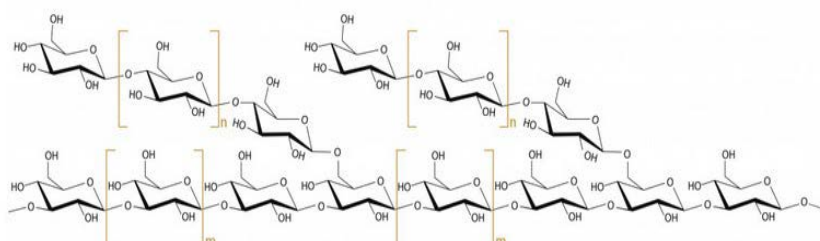
Les meilleures sources de fibres solubles sont la farine d'avoine et le son d'avoine. (Douniazed f, Diététicienne).

Il suffit de remplacer 10 % de la farine de blé par une portion de la partie de l'orge et/ou de l'avoine riche en fibres. (Douniazed f, Diététicienne).

Des études scientifiques attestent l'effet anti cholestérol de ce type de fibres. Fibres, qui n'existent pas dans le blé tendre ou le blé dur que nous consommons en grande quantité en Algérie. (Djamel b.2016)

L'action anti-cholestérol des bêta-glucanes est liée à leur capacité à fixer le cholestérol. Or, ces types de fibres ne sont pas assimilés. C'est-à-dire qu'elles ne pénètrent pas, à travers la paroi intestinale, dans le sang. Ainsi, à son tour le cholestérol fixé aux bêta-glucanes ne peut franchir la barrière intestinale. (Djamel b.2016)

Cette action est si puissante qu'elle est même reconnue par des organismes aussi sévères que la **FDA** américaine. Outre l'éducation à la santé et la prise de conscience de chacun, on peut se demander si l'ajout de quelques grammes de bêta-glucanes ne devrait pas être incorporé d'office dans le pain, les pâtes alimentaires ou la semoule. (Djamel b.2016)



Molécule de beta-glucane

Depuis les années 1960, les études donnent les mêmes résultats : certaines fibres, appelées bêta-glucanes, permettent de réduire l'excès de cholestérol dans le sang, un trouble appelé hypercholestérolémie.

Et, depuis 2009, le groupe d'experts de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (AESA), qui vérifie la véracité des allégations santé couramment utilisées, a reconnu que l'allégation « que le bêta-glucane d'avoine réduisait le cholestérol présent dans le sang » était véridique. (Djamel b.2016). Les bêta-glucanes augmenteraient l'activité des lipases, des enzymes digestives qui découpent les lipides et les empêchent d'être absorbés au niveau de l'intestin. (Djamel b.2016)

Ces fibres solubles se placeraient également autour du cholestérol et des sels sécrétés par le foie, pour les empêcher de former les structures, appelées micelles, qui leur permettent de franchir la barrière de l'intestin. (Djamel b.2016)

Les meilleures sources de fibres solubles sont la farine d'avoine et le son d'avoine. L'avoine contient une quantité importante d'acides aminés. Ainsi, elle possède une action dépurative pour l'organisme, car elle favorise l'élimination des toxines. (femininbio. 2017)

Riche en fibres solubles, l'avoine faciliterait la digestion des aliments, le transit au niveau des intestins et éviterait donc les problèmes de constipation. (femininbio. 2017)

Le bêta-glucane d'avoine ralentit la hausse du taux de glycémie après un repas. De plus, avec un IG (index glycémique) moyen (de 60/65 environ), ce serait la céréale idéale du petit-déjeuner. (femininbio. 2017)

Les flocons d'avoine ont aussi pour avantage de réduire la faim grâce à un indice élevé de satiété. De plus, pour 100g on trouve environ 350 calories, c'est moins que la plupart des céréales petit-déjeuner. C'est donc un aliment que l'on peut privilégier dans le cadre d'un régime. (femininbio. 2017)

L'avoine est aussi riche en antioxydants. Elle pourrait ainsi aider à assouplir et à la cicatrisation de la peau. Elle est donc particulièrement recommandée en cas de peaux sèches, déshydratées, voire même en cas d'eczéma. Astuce beauté : il est possible de réaliser un bain à l'eau d'avoine et/ou un masque avec des flocons d'avoine. (femininbio. 2017)

Riche en vitamines : l'avoine est un trésor naturel de vitamine E, et de toutes les vitamines du groupe B qui regorgent de bienfaits (principalement la vitamine B1, B5, et B6). (amelioresasante.com 2018)

Forte teneur en minéraux : que sont nécessaires, comme le magnésium, le potassium, le calcium, et le zinc. (amelioresasante.com 2018)

Riche en hydrate de carbone complexe : qui est indispensable à notre santé et au maintien d'une bonne qualité de vie.

Une des qualités de l'avoine qu'il ne faut pas oublier c'est que ses hydrates de carbone sont lentement absorbés par le corps. Cela veut dire que l'avoine est facile à digérer et qu'elle nous procure une sensation de satiété, ce qui la rend parfaite pour suivre un régime. (amelioresasante.com 2018)

I. Bactéries lactiques

Le terme de bactéries lactiques est intimement associé aux bactéries impliquées dans la fermentation des aliments pour l'homme et l'animal et produisent de l'acide lactique. La première culture pure était des *Bacterium lactis* – probablement des *Lactococcus lactis*, obtenus par Lister en 1873. Historiquement, les genres *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* et *Streptococcus* ont été les premiers à être décrits. D'un point de vue technologique, les genres cités ci-après sont considérés comme les principaux des bactéries lactiques : *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*, et *Weissella* (Klein et al., 1998 ; Guiraud et al., 2003; Axelsson, 2004; Limsowtin et al., 2004).

1. Présentation des bactéries lactiques

Décrites pour la première fois par Orla-Jensen au début du XX^e siècle, les bactéries lactiques constituent un groupe hétérogène, qui n'est pas clairement défini du point de vue taxonomique.

Elles rassemblent en effet un certain nombre de genres qui se caractérisent par la production, liée à un métabolisme exclusivement fermentaire, de quantités importantes d'acide lactique à partir des sucres. La fermentation est dite : homolactique si l'acide lactique est pratiquement le seul produit formé et hétérolactique si d'autres composés sont aussi présents (acide acétique, éthanol, CO₂ .etc.) (Leveau et Bouix, 1993; Pilet et al., 2005).

Elles sont à Gram positif, généralement immobiles, asporulées, catalase négative, oxydase négatives généralement nitrate réductase négative, ce sont des bactéries anaérobies facultatives. Elles ont des exigences nutritionnelles complexes pour les acides aminés, les peptides, les vitamines, les sels, les acides gras et les glucides fermentescibles (Dellaglio et al., 1994 ; Hogg, 2005).

2. Habitat et origine des bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont très fréquentes dans la nature. Elles se trouvent généralement associées à des aliments riches en sucres simples. Elles peuvent être isolées du lait, du fromage, de la viande, des végétaux ou des alimentsensemencés par les végétaux. Elles se développent avec la levure dans le vin, la bière et le pain. Quelques espèces colonisent le tube digestif de l'homme et des animaux (**Leveau** et **Bouix**, 1993 ; **Hassan** et **Frank**, 2001).

3. Classification

La systématique est en évolution permanente. Il n'y a jamais eu de règles unanimement reconnues sur la façon dont deux bactéries différentes devraient être phénotypiquement classées. Par exemple, quelles caractéristiques sont importantes dans la définition des sous-espèces, des espèces et du genre ? La littérature scientifique suit généralement les recommandations des comités de taxonomie qui opèrent sous les auspices de l'Union Internationale de Sociétés Microbiologiques (**Sneath**, 2001).

La première classification des bactéries lactiques a été établie en 1919 par Orla-Jensen. Elle est basée sur les caractéristiques observables telles que les propriétés morphologiques, biochimiques et physiologiques. Les marqueurs chimiotaxonomiques, comme la composition des acides gras et les constituants de la membrane cellulaire, ont été également utilisés pour la classification (**Krieg**, 2001).

Les nouveaux outils pour l'identification et la classification des bactéries lactiques remettent couramment et/ou complètent les méthodologies traditionnelles basées sur les phénotypes. La classification s'appuie sur des données moléculaires comme la comparaison des séquences codant pour les ARN16S ribosomiques ...

D'après **Ludwig** et *al.* (2008), le phylum *Firmicutes* comprend trois classes: *Bacilli*, *Clostridia* et *Erysipelotrichi*. Appartenant à la classe *Bacilli*, les bactéries lactiques sont divisées en trois familles :

- Famille des *Lactobacillaceae* comportant les *Lactobacillus*, *Paralactobacillus* et *Pediococcus*.
- Famille des *Leuconostocaceae* contenant les *Leuconostocs*, *Oenococcus* et *Weissella*.
- Famille des *Streptococcaceae* comprenant les *Streptococcus*, *Lactococcus* et *Lactovum*.

Les révisions taxonomiques des bactéries lactiques montrent que ces dernières peuvent comprendre environ une quarantaine de genres.

3.1 Streptocoques et autres coques lactiques

Les genres *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Streptococcus* et *Vagococcus* étaient précédemment inclus dans un seul genre : *Streptococcus*. Ce sont des coques en paire ou en chaîne, Gram +, catalase (-), non sporulés, immobiles et anaérobies facultatifs. Historiquement, la différenciation sérologique de Lancefield était importante dans la classification des streptocoques. A l'heure actuelle, cette méthode est moins appréciée dans la classification, mais elle reste toujours utile dans l'identification rapide de la plupart des bactéries pathogènes. Dans l'industrie alimentaire, certaines souches de *Streptococcus* et *Lactococcus* sont utilisées notamment comme agent d'acidification et de coagulation lactique en fromagerie, en salaison et dans la fabrication de yaourts.

❖ *Streptococcus*

Famille VI : Streptococcaceae

Genre I : *Streptococcus*

Le genre streptococcus au sens propre, composé d'un grand nombre d'espèces pathogènes ou saprophytes chez l'homme et chez les animaux d'élevage, provoquant la suppuration et transmissible par voie orale ; les plus représentatives sont *Streptococcus thermophilus* qui comme son nom l'indique peut coloniser la bouche de l'homme (caries, abcès dentaires) et *Streptococcus thermophilus*, non pathogène, qui au contraire est la seule bactérie du genre *Streptococcus* remplissant un rôle utile, car c'est l'un des deux ferments lactiques traditionnels de la fabrication des yaourts (l'autre étant *Lactobacillus delbrueckii* subsp.

bulgaricus), de surcroît elle intervient dans l'acidification des caillés de fromages à pâte cuite et dans la maturation de ces derniers (comme son nom l'indique, c'est un microorganisme thermophile) (Axelsson et al., 2004).

❖ Lactococcus

Famille VI : Streptococcaceae

Genre II : *Lactococcus*

Les lactocoques sont étroitement associées aux produits laitiers, mais seuls les *Lactococcus lactis* sont actuellement utilisés dans la technologie laitière (Teubet et al., 1995). *Lactococcus garviae* sont souvent associés à la mastite bovine et à la lactococcose des poissons. Trois sous-espèces de *la. lactis* peuvent être distinguées : *La. lactis* SSP. *lactis*, *La. lactis* SSP. *Cremoris* et *la. lactis* SSP. *Hordniae*. Seules les deux premières sont importantes dans la fabrication des produits laitiers. Les *La. lactis* SSP. *lactis* incluent les espèces qui étaient autrefois désignées *sp. lactis* SSP. *lactis*, *sp. lactis* SSP. *diacetylactis* et *Lactobacillus xylosus* (Schleifer et al., 1987). Le groupe *la. lactis* SSP. *Cremosis* comporte les espèces précédemment désignées *sp. cremoris* ou *sp. lactis* SSP. *Cremoris* qui se différencient de *la. lactis* SSP. *lactis* par l'incapacité à croître à 40 °C, mais peuvent se développer dans un milieu à 4 % NaCl, peuvent hydrolyser l'arginine et fermenter le ribose. Les sous-espèces *lactis* et *cremoris* de *la. lactis* sont également séparées par les études d'homologie ADN – ADN et de comparaison des séquences des ARNr 16S.

Les caractéristiques biochimiques (par exemple l'utilisation des sucres) peuvent être utilisées pour distinguer les espèces de lactocoques ainsi que les méthodes génétiques (Axelsson et al., 2004).

❖ **Vagococcus**

Famille IV : Enterococcaceae

Genre II : *Vagococcus*

Les espèces du nouveau genre *Vagococcus* sont facilement confondues avec les lactocoques au niveau morphologique, mais ces deux genres sont clairement distincts par leur composition en acides gras. Certaines espèces de *Vagococcus* sont mobiles (**Teixeira et al.**, 1999). Les amorces d'oligonucléotides spécifiques à ce genre et ses espèces sont disponibles, ce qui rend l'identification des bactéries de ce genre fiable et réalisable (**Ammor et al.**, 2005 ; **Endo et al.**, 2005).

3.2. Lactobacilles et autres bactéries lactiques

❖ **Lactobacillus**

Famille I : Lactococcaceae

Genre I : *Lactobacillus*

Le genre *Lactobacillus* est le genre principal de la famille des Lactobacillaceae. Il contient de nombreuses espèces qui sont des agents de fermentation lactique intervenant dans de nombreuses industries ou qui sont rencontrées comme contaminants.

Il s'agit de bacilles souvent allongés, Gram +, non sporulés, parfois groupés en paires ou en chaînes, généralement immobiles. Ils sont catalase (-) (certains ont une pseudo-catalase, mais sont benzidine (-), micro-aérophiles ou anaérobies. Ils ont un métabolisme fermentaire produisant de l'acide lactique. Certaines espèces sont homolactiques, d'autres, hétérolactiques, produisant des acides volatils, de l'éthanol et du CO₂ en plus de l'acide lactique.

Les lactobacilles homofermentaires stricts (par exemple les *Lb. bulgaricus*) utilisent la voie de la glycolyse ; les pentoses et le gluconate ne sont pas fermentés. Parmi les hétérofermentaires, certains sont facultatifs (*Lb. casei*) : ils utilisent la glycolyse ou le cycle des pentoses ; les pentoses et le gluconate sont fermentés par l'intermédiaire de ce dernier. Les hétérofermentaires stricts (*Lb. brevis*) n'utilisent que le cycle des pentoses. Les lactobacilles exigent pour leur développement des milieux bien adaptés tels que le milieu

MRS, riches en acides aminés, en vitamines et en acides gras : ils sont acidophiles. Ils sont généralement peu protéolytiques et peu lipolytiques.

Le genre *Lactobacillus* a été subdivisé par **Orla Jensen** (1919) en trois groupes et cette classification est encore utilisée en milieu industriel :

- Groupe I ou “*Thermobacterium*” :

Il comprend les lactobacilles homofermentaires stricts, la plupart étant thermophiles, qui se développent à 45 °C, mais pas à 15 °C. Les espèces les plus fréquentes dans l'alimentation (lait, yaourts, fromages par exemple) sont *Lb. helveticus*, *Lb. jugurti*, *Lb. bulgaricus*, *Lb. lactis*, *Lb. acidophilus*, *Lb. leichamii*, *Lb. delbrueckii*, *Lb. kefirifaciens*, *Lb. mali*,...

- Groupe II ou “*Streptobacterium*” :

Il regroupe les lactobacilles hétérofermentaires facultatifs mésophiles qui se développent à 15 °C ces bactéries fermentent les pentoses par la voie hétérofermentaire et les hexoses par la voie homofermentaire. Il comporte les *Lb. casei* qui sont les lactobacilles prédominants du lait, les *Lb. plantarum* rencontrés dans la choucroute, les *Lb. curvatus*, *Lb. sake*, *Lb. acetotolerans*, *Lb. graminis*, *Lb. rhamnosus*,...présents dans diverses matrices alimentaires végétales et animales.

- Groupe III ou “*Betabacterium*”:

Il comprend les lactobacilles hétérofermentaires strictes. Les espèces les plus fréquentes dans l'alimentation sont *Lb. fermentum*, *Lb. buchneri*, *Lb. brevis*, *Lb. fructivorans*, *Lb. hilgardii*, *Lb. sanfrancisco*,...

4. Ferments lactiques et utilisations en agroalimentaire

De nombreuses espèces microbiennes sont utilisées dans la fabrication des produits laitiers variés : laits fermentés, crème, beurs et fromages. Ces germes utiles sont à l'origine des modifications des produits et notamment leur qualité organoleptique.

En technologie laitière, on s'efforce de choisir les espèces et les souches des bactéries lactiques en fonction de leurs propriétés de telle sorte que celles-ci permettent au mieux les transformations souhaitées et donnent aux produits les caractères physico-chimiques recherchés (**Lenoir et al.**, 1992).

5. Fonctions des ferments lactiques

Le champ d'application des bactéries lactiques est large et plusieurs de leurs propriétés sont importantes et influentes sur la qualité finale des produits alimentaires. Il permet d'assurer la qualité sensorielle des produits et de mieux maîtriser le processus de fermentation (**Muthukumarasamy** et *al.*, 2006 ; **Casaburi** et *al.*, 2007).

Certaines souches présentent un activité antibactérienne et l'application de souches lactiques bactériocinogéniques peut être considérée comme un outil complémentaire pour prévenir le développement des bactéries pathogènes (**Erkkilä** et *al.*, 2001 ; **Nieto- Lozano** et *al.*, 2002 ; **Dicks** et *al.*, 2004 ; **Todorov** et *al.*, 2007).

5.1 Aptitudes technologiques

5.1.1 Aptitude acidifiante

La fonction acidifiante constitue la propriété métabolique la plus recherchée des bactéries lactiques utilisées dans les industries alimentaires. Elle se manifeste par la production de l'acide lactique à partir de la fermentation des hydrates de carbone au cours de la croissance bactérienne (**Mäyrä- Mäkinen** et **Bigret**, 2004 ; **Monnet** et *al.*, 2008).

Les conséquences, d'ordre physico-chimique et microbiologique, peuvent se résumer ainsi par **Béal** et *al.* (2008) :

- ✓ Accumulation d'acide lactique participant à la saveur des aliments fermentés
- ✓ Abaissement progressif du pH des milieux de culture et des matrices alimentaires
- ✓ Limitation des risques de développement des flores pathogène et d'altération dans les produits finaux
- ✓ Déstabilisation des micelles de caséines, coagulation des laits et participation à la synérèse.

