

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE -ALGER

المدرسة الوطنية للبيطرة - الجزائر

PROJET DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLOME DE DOCTEUR VETERINAIRE

THEME

*Qualité bactériologique des œufs
et des ovoproduits au niveau de
la wilaya d'Alger*

Présenté par : **Mlle AMARA MADI Fatma Zohra**
Mlle MERZOUK Nawel
Mr REZINE Mohamed Walid

Soutenu le : **JUIN 2006**

Le jury

Président : **Mr BENOUADH. A (Maître de conférence à ENV)**
Promoteur : **Mr HAMDIT.M (Chargé de cours à l'E.N.V)**
Examineur : **Mr BOUZIANE. A.M (Chargé de cours à l'E.N.V)**
Examineur : **Mr BENDEDDOUCHE. B (Chargé de cours à l'E.N.V)**
Co- Promotrice : **Mme SAHRAOUI. L (professeur ingénieur à l'ENV)**

Année universitaire : 2005/2006

Remerciement

Nous tenons à remercier notre responsable de projet **Mr HAMDI** pour son encadrement, sa disponibilité, ses conseils avisés et son suivi attentif.

Nos remerciements particuliers s'adressent à notre co-promotrice Mme **SAHRAOUI**, de nous avoir aider à réaliser ce travail.

Nos vifs remerciements à **Mr BENOUADEH**, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de notre projet de fin d'études.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à **Mr BENDEDDOUCHE** et à **Mr BOUZIANE**, d'avoir accepter très aimablement de juger ce travail et d'en être les rapporteurs d'autant plus le délai accordé pour la lecture fut très limitée.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude aux personnels de **ZIDOU**, de nous avoir accueillir dans leur entreprise.

Nous remercions vivement le personnel de laboratoire (Latifa), de bibliothèque et tout ceux ou celle qui nous ont soutenu dans les moments les plus difficiles.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail ;

A mes très chers parents.

A mon frère : RAHIM et ma sœur WISSAM.

A mon trinôme : FATMA ZOHRRA et NAWEL.

A tout mes amis (es) surtout AMIR et HICHAM.

A toute ma grande famille.

Toute la promotion vétérinaire 2005-2006.

MOUHAMED WALID



Dédicace

Je dédie ce modeste travail ;

A mes tés chers parents : HAMID et AZIZA , à qui j'exprime ma plus profonde gratitude pour l'amour et le bonheur qu'il me procurent que dieu tout puissant les garde.

A mes frères et sœurs : TAHAR, RAFIK, IMEN et MERJEM.

A tout mes amis(es) surtout NANI, ADOULA, NORA et SALIMA.

A toute la famille MERZOUK, ainsi OUKACI MOURAD et NEDJAT.

A ma grande mère et toute la famille.

A toute la promotion vétérinaire 2005-2006.

FATMA ZOHRÀ



Dédicace

Je dédie ce modeste travail ;

A mon très cher père pour qui je prie dieu de bien l'accueillir dans son merveilleux paradis.

A ma très cher mère, que dieu la protège.

A mes frères, sœurs, sans oublier leurs époux, pour leur aide, leur amour et leur soutien.

*A mes adorables petits bou de choux nièces et neveux :
SOFIANE, NARYMENE, SARA, MATISSE et ANISSE.*

A ma grande famille.

A la famille AMARA MADI et en particulier la maman.

A mes très chers amis (es) : ZAZA, ADOULA, NADIA et AMIR.

A toute la promotion 2005- 2006.

NAWEL.

LISTES DES TABLEAUX ET DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Numéro du Tableau	Titres	Pages
Tableau 1	Proportions et teneurs en eau des différentes couches de l'albumen	13
Tableau 2	Analyse globale de la parti comestible (en %).	14
Tableau 3	valeur énergétique des différentes parties d'un œuf	14
Tableau 4	Les protéines du blanc d'œuf	15
Tableau 5	Les protéines du jaune d'œuf	16
Tableau 6	Coefficient d'utilisation digestive (CUD) des protéines du blanc d'œuf	17
Tableau 7	Coefficient biologique des protéines du blanc d'œuf	18
Tableau 8	Les lipides de l'œuf	19
Tableau 9	Les minéraux de l'œuf et leur rôle	20
Tableau 10	Vitamines liposolubles dans 100 g d'œuf	21
Tableau 11	Vitamines hydrosolubles dans 100 g d'œuf	22
Tableau 12	Valeur nutritive de l'œuf	23
Tableau 13	Des critères qualitatifs des œufs	27
Tableau 14	Différents germes de contamination des œufs de poule	33
Tableau 15	Types de micro-organismes isolés à partir de contenu d'œufs altérés	35
Tableau 16	Effet du poids corporel de la poule sur le poids des oeufs et le pourcentage de ponte	53
Tableau 17	Avantages des principaux types d'ovoproduits	58

PARTIE EXPERIMENTALE

Numéro du tableau	Titres	Pages
Tableau 18	Les principaux caractères biochimiques de Salmonella	71
Tableau 19	Liste des échantillons prélevés	73
Tableau 20	Résultats et la lecture des boîtes de Pétri	83
Tableau 21	Résultats sur l'utilisation des sucres	85
Tableau 22	Résultats des différents tests biochimiques utilisés pour la recherche des salmonelles.	86
Tableau 23	Résultats des différents tests biochimiques utilisés pour la recherche de l'Escherichia-Coli.	87
Tableau 24	Résultats des différentes productions	112

LA LISTE DES FIGURES

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Numéro de figure	Titres	Pages
Fig 1	Représentation schématique de l'oviducte chez la poule	4
Fig 2	Synthèse de la formation de l'œuf chez la poule	7
Fig 3	Représentation schématique de l'œuf et photo d'un œuf cassé	8
Fig 4	Structure de la coquille	10
Fig 5	Vue microscopique des salmonelles	36
Fig 6	Détection des œufs fêlés par mirage	39
Fig 7	Balance électrique précise au 100 ^{ème} de gramme	42
Fig 8	Micromètre tripode	42
Fig 9	Appréciation de la coloration du vitellus à l'aide d'un éventail colorimétrique « Roche ».	44
Fig 10	Proportion des différents constituants en fonction du poids de l'œuf	55
Fig 11	Influence de l'âge sur le poids des œufs (Cas de la souche Hubbard)	52
Fig 12	Effet de la température sur le poids de l'œuf de poule	55
Fig 13	Diagramme de fabrication ovoproduits	63

PARTIE EXPERIMENTALE

Numéro de la Figure	Titres	Pages
Fig 14	Diagramme représentant les différentes étapes de l'échantillonnage	74
Fig 15	Séparation du jaune et du blanc	75
Fig 16	Mettre dans un sac de type Stomacher.	75
Fig 17	La pesé.	75
Fig 18, 19, 20,21	Différentes étapes de la préparation de la suspension mère au 1/10ème	76
Fig 22	Incubation de la solution mère	76
Fig 23	Colonies typiques de salmonella sur milieu HECKTOEN	77
Fig 24	Coloration de Gram de culture bactérienne observation au Microscope à immersion x 100	78
Fig 25	Diagramme de la méthode de recherche des salmonelles	79
Fig 26	Résultats sur indole	87
Fig 27	Diagramme représentatif du résultat global de l'identification biochimique	88
Fig 28	Vue du complexe	91
Fig 29	Plan du complexe	92
Fig 30	Diagramme représentatif de la chaîne de transformation	93
Fig 31	Salle de stockage des œufs	94
Fig 32	Nettoyages des œufs	95
Fig 33	Casseuse de la coquille d'œuf	96
Fig 34	Séparation de jaune du blanc	96
Fig 35	Stockage du produit dans des tanks	96
Fig 36	Processus de pasteurisation des ovoproduits	98
Fig 37	Les quatre tanks	99
Fig 38	Pasteurisateur	99
Fig 39	Salle de stockage pour le produit finie (chambre froide)	100
Fig 40	L'appareil Sartorius MA45	102
Fig 41	L'appareil pour calculer le PH	103
Fig 42	Laboratoire d'analyse chimique	103
Fig 43	Inoculation sur test pétrifilm	104
Fig 44	Diagramme de recherche des germes aérobies de la flore mésophile totale	105
Fig 45	Diagramme de recherche des entérobactéries	107
Fig 46	Inoculation sur test pétrifilm staphylococcus aureus	108
Fig 47	Test pétrifilm staphylococcus après incubation	108

Fig 48	Diagramme de recherche des staphylococcus aureus	109
Fig 49	Test TECRA UNIQUE	110
Fig 50	Le stick	111
Fig 51	Résultas de la production 14/09/2005	112

SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : RAPPELS SUR L'ŒUF	3
1- Définition	3
2- Formation de l'œuf	3
2.1- Anatomie de l'appareil génital de la poule	3
2.2- Formation du jaune	3
2.3- Formation du blanc	5
2.4- Formation des membranes coquillières	5
2.5- Formation de la coquille d'œuf	5
2.6- La ponte de l'œuf	6
3- Structure de l'œuf	7
3.1- la coquille	8
3.2- Membranes de la coquille	9
3.3- Chambre à air	10
3.4- Le blanc	10
3.5- Chalazes	11
3.6- Le jaune ou vitellus	11
3.7- Disque germinatif	11
3.8- Membrane du jaune (membrane vitelline)	11
4- Composition de l'œuf	12
4.1- Le vitellus.....	12
4.2- L'albumen	13
4.3- La coquille	13
4.4- Composition quantitative de l'œuf en macronutriments	14
5- Propriétés des protéines de l'œuf	14
5.1- Propriétés fonctionnelles des protéines du blanc d'œuf	14
5.2- Propriétés fonctionnelles des protéines du jaune d'œuf	16
5.3- Etude nutritionnelle quantitative des protéines de l'œuf	17
6- Composition et propriétés des lipides	18
7- Les glucides	20
8- Les composants minéraux, macro et microéléments	20
9- Les vitamines	21
9.1- Les vitamines liposolubles	21
9.2- Les vitamines hydrosolubles	21
10- Valeur nutritive de l'œuf	22
11- Place de l'œuf dans la ration	24

CHAPITRE II : CLASSIFICATION DES ŒUFS	25
1- Règles qualitatives	25
2- Règles quantitatives	27
CHAPITRE III : MICROBIOLOGIE DE L'ŒUF	28
1- Les Défenses naturelles de l'œuf	28
1.1- Les défenses physiques	28
1.1.1- La cuticule	28
1.1.2- La coquille.....	28
1.1.3- Membranes coquillières.....	29
1.1.4- L'albumen.....	29
1.1.5- La membrane vitelline et le jaune.....	30
1.2- Défenses chimiques	30
1.2.1- PH alcalin	30
1.2.2- Lysozyme	30
1.2.3- Conalbumine.....	31
1.2.4- Les autres facteurs antimicrobiens du blanc d'œuf	31
2- La microflore de l'œuf	32
2.1- La contamination	32
2.1.1- Contamination de l'œuf avant la ponte.....	32
2.1.2- Contamination et altération de l'œuf après la ponte	33
2.2- La pénétration des germes	34
2.3- L'invasion du blanc et du jaune	34
3- Les Salmonelles	36
4- Autres bactéries pathogènes	37
CHAPITRE IV : MESURE DE LA QUALITE DE L'ŒUF	39
1- Méthode classique d'estimation de la qualité des œufs de consommation	39
1.1- La technique légale : le mirage	39
1.2- Propriétés technologiques	40
1.2.1- Estimation de la qualité de la coquille	40
1.2.2- Estimation de la qualité de l'albumen.....	41
1.2.3- Estimation de la qualité du jaune	43
1.2.4- Estimation des inclusions	44
1.3- Autre critères de qualité	44
1.3.1- Caractéristiques chimiques	44
1.3.2- Caractéristiques bactériologiques.....	45
1.3.3- Caractéristiques sensorielles.....	47
2- Nouveaux systèmes pratiques pour mesurer la qualité des œufs	48
2.1- Techniques mécaniques	48
2.1.1- Techniques classiques.....	48
2.1.2- Analyses de vibration	49
2.2- Techniques spectroscopiques	50
2.3- Système d'inspection vidéo.....	50