Pour un ferment donné, il s'agit de permettre une vitesse d'acidification élevée et/ou d'atteindre un niveau d'acidité finale prédéfinie. Le niveau d'acidité dépend des spécifications du produit, lesquelles vont conditionner le choix des souches (**Monnet** et *al.*, 2008).

5.1.2 Aptitude aromatisant

En plus de l'acide lactique, la fermentation lactique libère un certain nombre de composés secondaires tel que l'acide formique, l'éthanol, l'acide acétique, le diacétyle, l'acétoïne, l'acétaldéhyde, le gaz carbonique (**Tamime et Deeth**, 1980). Parmi ces composés certains participent au développement de la saveur et l'arôme des produits laitiers dont l'exemple type est le yaourt où l'acétaldéhyde représente l'élément majeur de l'arôme caractéristique du yaourt (**Zourari et al.**, 1992).

L'acétaldéhyde est produit par deux espèces classiques du yaourt, mais essentiellement par *Lb. bulgaricus*. L'acétaldéhyde provient de la transformation d'un acide aminé : la thréonine (**Accolas et al.**, 1980 ; **Tamimar et Deeth**, 1980, et **Marshall et al.**, 1983).

5.1.3 Aptitude texturant

Certaines souches de bactéries lactiques produisent des polysaccharides. Ces derniers donnent un aspect filant aux produits laitiers et augmentent la viscosité du produit fini (**Cerning et al.**, 1990).

Dans le cas du yaourt, les polysaccharides sont représentés essentiellement par le galactose et le glucose, l'addition de caséine dans le lait stimule la synthèse de ces agents apaisants (**Goncel et Novel**, 1994).

5.1.4 Aptitude protéolytique

Les bactéries lactiques représentent un potentiel enzymatique de large spécificité : les protéases qui hydrolysent les caséines et les peptidases (endopeptidases et exopeptidases) qui dégradent les peptides résultant de la dégradation des protéines (**Acolas et al.**, 1980 et **Desmazeaud**, 1991).

Lb. bulgaricus possède une activité protéolytique importante par rapport à *Sc. Thermophilus* du fait que la caséine du lait est dégradée par *Lb. bulgaricus* en libérant des peptides de petit poids moléculaire. Ces derniers seront dégradés par la suite en tri et en dipeptides ou en acides aminés par *Streptococcus thermophilus* (**Amoroso et al.**, 1988, et **Dellaglio**, 1989).

6. La synergie des ferments du yaourt

Lactobacillus delbrueckii SSP. *bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* sont traditionnellement utilisés pour la fabrication du yogourt. On dit qu'une relation symbiotique existe entre eux, ce qui diminue le temps de fermentation (**Horiuchi** et **Sasaki**, 2012). L'interaction entre ces deux bactéries dans un levain lactique est décrite par le terme écologique de protocoopération. La protocoopération est la base pour la création de la relation symbiotique entre les deux espèces (*S. thermophilus* et *Lb. bulgaricus*) et un métabolisme combiné avec des effets positifs sur le produit fermenté (**Angelov** et al. 2009).

Dans une protocoopération, chaque espèce produit une ou plusieurs substances, absentes initialement du milieu de culture, qui stimulent la croissance de l'autre espèce. Au cours de la symbiose observée dans le yoghourt, les phases de croissance des deux espèces sont décalées dans le temps. En effet, on assiste, dans une première phase, principalement à la croissance de *Streptococcus thermophilus*. Dans un deuxième temps, celle-ci est ralentie du fait de l'effet inhibiteur de l'acide lactique produit, alors que le taux de croissance de *Lactobacillus delbrueckii* SSP. *bulgaricus* augmente (**Rasic** et **Kurmann**,1978).

L'interaction indirecte positive observée s'explique en grande partie par des exigences nutritionnelles des deux bactéries. Les lactobacilles présentent une activité protéolytique plus importante que les streptocoques (**Rajagopal** et **Sandine.**, 1990). Ils libèrent ainsi dans les milieux des petits peptides, des acides aminés et à un moindre degré, des vitamines solubles et des bases puriques et pyrimidiques (**Abu-tarboush**, 1996), qui sont alors utilisées par *Streptococcus thermophilus* (**Radke-Mitchell** et **Sandine**, 1984). En retour, *Streptococcus thermophilus* fournit de l'acide formique ((**Bottazzi** et al.,1971 ; **Perez** et al.,1991 ; **Veringa** et al.,1968) nécessaire à la synthèse des bases puriques (xanthine, adénine et guanine), et donc des acides nucléiques de *Lactobacillus bulgaricus* (**Letord** ,2001 ; **Suzuki** et al.,1986). Selon **Ascon-Reyes** et **Drissen** , le streptocoque produit également du dioxyde de carbone qui stimule la croissance des lactobacilles (**Ascon-Reyes** et al. ; 1995, **Drissen** et al.,1982) . Ce CO₂ est issu de la décarboxylation de l'urée, sous l'action d'une uréase présente chez la majorité des souches de *Streptococcus thermophilus* (**Juillard** et al. ,1988). En effet, chacune des deux espèces produit de l'acide lactique qui va inhiber la croissance de l'autre espèce. Toutefois, en 1995 **Benthin** et al. ont montré que l'isomère L de l'acide lactique, produit par *Streptococcus thermophilus* serait plus fortement inhibiteur que l'isomère D, pour le développement de *Lactobacillus bulgaricus*.

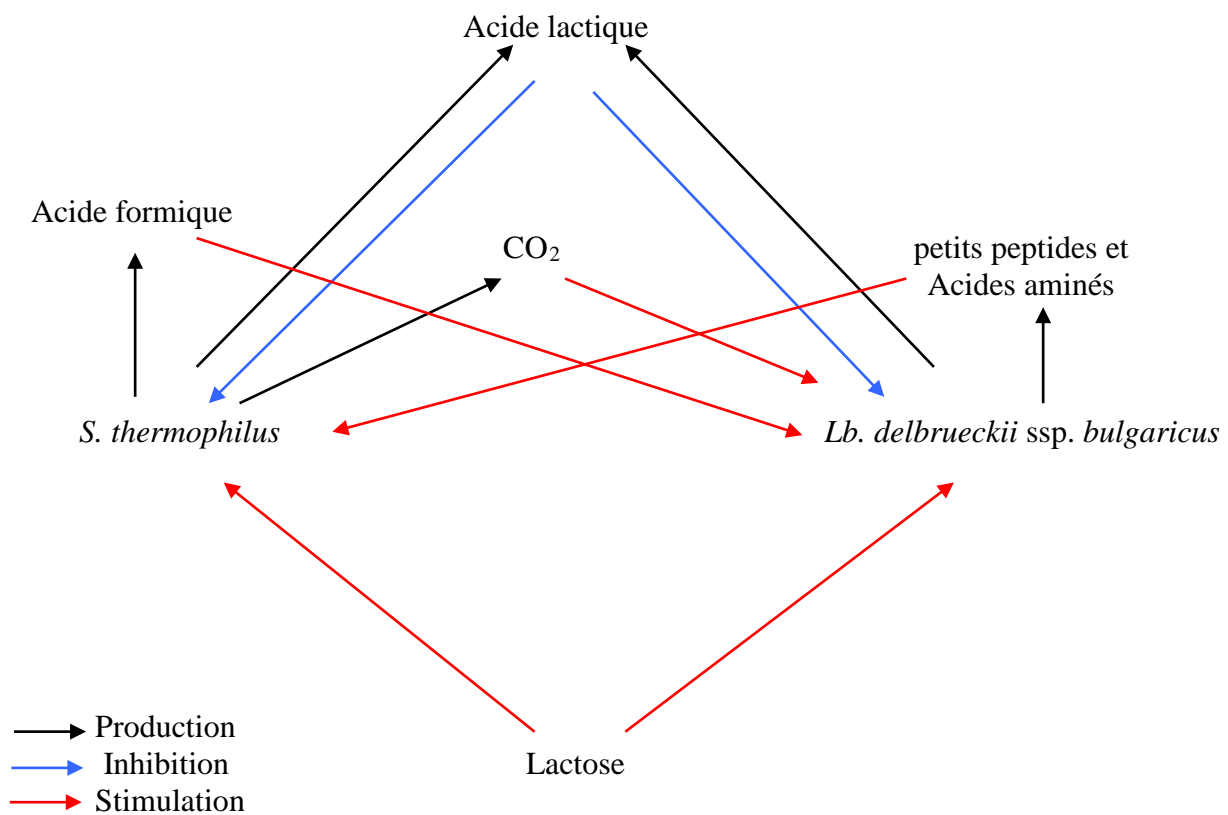


Figure n°2: Schéma des interactions métaboliques de *S. thermophilus* et *Lb. delbrueckii* SSP. *bulgaricus* en culture mixte dans le lait (Jeantet et al. ,2008)

Notre étude a été réalisée au niveau des laboratoires suivants :

- Laboratoire pédagogique de l'université Abdelhamid ben badis Mostaganem
- Laboratoire du contrôle de qualité de la laiterie Arib, la wilaya d'Ain defla

Objectifs du notre travail

La population Algérienne présente un déficit de consommation en fibre alimentaire. Ce qui peut causer des troubles digestives et d'autres anomalies intestinales.

C'est dans ce contexte que s'insère notre étude qui vise un enrichissement de certain produit pauvre en fibre alimentaire en céréales qui peuvent apporter ce déficit et ne pas altérer aux qualités gustatives des produits.

L'objectif de l'évaluation sensorielle est d'adapter le taux d'avoine idéal afin de ne pas altérer les caractéristiques organoleptiques (couleur, odeur, saveur et texture) du produit fini. Nous avons appliqué le test de classement qui fournit des informations relatives sur la préférence ou l'acceptabilité des produits. Il permet d'enregistrer les préférences des consommateurs entre différents taux et de classer ces derniers les uns par rapport aux autres.

Matériels et Méthodes

1. Matériels

1.1. Matériel biologique

Constitué par :

- Les matières premières :

Farine d'avoine, flocon d'avoine, la poudre de lait, sucre et l'eau de procès.

- Les produits finis :

Un yaourt témoin et un yaourt incorporé de l'avoine à différents taux.

1.2. Matériel non biologique

Le matériel non biologique représenté par la verrerie, les appareillages, et les réactifs (voire en annexes).

2. Méthodes d'analyses

2.1. Échantillonnage et prélèvements

Un échantillonnage correct est une opération qui demande le plus grand soin qui doit être effectué de manière à obtenir des échantillons représentatifs du produit.

Les échantillons destinés aux examens microbiologiques doivent être prélevés en premier, en utilisant des techniques aseptiques et des matériels et récipients qui doivent être propres et stérilisés avant usage, le récipient pour échantillon doit être fermé immédiatement après échantillonnage.

Le matériel d'échantillonnage des produits destinés aux examens physico-chimiques doit être propre, sec et sans influence sur les différentes propriétés, à savoir l'odeur, la flaveur, la consistance ou la composition du produit (**Norme internationale ISO, 1981**).

2.1.1. Mode de prélèvement

A. Matières premières

▪ Eau de procès

La première étape du prélèvement de l'eau de procès consiste évidemment à nettoyer le robinet, le désinfecter de préférence à la flamme (flambeau), et laisser couler une certaine quantité de liquide avant de faire le prélèvement, ce dernier s'effectue en soutirant une quantité suffisante de liquide dans un flacon stérile.

- **Avoine**

- ◆ **Choix des variétés**

L'étude a porté sur deux variétés de céréales, locale et importée, une variété d'avoine locale (appartienne à l'espèce *Avena algeriensis* Trab.) fournit par un agriculteur. Cette variété a été cultivée en milieu producteur récolté lors de la campagne 2016-2017, le choix s'est porté sur des céréales n'ayant pas subi de traitement chimique, et stocké dans des bonnes conditions (HR et T)

-flocon d'avoine importé, cultivé et transformé en Allemagne : la graine d'avoine est cuite à la vapeur et aplatie, elle est ronde et plate.

Le choix de ces deux variétés se justifie par :

- L'importance de leurs valeurs nutritionnelles
- L'importance de leur richesse en fibres alimentaires.



Figure n°4 : flocon d'avoine importé
(Photographie originale)



Figure n°3 : avoine locale
(Photographie originale)

- **Poudre de lait**

La poudre de lait est entreposée dans un hangar à température ambiante, protégée sur des plaques en bois pour éviter tout contact avec le sol et donc éviter son altération. Cette poudre est conditionnée dans des sacs en polyéthylène de 25 kg. Les analyses ont porté sur 3 sacs du même lot. Les sacs sont ouverts à l'aide d'un cutter, ce dernier est bien nettoyé à l'alcool et flambée, après avoir ouvert les sacs, la couche superficielle de la poudre est coulée au moyen d'une spatule stérilisée par flambage ; en se servant d'un piston métallique stérile, et donc les échantillons de la poudre de lait à analyser sont prélevés en se rapprochant le plus possible du centre de la masse. Les échantillons sont recueillis dans des boîtes de Pétri, et l'analyse s'effectue sur un échantillon résultant du mélange des trois échantillons prélevés.

L'analyse microbiologique s'effectue juste le jour du prélèvement des échantillons et l'examen physicochimique se fait après quelques heures (pas plus de 24h).

- **Sucre**

Les prélèvements du sucre ont été effectués selon la même méthode que celle utilisée dans le cas de la poudre de lait. La prise d'essai est prélevée aseptiquement à partir de deux sacs de 50 kg pris au hasard.

- **Produit fini**

La surface des couvercles (papier d'aluminium) des pots est désinfectée par l'alcool, l'ouverture des pots et le prélèvement de l'échantillon se font aseptiquement dans une zone stérile près de la flamme du bec benzène.

2.2. Analyses physicochimiques

Les analyses physicochimiques ont pour but de déterminer la stabilité et la consistance d'un produit afin de conserver ses caractéristiques nutritionnelles, vitaminiques et organoleptiques, il présente l'avantage de signaler les erreurs de fabrication puis renseigne les remèdes possibles à appliquer.

Les paramètres étudiés dans l'analyse physicochimique sur les différents produits sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau III : paramètres étudiés dans l'analyse physicochimique sur les différents produits

Échantillons Analyses	Eau de Procès	Avoine	Poudre de lait	Sucre	Produit Fini
Humidité	-	+	+	+	-
Matière minérale	-	+	-	-	-
Cellulose brute	-	+	-	-	-
Azote	-	+	-	-	-
Matière grasse	-	+	+	-	+
Protéines	-	+	-	-	-
Alcalinité (TA, TAC), TH	+	-	-	-	-
Ph	+	-	-	-	+
Extrait sec	-	-	-	-	+
Acidité	-	-	+	-	+

+ : présence d'analyse

- : absence d'analyse

2.2.1. Eau de procès

❖ **Détermination du pH (Norme AFNOR: NF T01-013,1974)**

Les deux sondes du pH-mètre sont plongées dans notre produit, et lire directement la valeur indiquée sur l'appareil du pH-mètre.

NB:

La détermination des paramètres physicochimiques de l'eau de procès a été réalisée par des méthodes recommandées par l'unité Arib.

❖ **Détermination de l'alcalinité (TA, TAC)**

Le titre alcalin ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes et de la demi-concentration en ions carbonates (**Hakmi**, 1994).

Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, la demi-concentration en ions carbonates et le bicarbonate (**Hakmi**, 1994).

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + 1/2 [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

La détermination de ces deux paramètres est basée sur la neutralisation d'un certain volume de l'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

Le mode opératoire et l'expression des résultats se font de la manière suivante:

❖ **Détermination du TA (Titre Alcalimétrique)**

Dans un bécher, 100ml d'eau à analyser sont prélevés, ensuite 2 gouttes de phénol phtaléine (indicateur coloré) sont ajoutées.

Une coloration rose doit se développer ; dans le cas contraire (pas de coloration) la valeur de TA=0, en cas de coloration rose; l'acide sulfurique est versé doucement à l'aide d'une burette, en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution.

S'il n'y a pas de coloration, la valeur de TA=0, si non V est le volume de l'acide sulfurique nécessaire pour la décoloration de la solution qui est exprimée en degré français (F°), où V/5 exprime le titre alcalimétrique en milli équivalent gramme par litre.

$$\text{TA} = \text{V}$$

TA: Le titre alcalimétrique exprime en degré français (F°).

V: le volume d'acide sulfurique en ml pour obtenir le virage.

❖ **Détermination du TAC (Titre Alcalimétrique Complet)**

L'échantillon traité précédemment est utilisé pour cette analyse, on ajoute 2 gouttes de méthyle orange, ensuite l'échantillon est titré de nouveau avec l'acide sulfurique à 0,002N jusqu'au virage du jaune au jaune orangé (pH=4,3), soit V` le volume l'acide sulfurique à 0,002 N versé depuis le début du dosage.

$$\text{TAC} = \text{V`}$$

TAC: titre alcalimétrique complet en (°F).

V` : volume de l'acide sulfurique en ml versé depuis le début du dosage.

Le résultat du TAC est donné par lecture directe sur la burette du volume de l'acide sulfurique utilisé pour titrage

❖ **Détermination de la dureté de l'eau TH (Titre Hydrométrique)(NA-1655,1994)**

Le titre hydrométrique (TH) indique la teneur totale de l'eau en sel de calcium et magnésium, la dureté d'une eau est proportionnelle au nombre total d'atomes de calcium et de magnésium qu'elle renferme (**Lauze, 2002**).

$$\text{TH} = [\text{Ca}^{+2}] + [\text{Mg}^{+2}]$$

Le principe consiste à doser un échantillon d'eau avec l'acide éthylène-diamine-tétra-acétique(EDTA) en présence de noir ériochrome comme indicateur coloré dans un milieu tampon.

Le mode opératoire ainsi que l'expression des résultats sont expliqués ci-dessous:

On introduit 100 ml d'eau à analyser et on les transfère dans un Erlenmeyer de 250 ml .Puis, on ajoute 10 ml de la solution tampon ammoniacal « pH=10».

Ensuite on additionne 2 gouttes de noir ériochrome.

- ✓ Si la coloration vire au bleu, TH= 0.
- ✓ Si la coloration vire vers le violet, on titre avec la solution EDTA (0,02N) jusqu'à coloration bleue.

Le volume de l'EDTA correspond au titre hydrométrique (TH) exprimé en degré français «°F».

$$\text{TH (°F)} = V$$

2.2.2. Avoine

A. Méthode d'obtention la farine d'avoine à partir des grains d'avoine

➤ Nettoyage de l'avoine

Le nettoyage a été réalisé manuellement, il a pour but d'enlever toutes les impuretés telles que:

- Les corps étrangers aux céréales comme la paille, les pierres...etc.
- Et aussi les graines étrangères céréales d'autres céréales comme le blé, l'orge etc.
- Éliminer les graines germées et les graines pourries.

➤ **Mouture**

Le but de la mouture est d'obtenir le maximum de farine extraite de l'amande farineuse présente dans le grain.

La mouture consiste en une série d'opérations de broyage entre cylindres, suivant un classement des produits.

La mouture effectuée sur nos échantillons est faite d'une manière ultra intense qui a pour but d'obtenir la farine voulue.

➤ **Séparation**

Cette phase aboutit à la séparation des enveloppes et des particules par tamisage.

Le produit issu de la mouture doit subir deux séries de tamisage avant l'obtention de la farine : (voire annexe)

1_ tamisage manuel à diamètre 450 µm pour les fragments moyens

2_ tamisage manuel à diamètre 180 µm pour la farine exigée.

B. Analyses physicochimiques de l'avoine

❖ **Dosage de l'humidité (Méthode internationale ISO-712, 1979)**

La détermination de l'humidité conditionne la précision des résultats du fait qu'elle permet de rapporter les résultats à la matière sèche.

➤ **Principe**

La teneur en eau est déterminée après séchage du produit à une température comprise entre 130 et 133°C, pendant 1h30 à la pression atmosphérique.

Les résultats s'expriment en pourcentage:

$$\text{Teneur en eau}\% = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \times 100$$

Où :

m₀: masse de la prise d'essai (en gramme).

m₁: masse de la prise d'essai après étuvage(en gramme)

❖ Détermination de la teneur en cendres (Norme AFNOR NFV 03-720,1981)

La connaissance de la teneur en matières minérales (ou teneur en cendres) permet aux meuniers de régler leurs moulins et de déterminer les taux d'extraction des farines. Elle est utilisée pour déterminer le degré de pureté réglementaire des farines. Il est préconisé d'utiliser la méthode par incinération à 900°C pour les céréales et leurs produits de mouture destinés à l'alimentation humaine.

➤ Principe

Le principe repose sur l'incinération du produit dans une atmosphère oxydante à une température de 900°C (céréales et produits de mouture) jusqu'à combustion complète de la matière organique durant 1h15 min à 2 heures. La teneur en cendre est déterminée par la pesée du résidu et les résultats sont exprimés à 0,01% près et rapportés à la matière sèche.

Teneur en cendre(%)

$$C (\%) = \frac{M1}{M0} \times 100 \times \frac{100}{100-H}$$

Où :

m₀: masse de la prise d'essai (en gramme)

m₁: masse du résidu (en gramme)

H : teneur en eau du produit (%).

❖ Détermination de la teneur en matière grasse :(NormeNFV03-713, 1980)

Le principe consiste à extraire les lipides libres par un solvant organique apolaire tel qu'éther de pétrole à la température du laboratoire pendant une durée de 3heures dans un soxhlet. L'épuisement de l'échantillon est terminé au bout de trois heures et le solvant contenu dans le ballon préalablement taré est distillé à l'aide d'un évaporateur rotatif sous vide. La différence du poids constitue la matière grasse.

La teneur en matières grasses totales, exprimées en masse du produit tel quel est égale à:

$$S = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100$$

Où:

m_0 : est la masse, en grammes, de la prise d'essai

m_1 : est la masse, en grammes, du ballon

m_2 : est la masse, en grammes, du ballon et du résidu

❖ **Dosage des protéines**

Méthode KJELDAHL

L'azote total est dosé selon la méthode KJELDAHL, appliquée aux céréales et normalisée en Algérie sous la référence NA1185/1990. Elle permet une évaluation de la teneur en protéines par utilisation du facteur de conversion adéquat (5.7 pour protéine d'origine végétale).

Le dosage de l'azote permet donc de donner une idée sur la qualité nutritionnelle et technologique de l'avoine.

➤ **Principe**

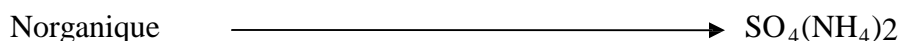
Ce dosage comprend 4 étapes:

- ◆ Une minéralisation de l'azote organique contenu dans la prise d'essai en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique concentré, à chaud, en présence d'un catalyseur approprié.
- ◆ Alcalinisation des produits de la réaction par addition d'une quantité suffisante d'hydroxyde de sodium.
- ◆ Distillation de l'ammoniac libéré et titrage.
- ◆ Conversion du résultat en le multipliant par le facteur 5,7.

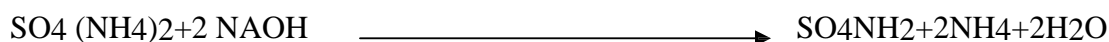
➤ **Mode opératoire**

Peser à 1 mg près 1 g de l'échantillon, et l'introduire dans un matras à minéralisation 2g de catalyseur (10 g de CuSO_4 , 50 g de K_2SO_4 , 1 g de Se), 20 ml d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4), homogénéiser le contenu du tube et placer le matras dans un logement du bloc chauffant pendant une durée de 4 heures jusqu'à limpidité totale de la solution (changement de couleur en verre).

La minéralisation permet la transformation de l'azote organique, en sulfate d'ammonium, sous l'action de l'acide sulfurique concentré à chaud en présence du catalyseur



Après refroidissement du matras contenant la solution limpide obtenue, y ajouter 100 ml d'eau distillée, puis refroidir à nouveau; 80 ml de solution d'hydroxyde de sodium à 33% sont versés dans le matras une fois que l'appareil à distiller est prêt à fonctionner; au cours de la distillation, l'azote ammoniacal est entraîné par la vapeur d'eau et recueillie et l'indicateur coloré (0,125 rouge de méthyle + 0,1875g de bromocresol + 250 ml d'éthanol à 95°).



Après 4 min de distillation, on constate un virage de la couleur rouge au bleu.

Le titrage s'effectue à l'aide d'une solution sulfurique titrée N/10 contenue dans la burette de précision, jusqu'au virage rose de la solution distillée.



Expression des résultats

La teneur en protéine rapportée à la matière sèche se calcule d'après la relation suivante :

$$\text{Protéines(\%)} = \frac{0,0014 \times V \times 100}{n} \times \frac{100}{100-H} \times 5,7$$

Où:

n: masse(g) de la prise d'essai des grains d'avoine;

V : volume (ml) d'acide sulfurique versé pendant le titrage;

H: teneur en eau du produit.

❖ Détermination de la teneur de la cellulose brute selon (Norme NFV O3-040, 1977)**Méthode de WEENDE (1953)**

Weende ne comprend pas seulement la cellulose, mais aussi quelques impuretés d'où son appellation cellulose brute. La méthode de Weende solubilise en effet 30 à 100% de la cellulose, de 14 à 20% de pentosanes et de 16 à 50% de la lignine selon le matériel végétal analysé.

➤ Principe

L'échantillon est soumis à deux hydrolyses (30 min chacune) en milieu acide et alcalin. Après neutralisation, le résidu insoluble est lavé, séché à poids constant à 105°C. Le produit obtenu est incinéré dans un four à moufle à 600°C et pesé. La différence entre les deux pesées représente la matière cellulosique brute.

➤ Mode opératoires

On pèse 1g d'échantillon dans un creuset en porcelaine puis on le place sur l'appareil de Weende. Puis on verse 150 ml d'acide sulfurique concentré préchauffé, on ajoute 2 à 3 gouttes d'anti-mousse dans chaque colonne. On arrête le chauffage après 30 min d'ébullition. On rince rapidement chaque creuset avec de l'eau distillée très chaude et avec un peu de solution basique (KOH). Ensuite on réalise la deuxième attaque basique en versant 150 ml de solution préchauffée de KOH. On laisse une deuxième fois le liquide passer sur un nouveau

filtre ambiant. On rince aussi 5 fois avec de l'eau distillée chaude et quelquefois à l'acétone jusqu'à l'élimination des matières grasses.

On met les creusets à l'étuve à 150°C pendant 3 heures. Après refroidissement, on réalise les pesées (P1). Enfin, on place les échantillons dans un four à 550°C pendant 6 heures pour brûler les matières cellulosiques. Ensuite on va les mettre dans un dessiccateur avant de faire une deuxième pesée (P2).

La teneur de la cellulose brute (% CB) :

$$\text{CB}\% = (\text{P1} - \text{P2}) \times 100$$

2.2.3. La poudre de lait

❖ **Détermination de la l'acidité titrable (Norme Internationale: ISO11869, 1997)**

Après avoir dilué 2g de poudre dans 20 ml d'eau distillée dans un bécher, deux gouttes de phénolphtaléine sont ajoutées. Ensuite, une titration est réalisée par une solution sodique (0,1N) jusqu' au virage de l'incolore au rose qui persiste environ 10 secondes.

Le résultat égale le volume de l'acide utilisé pour la titration, donc 1 ml de NaOH correspond à 10°D et 1°D correspond à 0,1g/l d'acide lactique.

❖ **Détermination de la matière grasse (Norme Internationale : ISO1736, 1994)**

Dans le butyromètre de Teichert et à l'aide d'un doseur, on introduit 10 ml de l'acide sulfurique, ensuite on ajoute 10 ml d'eau distillée à l'aide d'une pipette en laissant se vider très lentement afin d'éviter un mélange avec l'acide, après on introduit 2,5g de la poudre de lait et 1 ml d'alcool iso-amylque. Le butyromètre est ensuite bouché avec un bouchon propre et sec. En position verticale, le butyromètre est retourné et secoué à plusieurs reprises afin de rendre le mélange homogène, ensuite il est maintenu de façon que le bouchon vers le haut; en attendant que l'ampoule terminale est entièrement remplie par le mélange. Enfin, il est centrifugé à 1200 tours/min pendant 5 min à température de 55°C.

Le butyromètre est ensuite retiré de la centrifugeuse, en ajustant le bouchon si nécessaire afin de ramener la colonne de matière grasse dans la partie graduée.

La teneur en matière grasse du produit exprimé en pourcentage massique est déterminée par l'expression suivante:

$$\text{MG}\% = n_1 - n_2$$

MG: Matière grasse en %.

n1 : Valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne grasse en %.

n2 : Valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne grasse en %.

❖ **Détermination de l'extrait sec total (Norme Internationale: ISO13580, 2005)**

La teneur en extrait sec total est déterminée par une méthode simple, rapide donnant des valeurs approximatives et répondant aux exigences de l'unité par la remise des résultats en espace de quelques minutes, elle répond au mode opératoire suivant:

On place une coupelle en aluminium sur la balance qui se trouve à l'intérieur de la chambre chaude du dessiccateur électronique, on tare, on dépose 2g d'échantillon à analyser à la surface de la coupelle puis on démarre l'analyse en appuyant sur la touche START de l'appareil qui s'arrêtera automatiquement à la fin de l'analyse.

Le résultat s'affiche directement sur l'écran de l'appareil en pourcentage massique de la matière sèche par rapport au totale.

❖ **Détermination du taux d'humidité (Norme Internationale: ISO13580, 2005)**

Elle se fait suite au calcul de l'EST dans un dessiccateur, suivant le mode opératoire précédemment décrit et est exprimée en pourcentage de masse ou bien elle est donnée par la formule suivante:

$$\text{H}\% = 100\% - \text{EST}$$

H%: teneur en eau en%.

EST: extrait sec total.

2.2.4. Sucre

La détermination de l'extrait sec total ainsi que le taux d'humidité se fait de la même façon que la poudre de lait.

Formulation d'un yaourt brassé incorporé de l'avoine en farine et en flocon :

L'étude a porté sur un yaourt semi fini qui s'appelle la masse blanche. Elle nous a été fournie par l'unité Arib (Ain defla), le choix s'est porté sur le yaourt brassé. Il se justifie par

- ✓ Sa facilité de consommation par rapport le yaourt étuvé.
- ✓ La facilité de leur homogénéisation.

1. Taux d'incorporation de l'avoine dans le yaourt :

Dans nos conditions expérimentales, nous avons procédé à l'incorporation de l'avoine dans le yaourt à différents taux (2% ,4%,6%)

Sachant que nous avons pris ces proportions aléatoirement

La composition du yaourt incorporé de l'avoine à différentes proportions se résume dans le tableau suivant :

Tableau IV : La composition du yaourt incorporé de l'avoine à différentes proportions.

La teneur en d'avoine / Yaourt	Teneur en flocon d'avoine (en g)	Teneur en farine d'avoine (en g)	Volume de la masse blanche (en ml)
Yaourt témoin	0	0	1000
Yaourt incorporé de 2% de l'avoine	15	5	980
Yaourt incorporé de 4 %	30	10	960
Yaourt incorporé de 6 %	40	20	940

▪ **Processus de fabrication de yaourt brassé incorporé de l'avoine :**

BUTS DES OPÉRATIONS

Augmente le taux de sucre
pour améliorer le gout

Elle améliore la fermentation des gels
Aussi en réduisant la taille de globule gras

Destruction des germes pathogènes
et d'une grande partie de la flore
banales
Destruction des substances inhibitrices
naturelles
Favorise la croissance de la flore lactique

Acidification du lait
la prise de masse du lait
production de l'arome
Développement des bactéries lactiques

Pendant une durée suffisante pour

Lait préchauffé



Addition des sucres



Homogénéisation



Traitement thermique
90-95°C pendant 3 à 5 min



**Refroidissement
à la température
d'ensemencement**
T = 45°C



Ensemencement
dose 2 à 3 %



Fermentation en cuve
T = 42-45 C°



avoir une acidité de 84 D°

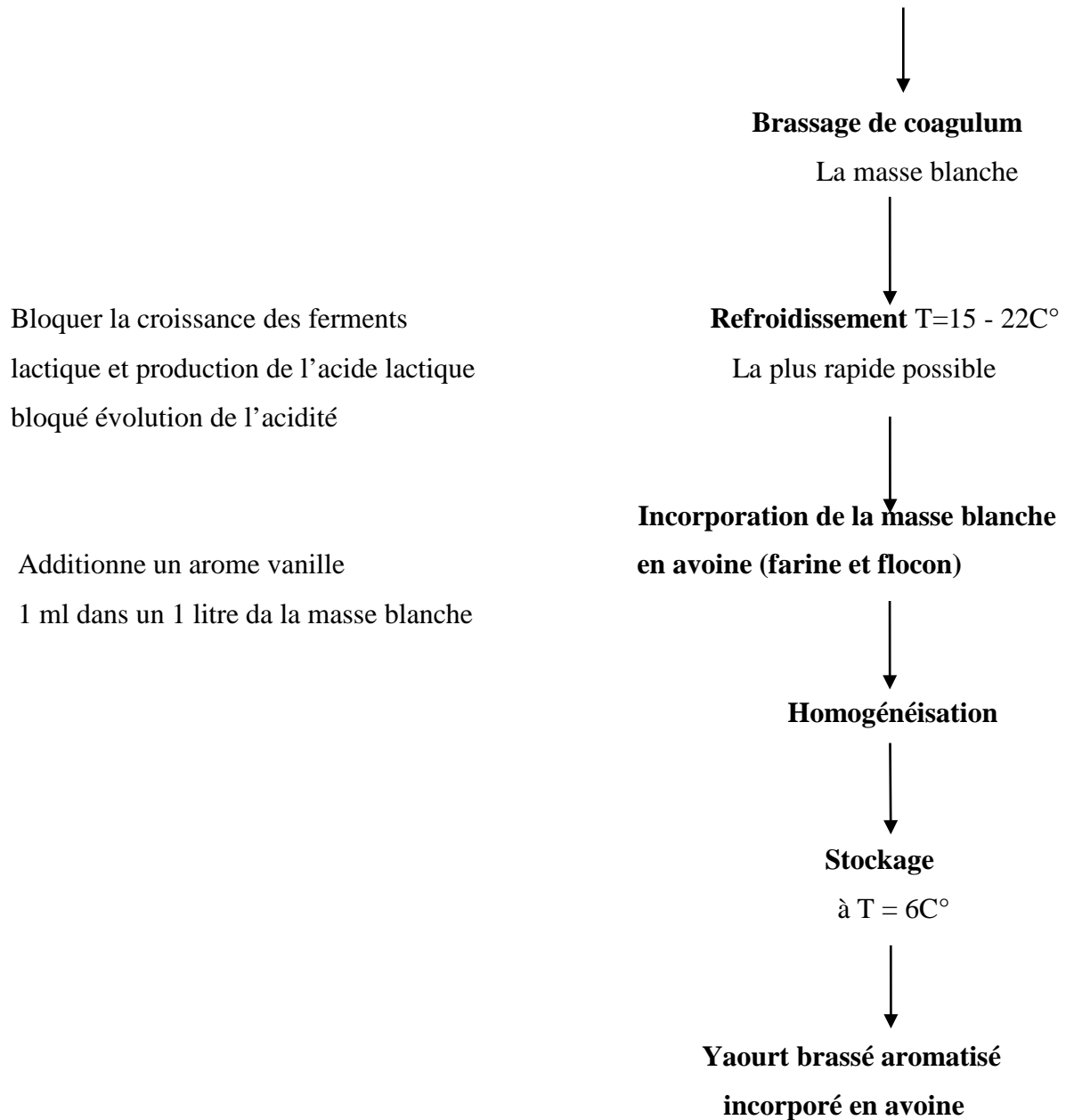


Figure n° 5 : Diagramme de fabrication d'un yaourt brassé incorporé de l'avoine.



Figure n°6: Yaourt incorporé 6% de l'avoine
(Photographie originale)



Figure n° 7: yaourt incorporé 4% de l'avoine
(Photographie originale)



Figure n° 8: Yaourt incorporé
2% de l'avoine (Photographie originale)

2.2.5. Analyse du produit fini

❖ **Détermination du pH**

➤ **Définition :**

C'est le potentiel chimique des ions H^+ dans une solution, il est mesuré l'aide d'un pH mètre, équipé d'une sonde de température et une sonde de pH.

Cet équipement doit être étalonné chaque matin avant de commencer l'analyse.

➤ **Principe :**

La différence de potentiel existant entre une électrode de référence plongée dans une même solution, est une fonction linéaire du de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ présents.

➤ **Mode opératoire :**

Prolonger les deux sondes de température et du pH à la fois dans l'échantillon à analyser, puis attendre jusqu'à la stabilité du pH et la valeur trouvée.