CHAPITRE V : FACTEURS DE VARIATION DE LA QUALITE DE L'ŒUF...	51
1- Etudes des facteurs de variations du poids de l'œuf	51
1.1- Le poids moyen de l'œuf.....	51
1.2- Les facteurs de variation du poids de l'œuf.....	52
2- Les objectifs concernant la production et leurs critères d'évaluation	56
2.1- Les anomalies de la ponte.....	56
2.2- La fraîcheur de l'œuf.....	57
2.2.1- Les caractéristiques de l'œuf frais et les modifications qui s'opèrent au cours du vieillissement.....	57
 CHAPITRE VI : LES OVOPRODUITS	58
1- Définition	58
2- Avantages des ovoproduits	59
3- Les ovoproduits destinés à l'industrie, l'artisanat et restauration	59
3.1- Technologie et condition de fabrication	59
3.1.1- Le cassage	59
3.1.2- Opération de séparation et de fractionnement	60
3.1.2.1- Séparation	60
3.1.2.2- Techniques de fractionnement	60
3.1.3- La pasteurisation	60
3.1.4- Le salage et le sucrage	61
3.1.5- Le désucrage	61
3.1.6- La concentration	61
3.1.7- La congélation.....	62
3.1.8- Le séchage	62
3.1.9- L'ionisation	62
4- Microbiologie des ovoproduits	64
4.1- Critères microbiologiques	65
4.1.1- Ovoproduits liquides	65
4.1.2- Ovoproduits congelés ou en poudre.....	65
4.2- Méthodes analytiques	65
4.2.1- Les différentes flores recherchés	66
5- Utilisation des ovoproduits en tant qu'ingrédients principaux.....	67
6- Molécules à intérêt technologique et pharmaceutique.....	68
 DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE 	
CHAPITRE VII : ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DES ŒUFS FRAIS.....	70
1- Le choix de la zone d'étude	70
2- Matériel et méthode.....	70
2.1- Matériel	70
2.1.1- Matériel biologique.....	70
2.1.2- Matériel de laboratoire.....	70
2.1.3- Matériel consommable.....	71
2.2- Méthode.....	71
2.2.1- Echantillonnage	71

2.2.1.1-Origine de l'échantillon.....	71
2.2.1.2- Transport de l'échantillon.....	72
2.2.1.3- Conservation de l'échantillon.....	73
2.2.2-Recherche des salmonelles (méthode classique)	74
2.2.2.1- Mode opératoire	75
2.2.3- Recherche et identification des autres bactéries de contaminations.....	82
3-Résultats.....	82
3.1 Etude macroscopique et microscopique	82
3.2 Etude biochimique.....	84
4- Interprétation et discussion.....	88

CHAPITRE VIII : RAPPORT DE STAGE : TRANSFORMATION ET PASTEURISATION DES ŒUFS

91

1- Présentation du complexe industrie	91
2- Différentes étapes de la Chaîne de transformation.....	94
2.1- Salle de stockage de la matière première	94
2.2- Salle de casse	95
2.3- Standardisation.....	96
2.4- Salle de pasteurisation	97
2.5- Salle de conditionnement.....	100
2.6- Salle de stockage.....	100
Normes pour les produits liquides	101
3- Analyses bactériologiques et physico-chimique des produits liquides	101
3.1- Analyses physico-chimiques.....	101
3.1.1- Contrôle de la matière sèche (méthode officielle)	101
3.1.2- Contrôle de la matière sèche (méthode rapide)	102
3.1.3- Calcul du PH.....	103
3.2- Analyses bactériologiques.....	103
3.2.1- Recherche des germes aérobies de la flore totale.....	104
3.2.2- Recherche des entérobactéries	106
3.2.3- Recherche des staphylococcus	108
3.2.4- Recherche des salmonelles	110
4- Résultats d'analyses.....	111
5- La déshydratation	113
Normes pour le produit déshydraté.....	113
5.1- Fonctionnement de la machine.....	113
5.2- Avantages et inconvénients de la méthode.....	114

CONCLUSION GENERALE.....

115

RECOMMANDATIONS.....

116

ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION GENERALE

L'œuf a toujours été l'objet de controverses quant à sa création. Les différentes réponses à la question « *de l'œuf et la poule, qui est le premier ?* », divergent suivant que l'on se place sur le plan des religions, de l'histoire et des traditions tribales, de la théorie de l'évolution, ou sur le plan strictement scientifique. Aucune réponse ne se suffit à elle-même et en tout état de cause il ne s'agira pas ici de dissertar sur la genèse des êtres vivants.

L'œuf a servi depuis la préhistoire à l'alimentation des êtres humains. Selon les historiens, le début de l'ère de l'œuf n'a démarré qu'à partir de 2500 ans avant J.C. Pour subvenir à leurs besoins nutritifs et surtout contrôler leur alimentation, les hommes ont décidé de domestiquer les volailles, en particulier les poules.