➤ **Expression des résultats**

La valeur de pH est affichée directement sur le cadran de l'appareil, les mesures sont exprimées en unités du pH à la température de 20°C (NF **To1- 013**).

❖ **Détermination de l'acidité titrable**

➤ **Définition**

L'acidité du lait ou d'un produit laitier est la quantité d'acide lactique libérée par transformation du lactose en acide lactique en présence des bactéries lactiques.

➤ **Principe**

L'acidité est obtenue par le dosage titrimétrique de l'acide lactique à l'acide d'hydroxyde de sodium en présence d'un indicateur coloré : phénol phtaléine.

➤ **Mode opératoire**

A l'aide d'une pipette de 10 ml prélever 10 ml d'échantillon à analyser

- ajouter deux à trois gouttes de phénol phtaléine comme indicateur de pH.

- titrer avec de soude à 0.11N jusqu'au virage de l'incolore au rose qui persiste 10 secondes.

➤ **Expression de résultats**

La quantité exacte de la soude à utiliser dans l'essai dépend de l'indicateur, de l'importance de l'échantillon et du produit à analyser (**NFT90-006**).

Les résultats sont exprimés en degré Dornic (D°) il correspond au nombre de 1/10 de ml de soude Dornic (N/9) nécessaire pour le virage du phénol phtaléine (**Guiraud, 1998**).

0.1 ml de NaOH → 1°D

1°D → 0.1 g/ litre d'acide lactique.

❖ **Détermination de l'extrait sec**

➤ **Définition**

L'extrait sec d'un produit est le pourcentage des matières sèches existant dans le produit.

➤ **Principe**

Son principe repose généralement sur la dessiccation du produit par évaporation de l'eau sous forme absorbée ou adsorbée.

➤ **Mode opératoire**

La détermination de la teneur en eau sera effectuée selon la méthode gravimétrique par détermination de la perte du poids par dessiccation dans des conditions précis, cette dessiccation peut se faire à l'aide de la Chaleur ou à l'aide des rayonnements infrarouges (**NF-T90- 029**).

- Peser 2g de yaourt en suite ajouté les 2g d'échantillon à analyser et bien étaler sur toute la surface de la coupelle à l'aide d'une spatule.

➤ **Expression des résultats**

La teneur en extrait sec ou matière sèche (MS) exprimée en (%) de yaourt est égale à :

$$\text{MS (\%)} = \frac{M_1 - M_0}{m} \times 100$$

M_0 : la masse en gramme de la capsule vide.

M_1 : la masse en gramme de la capsule et des résidus après dessiccation et de refroidissement.

m : la masse en gramme de la prise d'essai.

❖ **Détermination de la matière grasse**

➤ **Définition**

La méthode dit Gerber est une technique conventionnelle permettant d'évaluer la teneur en matière grasse (**JORA de la RF** du 27 oct. 1983).

➤ **Principe :**

La méthode acido – butyrométrique est basée sur le principe de la dissolution des protéines du lait par addition d'acide sulfurique.

La matière grasse libérée est séparée par centrifugation en présence d'alcool iso- amylique.

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 20 ml de yaourt, compléter à 20 ml de l'eau distillée puis bien agiter la solution pour qu'elle soit homogène.
- Dans un butyromètre introduire 10 ml d'acide sulfurique en évitant de mouiller le col
- Ajouter 11 ml de l'échantillon essaie à l'aide de la pipette sans mouiller le col du butyromètre et en évitant un mélange prématuré du yaourt avec l'acide.
- Verser à la surface d'échantillon 1 ml d'alcool iso amylique sans mouiller le col du butyromètre et en évitant de mélanger les liquides.
- Boucher avec soin le butyromètre, puis l'agiter avec précaution, mais énergiquement et rapidement jusqu'à disparition des grumeaux.

Le butyromètre se trouve ainsi porter à environ 80°C, le remettre dans sa position initiale et attendre que l'ampoule terminale soit complètement remplie du mélange (acide sulfurique, yaourt et l'eau distillée).

- Procéder au retournement et attendre que l'ampoule terminale soit complètement vidée, après six retournements successifs, l'agitation est suffisante et le mélange est homogène.
- Après l'agitation précédente, ne pas laisser refroidir le butyromètre (si nécessaire le réchauffer à 65°C dans le bain d'eau).
- Ajuster le bouchon de manière à ce que le niveau du liquide soit dans la partie supérieure de l'échantillon gradué (**JORA de la RF** du 27 oct. 1983)

Placer le butyromètre dans la centrifugeuse à une vitesse de 1500 tours / minute pendant 10 minutes.

- À la sortie de la centrifugeuse modifiée, s'il y a lieu le réglage du bouchon pour que la phase liquide se place exactement dans l'échelle graduée.
- Plonger le butyromètre verticalement bouchon en bas, dans le bain-marie et laisser cinq minutes.

➤ Expression des résultats

La matière grasse dissociée est moins dense, elle se rassemble en une couche claire et transparente, visible pour une lecture directe sur l'échelle en du butyromètre.

La teneur en matière grasse du yaourt exprimé mg/l est égal :

$$MG \text{ (g/l)} = N_1 - N_2$$

N_1 : valeur atteinte par le niveau supérieur du butyromètre.

N_2 : Valeur atteinte par le niveau inférieur de butyromètre.

2.3. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques visent la recherche et le dénombrement de la microflore à incidence sanitaire et technologique, c'est-à-dire les germes responsables des accidents de fabrication et /ou ceux impliqués dans des altérations de la qualité organoleptique du produit. Ils permettent également de s'assurer que les laits fermentés seront stables pendant toute la durée de commercialisation.

Une recherche et un dénombrement des microorganismes contaminants la matière première ainsi que le produit fini, ont été effectués afin de vérifier que notre yaourt répond aux normes réglementaires.

L'analyse microbiologique a porté sur la recherche des germes indicateurs de la contamination fécale tels que les coliformes fécaux et totaux, des germes aérobies mésophiles et des Streptocoques fécaux, des Staphylococcus aureus, des Clostridium sulfito-réducteur et des salmonelles. Et aussi la recherche des levures et des moisissures.

L'ensemble des analyses microbiologiques effectuées sur la matière première et le produit fini sont résumées dans le tableau suivant

Tableau V: Les germes recherchés dans chaque matière et les milieux utilisés.

Échantillons Germes	Milieux De cultures Utilisés	eau de procès	avoine	Poudre De lait	Produit fini
Germes mésophile aerobie totaux	PCA	+	+	+	-
Coliformes Totau et fécaux	VRBL + BCPL	+	-	+	+
Staphylococcus Aureus	Giolitti Contoni + chapmn	-	-	+	+
Levures et Moisissures	OGA	-	+	+	+
Clostridium sulfito- reducteurs	Désoxychol ate à 1%	+	+	+	-

2.3.1. Préparation de la solution mère et des dilutions décimales (Norme Internationale : ISO7218 ,2001)

25g de produit à analyser suit en introduits aseptiquement dans un flacon stérile contenant au préalable 225 ml de TSE (Tryptone, Sel, Eau). Ensuite, on homogénéise par des mouvements de va-et-vient pendant 3 à 5 minutes, pour obtenir une suspension homogène. Cette suspension correspond à la dilution 10^{-1} .

À partir de la solution mère (10^{-1}) un volume de 1 ml est prélevé aseptiquement à l'aide d'une pipette graduée et introduit dans un tube stérile contenant 9 ml de TSE.

Le mélange est bien homogénéisé pour obtenir la dilution 10^{-2} . Ensuite 1 ml de la dilution précédente (10^{-2}) est prélevé aseptiquement et introduit dans un autre tube stérile contenant 9 ml de TSE. Le mélange est homogénéisé pour obtenir la dilution 10^{-3} . Et ainsi de suite pour les dilutions 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7}et 10^{-12} (voire en annexes).

2.3.2. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GMT) (Norme Internationale : ISO4833, 2003)

La microflore aérobie mésophile est l'ensemble des micro-organismes aptes à se multiplier à l'air et aux températures moyennes, plus précisément ceux dont la température optimale de croissance est située entre 25° et 40°C. On peut dire que le dénombrement de la flore totale reste la meilleure méthode d'appréciation de la qualité microbiologique générale des aliments et de la charge microbienne initiale.

Un aliment dont la flore totale est trop élevée montrera les mauvaises conditions de conservation et sera considéré comme impropre à la consommation (**Bengharbia et Saâdat, 2010**)

➤ Le principe de la méthode, le mode opératoire (annexes) ainsi que la lecture et le dénombrement sont détaillés ci-dessous :

Le dénombrement des germes aérobies mésophiles est réalisé sur gélose PCA (Plan Acount Agar) par un ensemencement en profondeur ou en masse, et comptage des colonies lenticulaires obtenues.

On porte aseptiquement 1 ml à partir des dilutions décimales allant de 10^{-3} à 10^{-1} dans chacune des boîtes de pétries vides préparées à cet usage et numérotées, puis on complète avec environ 15 ml de gélose PCA. Ensuite, on réalise des mouvements circulaires de va-et-vient en forme de « 8 » afin de permettre le mélange de l'inoculum et la gélose, à la fin on laisse solidifier sur paillasse, puis on rajoute une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose, cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses. Les boîtes sont incubées couvercle en bas à 30°C pendant 24, 48 à 72 heures.

Le dénombrement est effectué en prenant compte le nombre des colonies lenticulaires en masse (blanchâtres) compris entre 30 à 300 colonies. Les résultats exprimés représentent les moyennes des colonies qu'on multiplie par l'inverse de la dilution et le résultat final est exprimé en UFC /g de produit analysé.

2.3.3. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (Norme Internationale : ISO4832, 2006)

La présence des coliformes totaux dans les aliments indique un traitement thermique inefficace ou une contamination subséquente au traitement. Ils peuvent aussi démontrer un mauvais nettoyage et une mauvaise désinfection des matériels de transformation. Ils se distinguent des autres entérobactéries par leur aptitude à fermenter le lactose (**Benaouda et Bergaoui, 2012**).

Sur la gélose VRBL (Gélose Lactosée Biliée au Cristal Violet et au Rouge neutre), le développement de plupart des bactéries n'appartenant plus à la famille des entérobactéries est inhibé par le cristal violet et les sels biliaires. La fermentation du lactose est mise en évidence par le virage de l'indicateur au rouge (**Guiraud, 1998**).

Dans le but de dénombrer les coliformes totaux dans nos échantillons, nous avons suivi la méthode suivante (annexe) :

- À partir des dilutions décimales 10^{-3} à 10^{-1} , 1 ml de chaque dilution est porté aseptiquement deux fois dans deux boîtes de Pétri vide préparée à cet usage (une pour les coliformes totaux et l'autre pour les coliformes fécaux). Après, chaque boîte sera complétée avec 15 ml de gélose VRBL préalablement fondue et refroidie. Puis, des mouvements circulaires en forme de « 8 » et de va-et-vient seront faites pour bien mélanger la gélose à l'inoculum, les boîtes seront ensuite laissées solidifier sur la paillasse.
- L'incubation se fait pendant 24 à 48 h à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour la deuxième série qui servira à la recherche des coliformes fécaux.
- On va dénombrer les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies de couleur rouge foncé, brillantes de 0,5 mm de diamètre. Enfin, le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution.

2.3.4. Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteur (Norme Internationale : ISO7218, 2001)

Ce sont des bacilles Gram positifs appartenant à la famille Bacillaceae, sporulées anaérobies strictes et généralement mobiles. Leur présence est un indicateur de contamination fécale, il est à noter que certaines espèces de Clostridium sont responsables d'intoxication chez l'homme, il s'agit entre autres de Clostridium perfringens.

Les anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram positif et se développent pendant 24h à 48h sur une gélose viande - foie (VF), en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS sulfure de fer de couleur noire.

Afin de dénombrer les *Clostridium*s sulfite-réducteur dans nos échantillons, on s'est guidé par la méthode suivante (voire en annexes) :

✓ Au moment de l'emploi, on fait fondre un flacon de gélose VF, le refroidir dans un bain d'eau à 45°C puis, on ajoute une ampoule d'Alun de Fer et une ampoule de sulfite de sodium. Par la suite, 1 ml de l'échantillon à analyser (dilution 10^{-1} à 10^{-3}) estensemencé dans des tubes à essais contenant 9 ml d'eau physiologique, ces derniers sont soumis par la suite à un chauffage au bain-marie à 80°C pendant 10 minutes suivis d'un refroidissement sous l'eau de robinet, afin d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées.

Ensuite, 15 ml de gélose VF préparée précédemment sont ajoutés dans chaque tube. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 h.

✓ Les colonies dans la profondeur de la gélose, donc en anaérobiose, entourées d'un halo noir (réduction des sulfites en sulfure et précipitation du sulfure de fer) sont des colonies correspondant aux spores thermorésistantes d'ASR. Les résultats sont exprimés par le nombre de spores par ml ou par gramme de produit.

2.3.5. Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus* (Norme Internationale : ISO6888-1, 1999)

Staphylococcus aureus appartient à la famille des *Micrococcaceae*. Ce sont des cocci à Gram positif, non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs, immobiles, halophiles se divisent en plusieurs plans en formant des amas irréguliers, coagulase, protéase et catalase positives (**Bourgeois** et *al.*1996). Ce sont des germes pathogènes, toxinogènes que l'on trouve particulièrement dans le pus, le germe n'est pas thermostable, mais sa toxine est thermostable.

L'enrichissement sur milieu Giolitti Cantonii (GC) permet une revivification idéale des souches stressées par la réduction de telluride de potassium en tellure responsable de la coloration noire. Tandis que, le milieu d'isolement Chapman, grâce à son taux élevé en NaCl (7.5%) permet à la fois le développement des staphylocoques et l'inhibition des autres germes. La fermentation du mannitol est mise en évidence par le virage du rouge de phénol au jaune.

À partir des dilutions décimales 10^{-3} à 10^{-1} , 1 ml par dilution est porté aseptiquement dans un tube à vis stérile. Par la suite, environ 15 ml du milieu d'enrichissement GC additionné du telluride de potassium sont ajoutés, le milieu et l'inoculum doivent être bien mélangés. Les tubes sont incubés à 37°C pendant 24 à 48h .Seront considérés positif, les tubes ayant virés au noir. Pour s'assurer qu'il s'agit bien d'un développement de *Staphylococcus aureus*, ces tubes feront l'objet d'une confirmation par l'isolement sur gélose Chapman préalablement fondue. Les boites de Chapman ainsiensemencées seront incubées à leur tour à 37°C pendant 24 à 48 h. Après ce délai, on va repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune.

2.3.6. Recherche et dénombrement des levures et des moisissures (Norme Internationale : ISO 6611, 2004)

Les levures sont des champignons microscopiques qui par leur développement dans les produits alimentaires finis, peuvent produire des altérations de leur qualité marchande par formation de troubles, d'odeurs ou de goûts ou par gonflement des produits ou/et de leur emballage (CO_2) (**Leveau et Bouix**, 1993). La plupart des denrées alimentaires, au cours de leur préparation, mais surtout de leur entreposage, sont susceptibles, d'être détériorées par les moisissures. Les pertes qui leur incombent sont considérables. Parfois, l'altération des denrées aboutit à une modification de la valeur nutritionnelle du produit, et à l'apparition de saveurs indésirables.

Les levures et moisissures sont des micro-organismes qu'après ensemencement en surface sur le milieu inhibiteur pour les bactéries (gélose Sabouraud au chloramphénicol) forment des colonies après une incubation à $20 - 25^{\circ}\text{C}$ pendant 5 jours (**Guiraud**, 1998).

La recherche des levures et moisissures se fait comme suit (Annexe) :

✓ À partir des dilutions décimales allant de 10^{-3} à 10^{-1} , on porte aseptiquement 4 gouttes dans chacune des 3 boites de pétri contenant la gélose Sabouraud (ou bien gélose OGA) puis, on étale les gouttes à l'aide d'une pipette râteau stérile et on incube les boites couvercle en haut à 22°C pendant 5 jours. Dans le souci de ne pas se trouver en face de boites envahies soit les levures soit par les moisissures, une lecture et un dénombrement doivent être effectués chaque jour, levures à part et les moisissures à part.

✓ Les colonies des levures ressemblent aux colonies bactériennes, elles sont de consistance crémeuse, ronde ou ovale et souvent opaque. Tandis que, les moisissures apparaissent pigmentées à aspect velouté et duveteux.

✓ Étant donné d'une part qu'on a pris 4 gouttes de la dilution décimale, et qu'on considère que 1 ml est l'équivalent à 20 gouttes, pour revenir donc à 1 ml, il faut multiplier par l'inverse de la dilution, puis faire la moyenne arithmétique des différentes boîtes et exprimer le résultat final par ml de produit analysé.

2.3.7. Technique du dénombrement

- ❖ Examiner les boîtes, et choisir celles contenant entre 15 et 300 colonies (si possible...).
- ❖ Compter avec soin les colonies en marquant au fur et à mesure, à l'aide d'un marqueur, sur le fond extérieur de la boîte.
- ❖ Interpréter les résultats en faisant par exemple la moyenne des résultats obtenus pour les deux boîtes de la même dilution (**Joffin et Joffin, 2000**).

2.4. Qualités organoleptiques des produits finis

❖ Lorsqu'il achète un produit laitier, le consommateur base son choix sur les critères de qualité suivants : la saveur, l'apparence, la durée de conservation, la valeur nutritive et l'innocuité. Les changements dans la qualité sensorielle sont également à prendre en compte.

❖ L'examen organoleptique est essentiel pour apprécier les qualités de tous les produits, et s'avère le critère le plus fiable.

❖ L'analyse organoleptique est faite par un test de dégustation au biais d'un jury formé de 20 personnes. Pour cela un formulaire a été proposé pour l'examen organoleptique ou la distribution des notes est effectuée selon une échelle de 1 à 4 associés au paramètre suivant ;

- ✓ Couleur.
- ✓ Odeur.
- ✓ Texture.
- ✓ Aspect.
- ✓ Goût.

Chaque dégustateur donne son jugement séparément des autres et porte son avis sur une fiche de dégustation.

- **Figure n° 9** : Fiche de dégustation de yaourt incorporé en d'avoine de différent taux

Caractéristiques	Aromatisation		Texture		Goût	Couleur	Odeur
	Arome	Caractéristique	Aspect	Viscosité			
1	Vanille	2%					
2	Vanille	4%					
3	Vanille	6%					

NB ; Évaluation de 1 - 4 (1- très bon ; 2- bon ; 3- moyen ; 4- médiocre)

1. Analyses physicochimiques

1.1. Matière première

1.1.1. Eau de procès

Les résultats des analyses physicochimiques de l'eau de procès sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI : Résultats des analyses physicochimiques de l'eau de procès

Paramètres	T °C (°C)	pH	TH (°F)	TA (°F)	TAC (°F)
Échantillon	21	7,58	15	0	27,5
Normes JORA(1998)	20	7 à 8,5	10 à 15	0	< 30

À partir des résultats du tableau VI, nous remarquons que l'eau analysée est caractérisée par un pH neutre qui est de 7.58 et une température de 21°C, ces résultats sont conformes aux normes établies par **JORA** (1998), ce qui va donner une bonne neutralité à l'eau de procès à une température ambiante. En effet, l'acidité de l'eau provoque une corrosion des tuyauteries métalliques conduisant à une augmentation des concentrations de certaines substances métalliques, et la basicité de l'eau entraîne un dépôt de calcaire dans les canalisations et aussi une diminution de l'efficacité du processus de désinfection au chlore (**Claisse et al.**, 2006).

Le TA et le TAC sont de 0°F et 27,5 °F respectivement, donc ils sont conformes aux valeurs exigées par **JORA**, cela est expliqué par le fait que cette eau est une eau naturelle qui n'a subi aucun traitement.

Pour le TH, la valeur trouvée est de 18°F, qui est conforme aux normes, cela s'explique par l'efficacité de l'adoucissement.

Les résultats obtenus de l'analyse physico-chimique de l'eau destinée pour la reconstitution du lait sont compris dans les intervalles fixés par les normes de **JORA**, ce qui permet une bonne reconstitution du lait. Ainsi, ces résultats témoignent le degré de la maîtrise des pratiques d'hygiène et de sécurité, qui permet de garantir la qualité du produit par l'utilisation d'une eau de bonne qualité bactériologique, ainsi pour éviter toute contamination qui met en danger sur la santé du consommateur.

1.1.2. Caractéristiques physico-chimiques de la farine d’avoine locale et flocon d’avoine importé :

Les résultats d’analyses physico-chimiques de la farine d’avoine locale et flocon d’avoine importé figurent dans le tableau VII

Tableau VII : Résultats des analyses physico-chimiques de farine et flocon d’avoine.

Composants en%	Farine d’avoine	Flocon d’avoine
Teneur en eau	9,46 ± 0,01 ^B	8,66 ± 0,01 ^A
Cendres	3,25 ± 0,04 ^B	3,71 ± 0,04 ^A
Protéines	11,03 ± 0,02 ^B	13,25±0,02 ^A
Lipides	6,09 ± 0,02 ^B	6,82 ± 0,02 ^A
cellulose brute	8.32 ± 0,7 ^A	7.13 ± 1.7 ^B

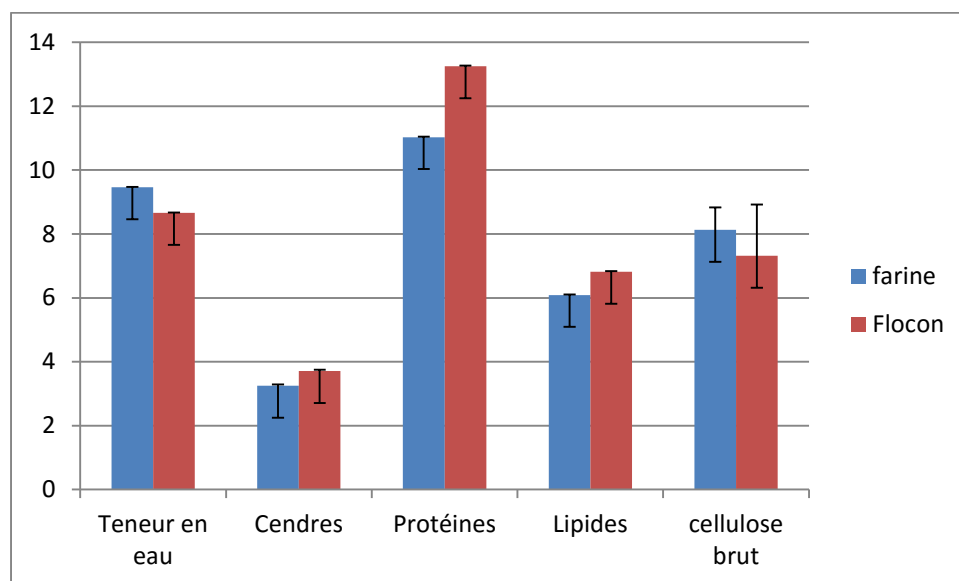


Figure n°10 : Résultats des analyses physico-chimiques de la farine d’avoine et flocon d’avoine

A. Teneur en eau

Godon et **Willm.** (1998) définissent la teneur en eau comme étant la quantité en grammes d'eau rapportée à 100 g de substance sèche (teneur en eau en % MS). Elle nous permet donc de ramener tous nos résultats à une même échelle de grandeur à savoir la matière sèche.

Le dosage de l'humidité permet de statuer sur les risques d'altération lors du conditionnement et du stockage des aliments. C'est un facteur crucial dans l'évolution des phénomènes biologiques notamment la prolifération des microorganismes (**Feillet**, 2000).

L'avoine sur laquelle nous avons travaillé présente une humidité de 9,46% pour la farine d'avoine et 8,6% pour le flocon d'avoine (tableau VII), ceci implique que nos échantillons ont une teneur en eau normale, donc, la teneur en matière sèche des flocons d'avoine est significativement supérieure à celle de la farine d'avoine.

B. Teneur en cendres

Le résultat obtenu montre que la teneur en matière minérale du flocon d'avoine est de 3,71% qui sont significativement supérieure à 3,25% pour la farine d'avoine (tableau VII).

Ce taux de cendres varie avec les différentes parties du grain (**CALVEL**, 1975). Il est plus élevé dans le germe et varie avec les différentes parties du grain (**CALVEL**, 1975). Il est en fonction du type de sol, des conditions de cultures, des engrais utilisés et de la variété (**MOULE**, 1980).

Il est à signaler que les cendres totales ne recouvrent pas rigoureusement la somme pondérale des sels minéraux contenus dans les produits céréaliers, car un grand nombre des sels minéraux sont détruits, modifiés ou se volatilisent à la température d'incinération (900°C). C'est pour cette raison qu'on peut estimer des teneurs en éléments minéraux beaucoup plus élevées aux valeurs trouvées (**Sabegh** et **Tsouri**, 2006).

C. Teneur en matières grasses

Le dosage de la matière grasse a pour but de déterminer la proportion des lipides totaux que renferment l'avoine analysée et ses conditions de conservation.

Dans notre cas, le taux de lipides trouvé dans la farine d'avoine et de flocon d'avoine est respectivement de 6,09 % et 6,82%, que ce dernier est significativement supérieur comme montre le tableau ci-dessus (tableau VII). Il est intéressant de noter que de toutes les céréales,

l'avoine est la plus riche en lipides, principalement en acides gras insaturés, donc bénéfiques pour l'organisme (**FDA**).

La matière grasse peut être élevée dans les céréales à cause:

- Du taux d'extraction élevé, car il enrichit les sous-produits de mouture en tégument séminal riche en lipides.

D. Teneur en protéines

La teneur en protéines dépend des conditions agro climatiques de développement de la plante notamment l'alimentation en eau (sécheresse, irrigation) et la fertilisation azotée et des variétés cultivées.

L'analyse faite sur la farine d'avoine le flocon d'avoine révèle respectivement une teneur de 11,03% et 13,25% (Tableau VII). Ces données montrent qu'une partie importante de protéines est concentrée au niveau des germes du grain d'avoine. (**Feillet**, 2000).

E. Teneur en cellulose brute

Le résultat obtenu montre que la teneur en cellulose brute du flocon d'avoine est de 7,32% qui sont significativement inférieure à 8,13% pour la farine d'avoine (tableau VII). Ces valeurs sont inférieures à celle trouvée par **Florence M et al.**, (2011).

Selon (**Rouau et Thibault**, 1987), la cellulose est concentrée dans la couche périphérique des céréales. Elle varie suivant les espèces considérées. Ce qui explique les faibles résultats obtenus due aux pertes importantes au cours de la transformation en farine et en flocon surtout que la pellicule supérieure concentrée est complètement arrachée et décortiquée

La fraction indigestible ou cellulose brute que contiennent les céréales, notamment le son d'avoine joue un rôle prépondérant dans la réduction de certaines pathologies digestives (constipation, diverticulose) et de certains troubles métaboliques tels que le diabète et l'obésité (**Leinonen et al.**, 2000 ., **Laaksonen**, 2005).

1.1.3. Poudre de lait 26%

Les résultats des analyses physicochimiques de la poudre de lait sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VIII : Résultats des analyses physicochimiques de la poudre de lait

Paramètres	MG%	Acidité (D°)	Humidité %
Échantillon	26	11	3,98
Normes JORA(1998)	26 à 27	12 à 14	3 à 5

Les résultats concernant les analyses physicochimiques effectuées sur la poudre de lait montrent que

Le pourcentage de la matière grasse est de 26%, la méthode de Gerber utilisée a permis d'obtenir des résultats conformes aux normes du **JORA**, cela indique que la standardisation de la matière grasse a été bien menée et s'explique par un bon écrémage du lait lors de sa fabrication et de bonnes conditions de son stockage.

L'acidité nous renseigne sur le degré de fraîcheur du lait avant le séchage et sur sa richesse en diverses substances (protéines, phosphore, glucides...), on sait en effet, que le lait ne commence à coaguler que lorsque l'acidité dépasse 21°D, à 28°D, le lait se prend en masse (**Guiraud**, 1998). Le résultat obtenu est de 11°D donc il est conforme aux normes.

Les résultats montrent que le taux d'humidité est inférieur à 5%, ce qui est conforme aux normes exigées par **JORA**, cette conformité est due à une bonne dessiccation du lait, en fait une humidité avec un taux élevé pourrait être à l'origine de développement des microorganismes pathogènes qui provoquerait par conséquent certaines réactions engendrant des transformations rapides accompagnant les cristallisations du lactose (prise en masse, acidification, brunissement, diminution de la solubilité, l'oxydation des lipides, et la formation des composés volatils à odeur désagréable) (**Cheftel et Cheftel**, 1977 ; **Trémolière et al.**, 1984).

Les résultats obtenus pour la poudre de lait suggèrent que les conditions de production (séchage, stockage et emballage) et de transport ont été respectées. Ce qui est confirmé par **Hempfen** (2003), qui voit que les bonnes conditions de fabrication ; de transport et de stockage ainsi que l'hygiène, peuvent avoir un effet positif sur la qualité de la poudre de lait.

1.1.4. Sucre

Les résultats des analyses physicochimiques de sucre sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau X : Résultats des analyses physicochimiques de sucre

paramètres	T°C	Humidité%
Échantillon	21	0,6
Normes JORA(1998)	20	<1

Les résultats des analyses physicochimiques du sucre montrent que la température est de 21°C, ce qui est conforme aux conditions tolérées, cela indique que le sucre est bien conservé, ce qui évitera sa détérioration par les microorganismes (levures et moisissures).

- Pour l'humidité, la valeur trouvée est de 0.6%, donc elle est conforme aux normes, ce qui révèle un bon stockage de cette matière, permettant ainsi d'éviter l'activité enzymatique des germes.

D'après ces résultats, on constate que le sucre présente une bonne qualité physicochimique, ce qui facilitera son mélange avec les autres ingrédients.

Les résultats de la variation de pH des produits (A, B, C et D) au cours du stockage sont présentés dans la figure suivante :

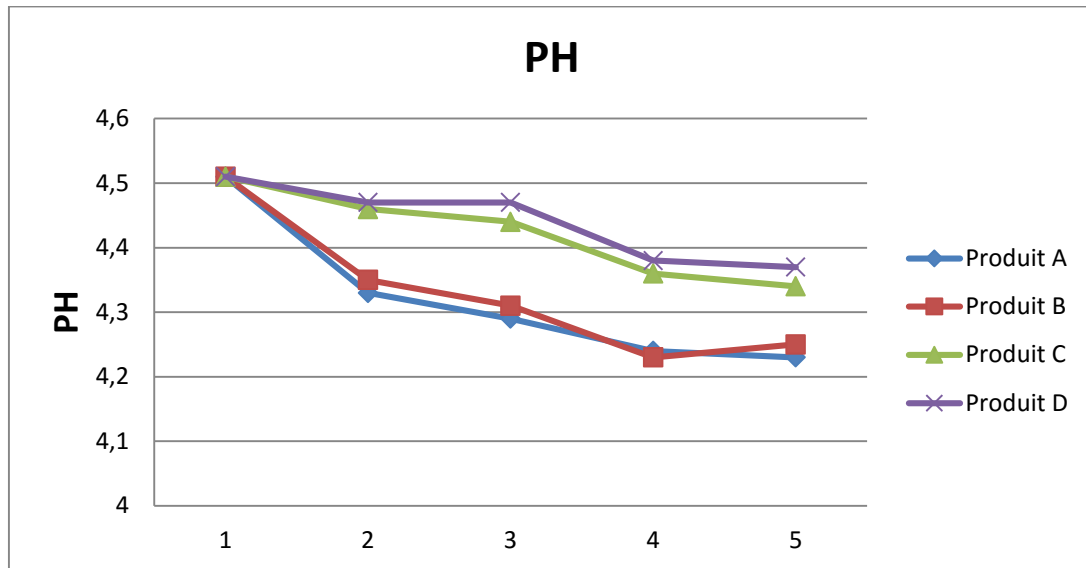


Figure n°11 : La variation du pH des produits (A, B, C et D) au cours du stockage.

Les résultats de la variation du pH obtenue montre que le PH du notre yaourt est moyennement acide.

Pour le yaourt témoin nous observons une faible différence du pH variant entre 4,51 pour la 1^{ère} semaine et 4,23 pour la 5^{ème} semaine ; le yaourt incorporé d'avoine à 2 % on observe de faibles différences du pH variant entre 4,51 pour la 1^{ère} semaine et 4,25 pour la 5^{ème} semaine ; pour le yaourt incorporé à 4% d'avoine une faible différence du pH apparut variant entre 4,51 pour la 1^{ère} semaine et 4,34 pour la 5^{ème} semaine; le yaourt incorporé à 6% la différencie du pH observé variant entre 4,51 pour la 1^{ère} semaine et 4,37 pour la 5^{ème} semaine.

❖ Selon les résultats du pH obtenus nous observons que dans tous les produits finis, le yaourt témoin et le yaourt incorporé d'avoine présentent une acidification lente (processus d'acidification insuffisant a expliqué), cela peut être due à la température basse de stockages a 6°C ce qui inhibe le développement des deux ferments lactiques et par conséquent la production d'acide lactique.

La diminution légère de pH s'explique selon Brûlé (2003) et Larpent (1991), par le fait que le yaourt conservé au froid à une température ne devant pas dépasser 8°C , les bactéries du yaourt ne se multiplient pas, mais conservent néanmoins une activité métabolique, c'est ainsi

l'acide lactique qui est encore produit à partir du lactose, ce qui abaisse le pH. Alors que, la stabilité est peut être due par le fait que les bactéries lactiques entrent dans la phase stationnaire ; selon la courbe de croissance microbienne.

Selon **Federighi** (2005) le pH final dépend de la matière première fermentée et des souches utilisées (plus au moins acidifiante), nous signalons que l'unité d'Arib (où on a réalisé notre travail) ajoute deux souches bactériennes autres que les deux ferments lactiques classiques, ces souches appartiennent au groupe des bactéries lactiques .Ces dernières ont peut-être influencé sur l'évolution du pH pendant la durée de stockage.

Nous observons aussi que la diminution du pH pour les yaourts incorporés d'avoine n'est pas la même, l'acidification du yaourt incorporé de l'avoine à 6% a été plus lente que celle des yaourts incorporés de 4% et 2% d'avoine ce qui peut être due aux caractéristiques hygroscopiques d'avoine qui ont baissé l'activité d'eau (AW), ou l'effet inhibiteur de l'avoine sur l'activité des bactéries lactiques.

1.2.2. Variation de l'acidité

Tableau XII : Résultats de la variation de l'acidité des produits (A, B, C et D) au cours du stockage

Produit A					Norme 80 - 100
Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5	
84 ± 0.17 ^K	97 ± 0.2 ^E	100 ± 0.53 ^C	106 ± 0.27 ^A	103 ± 0.1 ^B	
Produit B					
Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5	
84 ± 0.2 ^K	96 ± 0.2 ^F	98 ± 0.4 ^D	97 ± 0.2 ^E	94,5 ± 0.5 ^G	
Produit C					
Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5	
84 ± 0.5 ^K	92,5 ± 0.29 ^H	95,5 ± 0.29 ^F	93 ± 0.2 ^H	96 ± 0.4 ^F	
Produit D					
Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5	
84 ± 0.5 ^K	87 ± 0.53 ^J	92 ± 0.74 ^I	93 ± 0.5 ^H	91,5 ± 0.5 ^I	

Norme de la laiterie d'Arib

Les résultats de la variation de l'acidité des produits (A, B, C et D) au cours du stockage dans la figure suivante : (A : yaourt témoin sans incorporation, B: yaourt incorporé en d'avoine a 2%, C : yaourt incorporé en d'avoine a 4%, D: yaourt incorporé en d'avoine a 6 %)

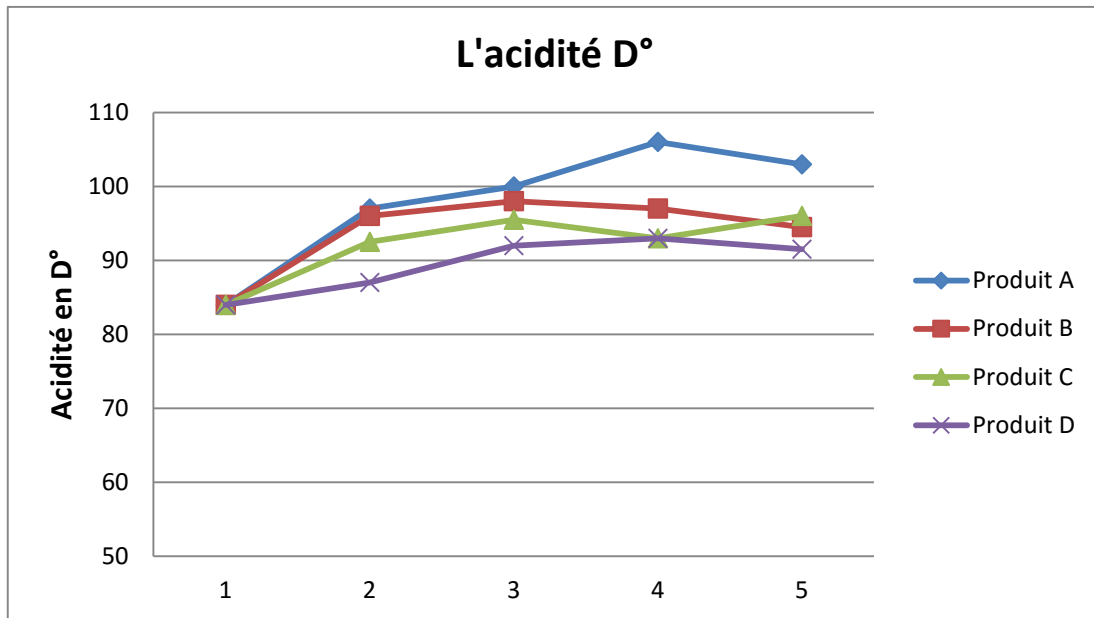


Figure n° 12:La variation de l'acidité des produits (A, B, C et D) au cours du stockage.

❖ Parallèlement au pH, nous remarquons une augmentation progressive de l'acidité titrable pour les différents échantillons analysés donc nous pouvons dire que les courbes d'acidité représentée dans la figure précédente ont une tendance croissante durant toute la période d'analyse.

Pour tous nos produits finis, le yaourt témoin et le yaourt incorporé d'avoine à différente proportion, on constate que l'acidité augmente légèrement et ne s'éloigne pas trop de sa valeur initiale, cela est due à la température basse de stockages à 6°C qui explique le développement lent des deux ferments lactiques et par conséquent pas d'acidification.

Mahaut et al. (2000), confirment que l'acidification résulte de la dégradation du lactose en acide lactique et aussi de l'activité protéolytique et lipolytique des ferments lactiques qui libèrent des acides aminés et des acides gras, aboutissant à la diminution du pH.

Ainsi selon **Beal et Sodini** (2001), l'évolution du pH est inversement proportionnelle à la concentration en acide lactique.

Ces valeurs obtenues pour les différents échantillons restent toujours conformes aux normes du **JORA**. Selon **Vierling** (2008) « la teneur en acide lactique doit être au moins 0,7 g/L à la vente du yaourt ».

1.2.3. Variation de la MG

Tableau XII: Résultats de la variation de la matière grasse des produits (A, B, C et D) au cours du stockage

Produit A				
Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
$2,8 \pm 0,2^A$	$3 \pm 0,2^B$	$3 \pm 0,1^B$	$3 \pm 0,1^B$	$3 \pm 0,2^B$
Produit B				
Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
$2,8 \pm 0,1^A$	$3 \pm 0,2^B$	$3 \pm 0,2^B$	$3 \pm 0,2^B$	$3 \pm 0,2^B$
Produit C				
Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
$2,8 \pm 0,2^A$	$3 \pm 0,2^B$	$3 \pm 0,2^B$	$3 \pm 0,2^B$	$3 \pm 0,1^B$
Produit D				
Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
$2,8 \pm 0,1^A$	$3 \pm 0,1^B$	$3 \pm 0,3^B$	$3 \pm 0,2^B$	$3 \pm 0,2^B$

Les résultats de la variation de la matière grasse des produits (A, B, C et D) au cours du stockage dans la figure suivante: (A: yaourt témoin sans incorporation, B: yaourt incorporé en d'avoine a 2%, C : yaourt incorporé en d'avoine a 4%, D: yaourt incorporé en d'avoine a 6 %)

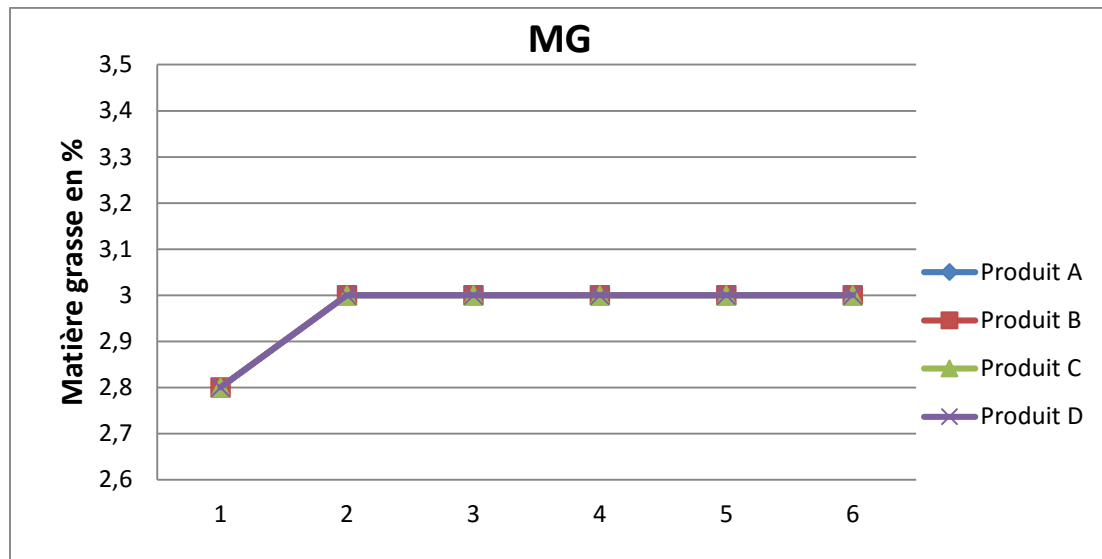


Figure n° 13: La variation de la MG des produits (A, B, C et D) au cours du stockage.

Nous observons que pour tous les produits (A, B, C et D), la teneur en matière grasse augmente légèrement à partir de la 1^{re} semaine jusqu'à la 2^{ème} semaine (2,8% à 3%) et se stabilise tout au long de la période conservation (de la 2^{ème} à la 5^{ème} semaine). Cette légère variation est non significative ($p < 0.05$). Selon (Vignola, 2002), un yaourt peut avoir un contenu en gras se situant entre 0,1 et 10%.

Notre yaourt est classé parmi les yaourts partiellement écrémés par le fait qu'il contient 3 % de matières grasses. Ce qui est confirmé par Luquet et Corrieu (2005), qui disent que le taux de la matière grasse est compris entre 0,5 et 3% dans le cas des yaourts partiellement écrémés.

Ainsi, cette stabilité est peut-être due selon Bonnefoy et al. (2002), à la non-contamination par la flore lipolytique, compris les levures et les moisissures. Keilling et Dewilde (1986), ajoutent que la présence de la MG accroît les risques d'oxydation et de rancissement très légèrement au cours de la conservation et surtout lorsque les bouteilles sont ouvertes.

1.2.4. Variation de l'EST

Tableau : Résultats de l'EST des produits (A, B, C et D) au cours du stockage

Produit A				
Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
21,3 ± 0.05 ^N	21,62 ± 0.02 ^M	20,96 ± 0.03 ^Q	21,2 ± 0.1 ^O	20,22 ± 0.03 ^R
Produit B				
Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
22,5 ± 0.02 ^I	22,25 ± 0.02 ^K	22,4 ± 0.01 ^J	21,95 ± 0.01 ^L	21,1 ± 0.01 ^P
Produit C				
Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
23,2 ± 0.01 ^G	23,35 ± 0.01 ^F	23,8 ± 0.02 ^E	23,74 ± 0.02 ^E	22,9 ± 0.01 ^H
Produit D				
Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
24,9 ± 0.02 ^C	25,5 ± 0.02 ^A	25 ± 0.1 ^B	24,8 ± 0.1 ^D	23,82 ± 0.02 ^E

Les résultats de l'EST des produits (A, B, C et D) au cours du stockage sont présentés dans la figure suivante : (A : yaourt témoin sans incorporation, B: yaourt incorporé en d'avoine a 2%, C : yaourt incorporé en d'avoine a 4%, D: yaourt incorporé en d'avoine a 6 %)

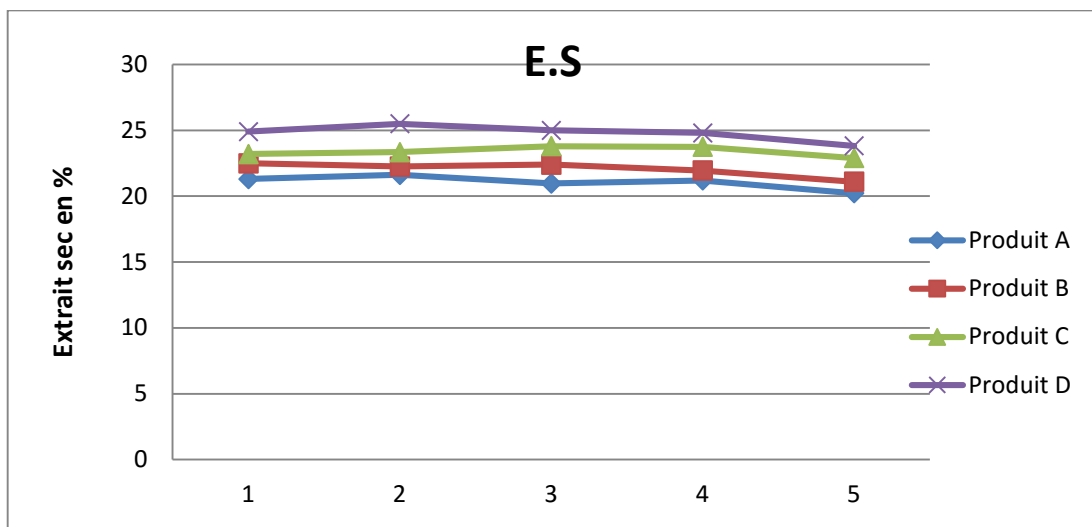


Figure n° 14 : La variation de l'EST des produits (A, B, C et D) au cours du stockage.

D'après les résultats figurés précédemment, nous remarquons que les valeurs de l'EST des yaourts incorporé de l'avoine (B, C, D) ont été plus élevées par rapport à celle du yaourt témoin durant toute la période de stockage.

On peut expliquer le taux élevé d'EST des yaourts incorporés en avoine, par la portion d'avoine ajoutée.

L'EST varie légèrement à partir de la première semaine de fabrication jusqu'à la 4^{ème} semaine pour tous les produits finis. Cette légère variation est non significative.

Pour tous les produits finis, le yaourt témoin et le yaourt incorporé d'avoine on constate que le taux d'EST reste stable durant toute la période de stockage jusqu'à la 4^{ème} semaine, cette stabilité est peut être due à la température basse de stockages et par conséquent pas d'activité microbienne et plus précisément pas d'activité protéolytique des bactéries lactiques, à partir de 4^{ème} semaine d'EST diminué légèrement pour tous les produits finis, cette diminution est peut être due à la activité microbienne et la flore d'altération est peut être due à d'activité protéolytique des bactéries lactiques,

2. Analyses microbiologiques

2.1. Matières premières

2.1.1 Eau de procès

Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau de procès sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau XIV: Résultats des analyses microbiologiques de l'eau de procès

Germes recherchés	Échantillon	Normes (JORA, 1998)
<i>Germes totaux</i>	0	< 10 ² UFC/ ml
<i>Coliformes totaux</i>	Abs	Abs / 100 ml
<i>Coliformes fécaux</i>	Abs	Abs / 100 ml
<i>Clostridium sulfitoréducteur</i>	0	< 5 spores / 20 ml

Abs : absence

Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau de procès indiquent une absence totale des germes d'indice de contamination fécale (*Coliforme totaux et fécaux*), des germes pathogènes (*anaérobies Sulfitoréducteurs*) et saprophytes (*germes aérobies mésophiles totaux*).

Ces résultats sont dus au fait que cette eau ; avant son arrivée au niveau du robinet a subit des traitements tels que le pré chloration, la filtration sur charbon actif, l'adoucissement, la désinfection par UV, ainsi le contrôle quotidien de l'eau pour détecter toute défaillance et la rectifier.

Selon **Larpen** (1991), l'eau de reconstitution présente une grande proportion dans la composition du lait donc elle doit être de bonne qualité bactériologique, dépourvue de pesticides, et débarrassée de sels de chaux et de magnésium afin d'éviter l'entartage des appareils et des conduites, avec une pureté chimique satisfaisante, dépourvue d'ions métalliques.

Les résultats du dénombrement de la flore totale, coliformes totaux et coliformes fécaux sont conformes aux normes. Donc, du point de vue microbiologique, l'eau de procès utilisée pour la production du yaourt Arib est de bonne qualité bactériologique.

2.1.2. Résultats d'analyses microbiologiques de l'avoine

Les résultats des analyses effectuées sur les flocons d'avoine et la farine d'avoine sont présentés comme suit dans le tableau suivant. (Tableau XV)

Tableau XV: Résultats des analyses microbiologiques de la farine et flocon d'avoine.

	Avant traitement		Après traitement (130 °C pendant 30 min)	Normes (JORA, 1998)
	Farine d'avoine	Flocon d'avoine		
<i>Germes totaux</i>	780	90	Abs	ND
<i>Clostridium sulfitoréducteur</i>	Abs		Abs	10 ²
<i>Levure</i>	110	20	Abs	ND
<i>Moisissures</i>	310	30	Abs	10 ²

ABS : absence.

ND : non déterminé

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur l'avoine montrent que ces dernières ont présenté une certaine charge microbienne (présence de levures, des moisissures et GAMT) parce qu'ils ont été en contact direct avec l'air ambiant.

2.1.3. Poudre de lait

Le tableau suivant illustre les résultats d'analyse microbiologiques de la poudre de lait

Tableau XVI: Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait.

Germes recherchés	Échantillon	Normes (JORA, 1998)
<i>Germes totaux</i>	90	2. 10 ⁵ UFC / g
<i>Coliformes totaux</i>	0	1 UFC / g
<i>Coliformes fécaux</i>	Abs	Abs / g
<i>Clostridium sulfitoréducteur</i>	Abs	Abs / g
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs / g
Levures	0	< 10 UFC / g
Moisissures	0	< 10 UFC / g

Abs : absence

Les résultats des analyses microbiologiques sur la poudre de lait au niveau de l'unité Arib montrent que les échantillons examinés répondent aux normes fixées par la législation nationale du Journal officiel de la République Algérienne.

En ce qui concerne les FTAM, on note une faible présence de germes de 90 germes/g de produit, qui est négligeable et reste conforme en comparaison avec les normes, leur apparition est peut être due à une contamination au moment du prélèvement des échantillons.

Même si la présence de cette charge est vraiment existante dans la poudre de lait, cela n'aura aucune conséquence sur le produit fini, car il subira un traitement thermique lors de processus de fabrication, ce qui éliminera des germes présents (**Renzo**, 1988).

Concernant les autres germes, on constate une absence totale, ce qui indique que notre poudre de lait est de bonne qualité microbiologique et que les conditions de transport (du pays d'origine, au port et jusqu'à l'usine), de conservation et de stockage sont satisfaisantes.

Effectivement, le contrôle de cette matière à son arrivée du pays d'origine est très important, sachant qu'il existe des germes pathogènes pouvant être conservés et qui nuirait à la santé du consommateur.

Selon **François** et *al.* (1996), la poudre de lait doit avoir un gout agréable, une bonne salubrité, une bonne qualité hygiénique et une bonne conservation de la valeur nutritionnelle.

2.1.4. Sucre

Les résultats des analyses microbiologiques du sucre sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau XVII : Résultats des analyses microbiologiques de sucre.

Germes recherchés	Échantillon	Normes (JORA, 1998)
<i>Germes totaux</i>	13	20 germes / g
<i>Coliformes totaux</i>	2	5 germes / g
<i>Coliformes fécaux</i>	Abs	Abs / g
<i>Clostridium sulfitoréducteur</i>	Abs	Abs / g
<i>Staphylococcus aureus</i>	Abs	Abs / g
Levures	0	1 germe / g
Moisissures	0	1 germe / g

Abs : absence

Les résultats microbiologiques représentés dans le tableau XVII montrent que le sucre entrant dans la fabrication du yaourt répond aux normes indiquées dans le **JORA** par l'absence totale des germes saprophytes ou pathogènes, seulement pour la FTAM et les Coliformes totaux, on note une faible présence de germes, négligeable et reste conforme en comparaison avec les normes.

Même si la présence de ces charges est vraiment existante dans le sucre, cela n'aura aucune conséquence sur le produit fini, car il subira un traitement thermique lors de processus de fabrication, ce qui éliminera des germes présents (**Renzo**, 1998).

Concernant les autres germes, on constate une absence totale, cela s'explique par le bon traitement de ses ingrédients lors de la fabrication, les bonnes conditions de stockage telles que la température, l'aération, l'humidité.

Auclair et Richard (1996), confirment que l'humidité élevée dans un lieu de stockage favorise d'une part l'activité métabolique surtout dans les milieux riches en sucre ou en lactose ce qui va déclencher la réaction de Maillard et d'autre part la prolifération des germes saprophytes surtout les levures et les moisissures pouvant détériorer le produit.

2.2. Produits finis

Les résultats des analyses microbiologiques des produits (A, B, C et D) pendant leur stockage sont illustrés dans le tableau suivant : (A : yaourt témoin sans incorporation, B: yaourt incorporé en d'avoine a 2%, C : yaourt incorporé de l'avoine a 4%, D: yaourt incorporé en d'avoine a 6 %).

Tableau XVIII : Résultats des analyses microbiologiques des coliformes totaux des produits fini (A, B, C et D) au cours du stockage (log UFC/g).

semaine/produits	Produit A	Produit B	Produit C	Produit D
S1	0.22	0.90	0.45	1,36
S2	0.68	2.27	1.13	1.81
S3	1.13	3,63	1.59	2.72
S4	1.36	5.45	1.81	3.40
S5	2.04	6.36	3.63	4.54
Normes (JORA, 1998)	10	10	10	10

Tableau XIX : Résultats des analyses microbiologiques des levures des produits (A, B, C et D) au cours du stockage (log UFC/g).

semaine/ produit	Produit A	Produit B	Produit C	Produit D
S1	2,27	6,36	2,95	3,63
S2	5,22	7,95	4,31	7,5
S3	1,22.10	1,2.10	9,31	1,7.10
S4	1,5.10	2,06.10	1,3.10	2,2.10
S5	2,02.10	2,8.10	2,3.10	3,25.10
Normes (JORA, 1998)	100	100	100	100

Tableau XX : Résultats des analyses microbiologiques des produits (A, B, C et D) au cours du stockage (log UFC/g).

Germes/semaine	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	Normes JORA (1998)
	Produits A,B,C,D	Produits A,B,C,D	Produits A,B,C,D	Produits A,B,C,D	Produits A,B,C,D	
Coliformes fécaux (germes/ml)	0	0	0	0	0	1
Staphylococcus aureus (germes/ml)	0	0	0	0	0	10
Moisissures (germes/ml)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence

Abs : absence

Les résultats des analyses microbiologiques des différents produits finis à T=6°C montrent l'absence totale des germes pathogènes ou d'altérations recherchées : coliformes fécaux, *Staphylococcus aureus*, moisissures pendant toute la période de stockage. Seulement pour les coliformes totaux et les levures, on note une faible présence de germes, qui sont négligeables et les résultats restent conformes en comparaison avec les normes **JORA** (1998).

Nous constatons que le produit analysé ne présente aucun risque pour la santé du consommateur, car il ne contient aucune bactérie pathogène responsable d'intoxication et cela même après avoir dépassé la DLC (Date Limite de la consommation). Nos résultats sont conformes aux normes du **JORA** (1998).

Les résultats précédents confirment :

- ✓ La bonne qualité microbiologique et hygiénique de la matière première et des ingrédients (eau de procès, poudre de lait, avoine, sucre), et de l'emballage (pot de yaourt)
- ✓ Le traitement thermique efficace
- ✓ La technologie rigoureuse de la préparation
- ✓ Les bonnes conditions de stockage. En fait le stockage du yaourt dans le froid à une température adéquate de +4°C à +6°C a pour effet de ralentir les réactions enzymatiques et chimiques, et par conséquent de ralentir aussi la multiplication et le métabolisme des micro-organismes. (**Guiraud**, 1998 ; **Spinnler**, 2004)

A tous ces facteurs s'ajoutent un élément essentiel qui le pH bas. D'après **Figarella et al.** (2001), les yaourts ont une conservation relativement longue par rapport à d'autres produits frais, car le pH acide inhibe la croissance des autres bactéries.

Enfin, on peut dire que la combinaison d'un traitement thermique efficace, d'une bonne qualité microbiologique de matière première et d'une préparation dans des bonnes conditions opératoires et hygiéniques, offre une meilleure qualité microbiologique aux produits

2.3. Qualité organoleptique des produits finis

Les résultats des analyses organoleptiques qui sont faites par un test de dégustation au biais d'un jury formé de 20 personnes.

Le formulaire de l'examen organoleptique de yaourt incorporé en d'avoine à 2%, yaourt incorporé de l'avoine a 4%, yaourt incorporé en d'avoine a 6 %)

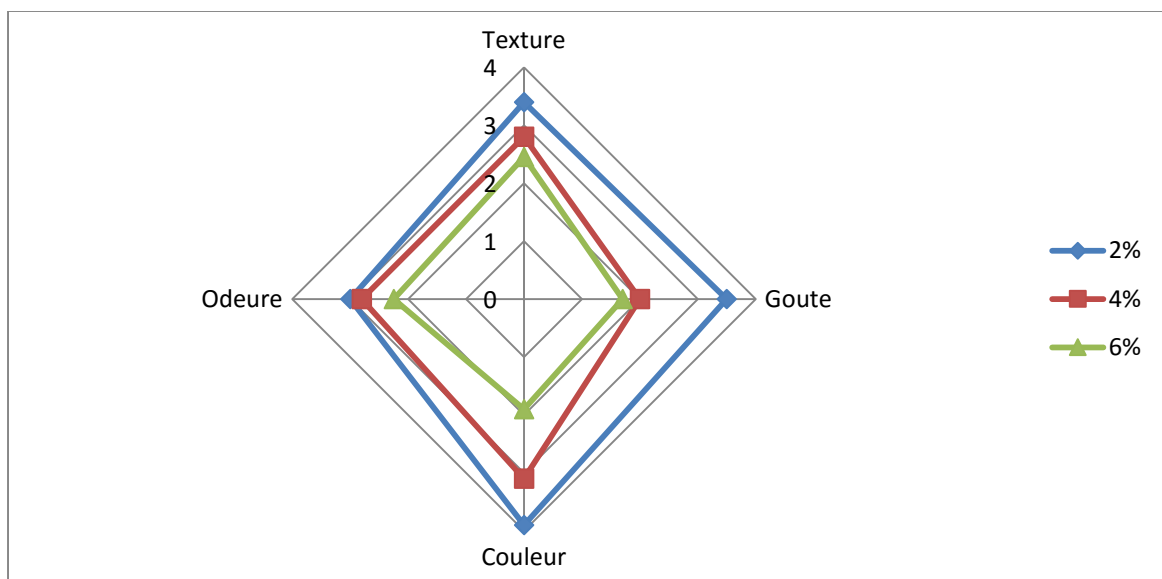
Tableau XXI : Résultats des analyses organoleptiques des produits finis

Les notes sont effectuées selon une échelle de 1 à 4 associée au paramètre suivant ;

NB ; Evaluation de 1 - 4 (1- très bon ; 2- bon ; 3- moyen ; 4- médiocre)

Caractéristiques produits	Aromatisation		Texture		Goût	Couleur	Odeur
	Arome	Caracté- Ristique	Aspect	Viscosité			
1	Vanille	2%	3.2	3.6	3.5	3.9	3
2	Vanille	4%	2.7	2.9	2	3.1	2.8
3	Vanille	6%	2.4	2.5	1.7	1.9	2.25

Figure n°15 : Représentation des résultats organoleptiques sur le yaourt incorporé en avoine des différents taux 2%, 4% et 6 %



Les résultats de l'analyse organoleptique des différents produits finis montrent

- ❖ La texture la plus adoptée par les dégustateurs est celle du yaourt incorporé de 4% d'avoine.
- ❖ Le gout le plus adopté par les dégustateurs est celui du yaourt incorporé de 6% d'avoine.
- ❖ La couleur la plus adoptée par les dégustateurs est celle du yaourt incorporé de 6% d'avoine (une couleur blanche crème).
- ❖ L'odeur la plus adoptée par les dégustateurs est celle du yaourt incorporé de 6% d'avoine.

D'après les résultats de l'analyse sensorielle obtenus, on constate que :

Le yaourt incorporé de 6% d'avoine est le plus adopté par les dégustateurs, Grâce à l'effet de l'avoine sur le yaourt qui améliore la qualité organoleptique.

La farine d'avoine et les flocons d'avoine augmente l'EST du yaourt qui provoque une meilleure consistance, plus le yaourt est conservé au froid plus la viscosité augmente, le gout est peu acide et amélioré par l'addition de l'arome vanille, la couleur blanche crème attirante et la bonne répartition des particules des flocons d'avoine offrant un bon aspect gustatif et visuelle a chaque cuillère.

Conclusion

Du fait des diverses vertus nutritionnelles et thérapeutiques de l'avoine liée à ses fortes teneurs en fibre alimentaire, un enrichissement d'un yaourt brassé aromatisé à différentes concentrations d'avoine sous forme de farine et des flocons de 2,4 et 6% a été réalisé.

Ce travail avait pour objectif de réaliser un suivi des paramètres physico-chimiques au cours du stockage jusqu'à la DLC, à 6°C du yaourt brassé aromatisé incorporé en avoine à différents taux, et en parallèle, voir l'effet de la substance sur les paramètres physico-chimiques, organoleptiques et microbiologiques du yaourt.

D'après les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur la farine et flocon d'avoine on a constaté que ces derniers sont les principales sources des fibres alimentaires ont une teneur moyenne 8%, sont aussi des fournisseurs importants de protéines contenant respectivement 11,02% et 13,25%, le taux de lipides trouvé est de 6,09 % et 6,82%. Il est intéressant de noter que de toutes les céréales, l'avoine est la plus riche en lipides principalement en acides gras insaturés (**Food and Drug Administration**) ;

Les résultats obtenus lors des différents contrôles de la qualité effectués sur les autres matières premières pour la formulation du yaourt brassé ont montré que l'eau de procédé destinée pour la reconstitution du lait, poudre de lait et le sucre compris dans les intervalles fixés par les normes de **JORA**;

Les résultats microbiologiques effectués sur les matières premières sont conformes et réponds aux normes de **JORA**.

Le suivi de la qualité physicochimique des produits finis au cours du stockage, nous a permis de constater que, le pH du yaourt incorporé d'avoine à 6% on observe de faibles différences du pH variant entre 4,51 pour la 1^{re} semaine et 4,37 pour la 5^e semaine. L'acidité Dornic augmente légèrement et ne s'éloigne pas trop de sa valeur initiale 84°D, pour le yaourt enrichi avec 6% d'avoine a atteint après 5 semaines de stockage la valeur de 96°D. Les valeurs 22.5%, 23.2% et 24.9% de l'EST des yaourts incorporés d'avoine des taux 2%, 4% et 6% sont élevées par rapport à celle du yaourt témoin durant toute la période de stockage ; la teneur en matière grasse reste stable pendant toute la période de stockage, cette stabilité est peut-être due selon **Bonnefoy et al.** (2002), à la non-contamination par la flore lipolytique.

Sur le plan organoleptique, le yaourt incorporé à un taux de 6% d'avoine présente une meilleure consistance, tant qu'il est conservé au froid qui lui permet d'augmenter la viscosité ; le goût est peu acide et la couleur est blanc crème attirante, ce dernier été largement adopté par les dégustateurs.

Donc, notre yaourt fabriqué est conservé à 6°C, présente une bonne qualité physico-chimique, microbiologique et organoleptique répondue aux besoins du consommateur.

Références bibliographiques

Accolas J.P., Hemme D., Desmazeaud M.J, Vassal L., Bouillane C. et Veaux M. (1980). Les levains lactiques thermophiles Propriétés et comportement en technologie laitière. Lait, 60,487-524

ANONYME : (Clement grand court et prat, 1970.)

NAXELSSON L. Classification and physiology **In** : Lactic acid bacteria: Microbiological and functional aspects. Salsinen S., Wright A.V., Ouwehand A. 3e Ed. New York, Marcel Dekker, Inc., 2004, vol. 633, 1 - 66.

AMMOR S., TAVERON G., DUFOUR E., CHEVALLIER I. Antibacterial activity of lactic acid bacteria against spoilage and pathogenic bacteria isolated from the same meat small-scale facility, 1-Screening and characterization of the antibacterial compounds. Food Control. 2006, vol. 17, 454-461.

Amoroso M.J, Manca de Nadra M.C et Olivier G. (1988). Glucose, galactose, fructose, lactose and sucrose utilization by *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* isolated from commercial yoghurt Milchwissenschaft, 43, 10, 626-631.

(Amelioretasante.com 2018). Magasine

Beal C. et Sodini I., 2003. Fabrication des yaourts et des laits fermentés in technique d'ingénieur. Traité groalimentaire .Paris .f6315.17p.

BENSALEM M., 1998 : La qualité du céréale dans la région méditerranéenne,série A N° 22,

Belaid d., 1986 : Aspect de la céréaliculture algérienne, Ed- O.P.U, 217p.

Belaid d., 1987 : Etude de la fertilisation azotée et phosphatée (Hedba3) en conditions de déficit hydrique, Mémoire de magistère. I.N.A 108p

Belaid.d., 1996. Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben-Aknoun (Alger), 206p

Belaid.d., 1996. Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben-Aknoun (Alger), 206p

Bourgeois CM., Mexele NP. et Zucca J., 1996. Microbiologie alimentaire : aspect microbiologique de la sécurité et la qualité des aliments .Tome 1 ; édition Lavoisier ,Paris. 272 – 292pp.

- Bourgeois CM. et Larpent JP., 1996.** Microbiologie alimentaire 2 : les fermentations alimentaires. 2^{ème} édition. Tec et Doc- Lavoisier. Paris.
- Carole L., Vignola., 2002.** Fondation de la technologie laitière du Québec, science et technologie du lait, transformation du lait. Les presses internationales polytechniques, édition scientifique, 587p.
- Cerning J. (1990).** Exeo cellular polysaccharides produced by lactic acid bacteria F.E.M.S Microbiology Rev, 87, 113-130.
- COLLINS M.D., FARROW J.A.E., PHILLIPS B.A., FERUSU S. AND JONES D.** Classification of *Lactobacillus divergens*, *Lactobacillus piscicola*, and some catalase-negative, asporogenous, rod-shaped bacteria from poultry in a new genus, *Carnobacterium*. Int. J. Syst. Bacteriol. 1987, vol. 37, 310-316.
- CASABURI A., VILLANI F., TOLDRA F., SANZ Y.** Protease and esterase activity of staphylococci. International Journal of Food Microbiology. 2006, vol. 112, 223-229.
- Conseil International de Céréales (CIC).** 2013.) page officiel
- Dellaglio F. (1989).** Characteristic of thermophilic lactic acid bacteria. Les laits fermentés Actualité de la recherche Ed.J.Libbeylrd., 11-18.
- Dellaglio F., de Roissard H., Torriani S., Curk M.C. et Janssens D., 1994.** Caractéristiques générales des bactéries lactiques. In : Bactéries lactiques (De Roissard H. et Luquet F.M.). *Lorica, Uriage. 1* : 25-116.
- DICKS L.M.T., MELLETT F.D., HOFFMAN L.C.** Use of bacteriocin-producing starter cultures of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus curvatus* in production of ostrich meat salami. Meat Science. 2004, vol. 66, 703-708.
- DICKS L.M.T.** Production of salami from beef, horse, mutton, Blesbok (*Damaliscus dorcas phillipsi*) and Springbok (*Antidorcas marsupialis*) with bacteriocinogenic strains of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus curvatus*. Meat Science. 2007, vol. 77, 405-412.
- (Direction des Services Agricoles, 2016).**
- Dominique soltner., 2005.** Les bases de la production végétale : le sol et son amélioration, tome 1, 24 ed., p231.
- (Douniazed f, Diététicienne).** Article publiée dans quacker oats
- ENDO A., OKADA S.** Monitoring the lactic acid bacterial diversity during shochu fermentation by PCR-denaturing gradient gel electrophoresis. Journal of Bioscience and Bioengineering. 2005, vol. 99, 216-221.
-

- EDWARDS C.G., COLLINS M.D., LAWSON P.A., RODRIGUEZ A.V.** *Lactobacillus nagelii* ssp. nov., an organism isolated from a partially fermented wine. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2000, vol. 50, 699 - 702.
- FAO ,1995.** Le lait et les produits laitiers dans nutrition humaine .p16.
- FDA ,2006.** Food and Drug Administration
- Fredot É., 2005.** Connaissance des aliments, bases alimentaires et nutritionnelles de ladiététique, Lavoisier, 31-70pp.
- Fellet P., 2000 :** Le grain de blé : composition et utilisation .Ed Inra. 308p.
- Fillet., 2000.** La graine de blé composition et utilisation ; INRA paris p46, 82 Hachette livre
- FIGUEIREDO A.R., CAMPOS F., DE FREITAS V., HOGG T., COUTO J.A.** Effect of phenolic aldehydes and flavonoids on growth and inactivation of *Oenococcus oeni* and *Lactobacillus hilgardii*. *Food Microbiology*. 2008, vol.25, 105-112.
- Florence M., Anna b.** Chambre d'agriculture des pays de loire article publié en septembre 2011.
- GUIRAUD J.-P.** Microbiologie alimentaire. Dunod – RIA. 2003, 696.
- Guiraud J.P . et Rosec J.P ., 2004.** pratique des normes en microbiologie alimentaire , AFNOR.france , 300P.
- Jeantet R., Croguennec T., Schuck P., Brulé G., 2007.** Sciences des aliments : biochimie, microbiologie, procédés, produits .volume 2 : technologie des produits alimentaire stabilisation biologique et physico-chimique. Édition Tec et Doc-Lavoisier. Paris. 30-33pp.
- Jeantet, R., Croguennec T., Michel M. ,Schuck P., Brulé G., 2008.** Les produits laitiers.Ed. Tec & Doc Lavoisier. 23-35pp.
- KLEIN G., PACK A., BONAPARTE C., REUTER G.** Taxonomy and physiology of probiotic lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*. 1998, vol. 41,103-125.
- KRIEG N.R.** The Archaea and the deeply branching and phototrophic bacteria - Identification of procaryotes. **In** *Bergey's Manual of systematic Bacteriology*. Garrity G. M., Boone D. R., Castenholz R. W. Williams and Wilkins, Baltimore. 2001, 721, 33 - 38.
- Lenoir J., Hermier J.Weber F., (1992)** Les groupes microbiens d'intérêt laitier CIPIL : 30-50.
- Leveau J.Y. et Bouix M., 1993.** Microbiologie industrielle : les microorganismes d'intérêt industriel. *Tec & Doc, Lavoisier*. Paris. 85-87.
-

Leveau J.Y., Boiux M. et De Roissart H.B., 1991. La flore lactique : technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro alimentaires. *2e Ed., Tec & Doc, Lavoisier.* Paris. **3** : 2-40.

LIMSOWTIN G.K.Y., BROOME M.C., POWELL I.B. Lactic acid bacteria, taxonomy. **In** Encyclopedia of Dairy Sciences. Roginski H. Oxford, Elsevier. 2004, 1470-1478.

Luquet F. M., 1985. Lait et produits laitiers. Vache. Brebis .Chèvre : les produits laitiers. transformation et technologie. Tome2. Ed. Lavoisier. 42- 49pp.

Luquet F .M. Corrieu G., 2005. Bactéries lactiques et probiotiques. Lavoisier .p 1-69

MÄYRÄ-MÄKINEN A., BIGRET M. Industrial use and production of lactic acid bacteria. **In** Lactic acid bacteria - Microbiological and functional aspects. Salminen S., Wright A.V., Ouwehand A.C. Marcel Dekker, Inc. New York. 2004, 617, 175 -198.

MUTHUKUMARASAMY P., HOLLEY R.A. Microbiological and sensory quality of dry fermented sausages containing alginate-microencapsulated *Lactobacillus reuteri*. International Journal of Food Microbiology. 2006, vol. 111, 164-169.

Mahaut M., Romain J., Brûlé G et Schuck P, 2000. Les produits industriels laitiers. Ed Tec et Doc - Lavoisier.

Mekliche A., 1983 : Contribution à l'établissement de la fertilisation azotée du blé d'hiver dans le haut Chélif. Mémoire de magistère. I.N.A. Alger .81p.

Martin prevel p., 1984 : L'analyse végétal dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales pp 653-667.

SIMPSON W.J., TAGUCHI H. The genus *Pediococcus* with notes on the genera *Tetragenococcus* and *Aerococcus*. **In** The Genera of Lactic Acid Bacteria. Wood B.J.B., Holzapfel W.H. Chapman & Hall, London. 1995, 125 – 172

Sirodot.g-e., 2016. L'avoine, description, classification, Etude du grain des variétés Françaises et Etrangères, culture.

SNEATH P.H.A. The Archaea and the deeply branching and phototrophic bacteria - Bacterial Nomenclature. **In** Bergey's manual of systematic bacteriology. Garrity G.M., Boone D.R., Castenholz R.W. 2e Ed. 2001, 721, 83 - 88.

SCHLEIFER K.H. Recent changes in the taxonomy of lactic acid bacteria. FEMS icrobiology Letters. 1987, vol. 46, 201-203.

Soltner ., 1988 : Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 16ème éditions 464P.

Tamime A.Y. et Deeth H.C. (1980). Yogurt: Technology and biochemistry. J. Food

protection, 43, 12, 939-977.

TEIXEIRA L.M., CARVALHO M.G.S., FACKLAM R.R. *Vagococcus*. In Encyclopedia of Food Microbiology. Robinson R.K. Oxford, Elsevier. 1999, 2215-2220.

(tela-botanica.org. 2013) magazine

Vignola C.L., 2002. Science et technologie du lait, transformation du lait. Ecole polytechnique de Montréal .Canada .443 – 469pp.

Annexe 1

L'appareillage, les solutions, les réactifs, la verrerie, les milieux de culture

➤ Matériel utilisé

- ✓ Agitateur ;
- ✓ Appareil de Soxhlet ;
- ✓ Bain-marie ;
- ✓ Balance à précision ;
- ✓ Moulin traditionnel ;
- ✓ Burette ;
- ✓ Capsule.
- ✓ Centrifugeuse ;
- ✓ Dessiccateur ;
- ✓ Distillateur ;
- ✓ Etuve ;
- ✓ Four à moufle ;
- ✓ Minéralisateur ;
- ✓ Papier filtre ;
- ✓ Pincés stériles;
- ✓ pH mètre ;
- ✓ Tamis.

❖ Réactifs

- ✓ Acide borique. ;
- ✓ Acide chlorhydrique ;
- ✓ Acide sulfurique ;
- ✓ Eau distillée ;
- ✓ Ether de pétrole ;
- ✓ Glucose ;
- ✓ Hydroxyde de sodium ;
- ✓ Phénol ;
- ✓ Soude ;
- ✓ Sulfate de cuivre ;
- ✓ Sulfate de potassium ;
- ✓ Liqueur de Fehling ;

❖ Verreries

- ✓ Anse à boucle ;
 - ✓ Becher 250 ml et 50 ml ;
 - ✓ Capsules métalliques ;
 - ✓ Fioles jaugé de 100 et 200 ml ;
 - ✓ Ballon de 250 ml ;
 - ✓ Boîtes de pétries en plastiques de 90 mm de diamètre ;
 - ✓ Erlen Meyer de 250 et 500 ml ;
 - ✓ Pipettes pasteur ;
 - ✓ Pipettes de 0.1, de 10 et de 25 ml ;
 - ✓ Tubes à essai stériles;
-

❖ Compositions des milieux de cultures

MILIEU DE CULTURE	COMPOSITION	QUANTITEE	pH
Gelose Plat count agar (PCA)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Peptone ❖ Extrait de levure ❖ Glucose ❖ Eau distillée ❖ Autoclaver 	<ul style="list-style-type: none"> • 5g • 2,5g • 1g • 1000 ml • 20 mn à 120 °C 	5,4
VRBL : (Gélose Lactosée Biliée au Cristal Violet et au Rouge Neutre)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Peptone ❖ Extrait de levure ❖ Sels biliaries ❖ Glucose ❖ Chlorure de sodium ❖ Rouge neutre ❖ Cristal violet ❖ Lactose ❖ Autoclaver 	<ul style="list-style-type: none"> • 7g • 5g • 1,5g • 10g • 5g • 30mg • 2mg • 12g • 20mn à 120°C 	7,4
Bouillon Lactose à la Poudre de Bromocrésol (BCPL)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Peptone ❖ Extrait de viande ❖ Lactose ❖ Poudre de bromocrésol ❖ Eau distillée 	<ul style="list-style-type: none"> • 5g • 3g • 10 g • 25 g • 1000 mL 	7
Gélose glucose à l'Oxytétracycline (OGA)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Extrait de levure ❖ Glucose. ❖ Agar. ❖ Eau distillé. 	<ul style="list-style-type: none"> • 5g. • 20g • 16g • 1000ml 	6,8
Gélose viande foie (VF)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Extrait viande foie ❖ Amidon ❖ Glucose ❖ Agar ❖ Eau distillée 	<ul style="list-style-type: none"> • 30g • 2g • 2g • 11g • 1000ml 	
Milieu Sabouraud	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Peptone de viande ❖ Peptone de caséine ❖ Glucose ❖ Eau distillée 	<ul style="list-style-type: none"> • 5g • 5g • 20 g • 1000 mL 	6,3
Gélose mannitol (Chapman)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Extrait de viande 1g ❖ Peptone 10g ❖ Chlorure de sodium 5g ❖ Mannitol 10g ❖ Rouge de phénol 25mg ❖ Gélose 15 mg ❖ Eau distillée 	<ul style="list-style-type: none"> • 1g • 10g • 5g • 10g • 25 mg • 15 mg • 1000 ml 	7,4



Balance à précision



Étuve d'incubation



Four à moufle



Dessiccateur



Étuve d'incubation à 37°C



Étuve d'incubation à 45°C

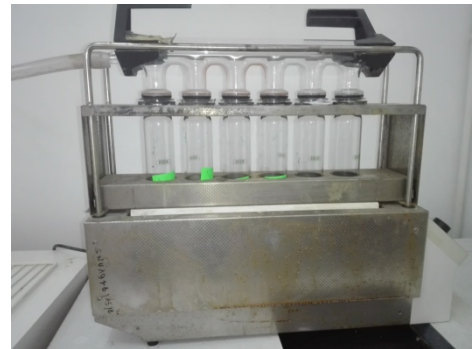


Soxhlet

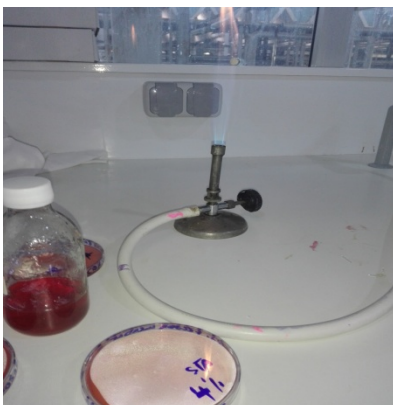
Étuves d'inc



pH mètre



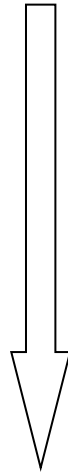
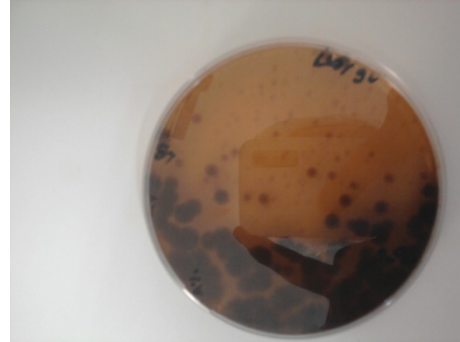
Minéralisateur



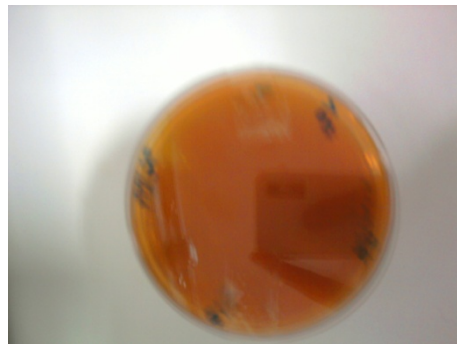
Bec benzène

Figure n°16:

- ❖ La présence de la flore fongique dans la farine et les flocons d'avoine avant traitement (Photographié original)

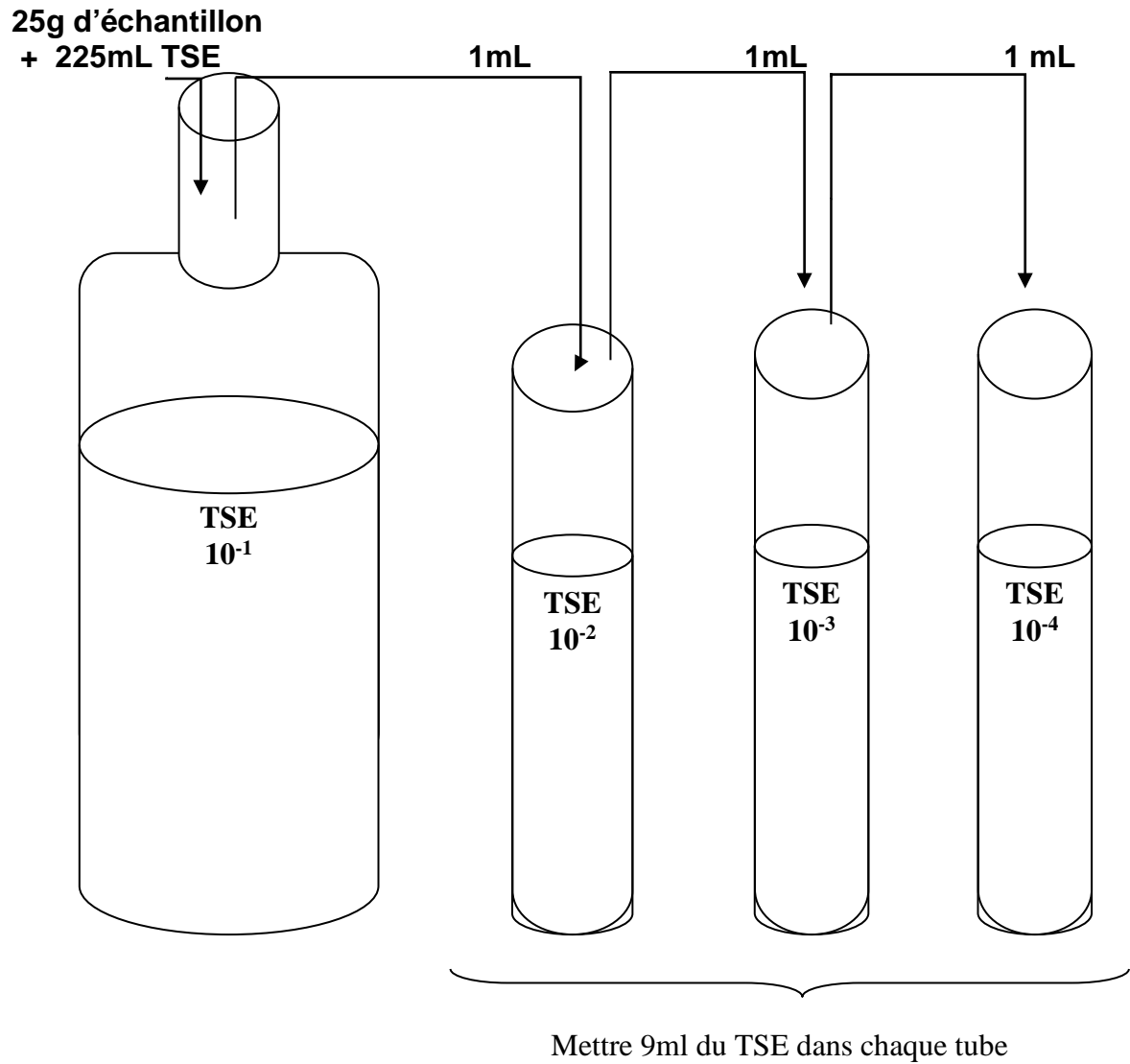


L'absence de la flore fongique dans
La farine et flocon d'avoine
après traitement thermique

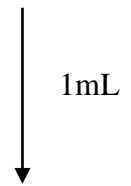
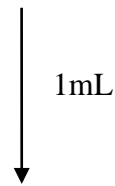
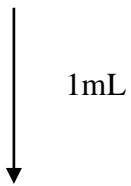
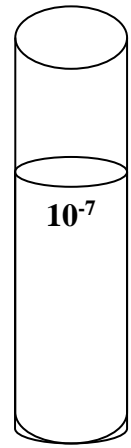
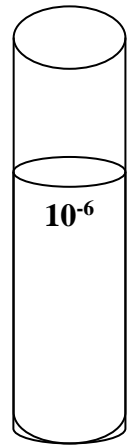
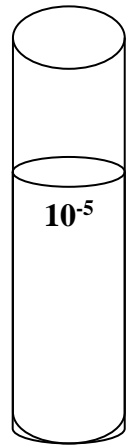


Annexe 3

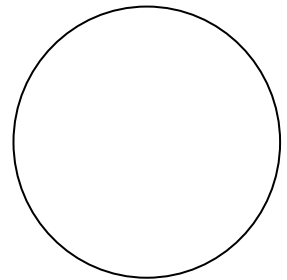
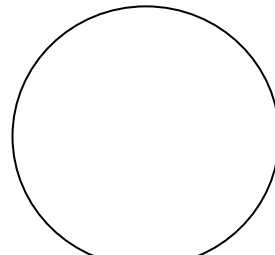
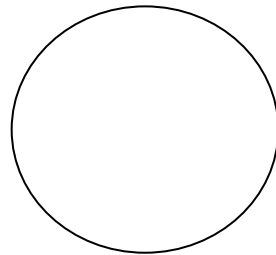
Figure n°17: Technique de préparation des dilutions décimales



Délutions
décimales



Verser
la gélose



L'incubation des boîtes a des températures optimales pour chaque bactérie

Annexe 4

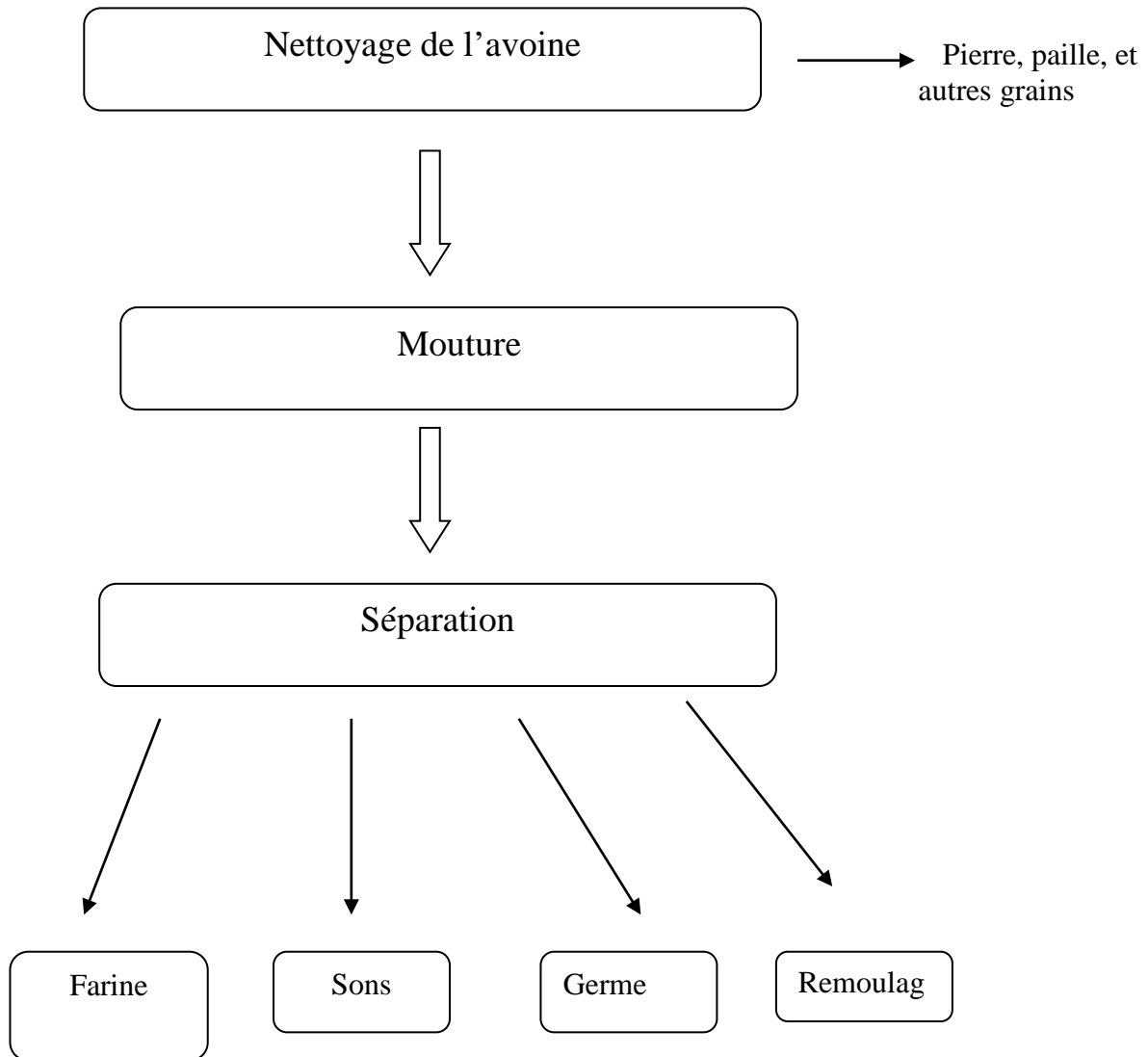


Figure n°18: Schéma présente les différentes étapes d'obtention la farine d'avoine