Ce n'est qu'au 20^{ème} siècle, avec le développement des sciences et des technologies, et pour faire face aux besoins grandissant des êtres humains en produits avicoles, que les recherches ont abouti aux rendement et productions maximales en œufs.

Actuellement, la production mondiale d'œufs est estimée à 850 milliards par an.

En France, 55 millions de poules pondeuses produisent chaque année 16 milliards d'œufs et répondent à la demande de consommation moyenne de 260 œufs par habitant et par an (**NYS, 2004**).

En Algérie, la filière avicole s'est développée au début des années 1970, mais ce n'est que durant les deux dernières décennies qu'elle a connu son apogée avec l'intervention du secteur privé à tous les stades de la production.

La production annuelle nationale est d'environ 2 milliards d'œufs par an, avec une consommation moyenne de 78 œufs par habitant et par an (**ABDSEMAD, 2005**).

L'œuf est un produit dont la consommation est susceptible d'augmenter dans notre pays, c'est donc un élément de base de l'alimentation quotidienne.

Le premier rôle de l'œuf est de contenir l'ensemble des réserves nutritives qui assureront le développement du poussin, ceci explique l'exceptionnelle qualité nutritive de cet aliment. C'est un aliment peu énergétique, riche en protéines et parfaitement équilibré, dont on peut classer ses protéines non seulement en fonction de leur valeur nutritive pour l'homme, mais aussi la quantité de protéine qui sera utilisable, il est d'une excellente digestibilité d'où

son coefficient d'utilisation digestif (CUD) élevé par rapport à d'autre aliment protéinique (œuf=97%, lait=95%, viande=94%) (**DUPIN et al., 1992**).

C'est le seul aliment qui peut se conserver plusieurs semaines à température ambiante grâce à un double système de protection :

- Physique par la coquille
- Défense chimique par le blanc d'œuf riche en protéines antimicrobiennes

L'œuf peut être consommé cru dans certaines préparations culinaires et peut donc être un vecteur important de transmission dans les cas humains de salmonellose. L'augmentation de la consommation d'œuf nécessite la mise en place d'une réglementation en assurant la sécurité et la protection du consommateur contre ces toxi-infections.

Le développement rapide du secteur de la restauration renforce l'évolution des industries des ovoproduits. Si l'œuf possède un système naturel de défense, il n'en est pas de même pour les ovoproduits qui eux sont exposés à des contaminations diverses.

On peut retrouver le virus de l'influenza à la surface ou à l'intérieur de l'œuf, mais aucune contamination de l'homme par la consommation des œufs n'a été signalée (**O.M.S, F.A.O, 2005**).

L'objet de notre travail consiste à faire une première évaluation de la qualité bactériologique des œufs et des ovoproduits, par l'utilisation des méthodes **bactériologiques** et **physico-chimiques**.

Le but étant d'apporter notre modeste contribution à la connaissance de la prévalence des germes qui rentrent dans la contamination de l'œuf et des ovoproduits et par la du danger que celui-ci fait peser à la santé publique.

CHAPITRE I : RAPPELS SUR L'ŒUF

1- Définition

Ce sont les œufs de poule en coquille, propres à la consommation en l'état ou à l'utilisation par les industries de l'alimentation humaine, à l'exclusion des œufs couvés et des œufs cuits (règlement CEE N° 1907/90).

Tout œuf provenant d'un oiseau autre que la poule doit être désigné par la dénomination œuf suivi du nom de l'oiseau dont il provient.

2- Formation de l'œuf

La synthèse des éléments constitutifs de l'œuf s'effectue en divers lieux anatomiques et en différentes étapes de durée variable.

2.1- Anatomie de l'appareil génital de la poule

L'ovaire adulte a l'aspect d'une grappe comprenant de très nombreux petits follicules ainsi que 7 à 10 gros follicules contenant chacun un jaune en phase de rapide grossissement. Les follicules sont rattachés chacun à l'ovaire par un pédicule.

A partir de l'entrée en ponte, l'ovaire libérera un follicule par jour, ou après des enrobages successifs d'albumen (ou blanc), de membranes coquillières et de calcium, donneront un œuf. Ces transformations seront réalisées dans un conduit cylindrique complexe appelé oviducte. Ce dernier comprend plusieurs parties (Fig 1) :

- L'infundibulum ou pavillon.
- Le magnum.
- L'isthme.
- L'utérus.
- Le vagin.

2.2- Formation du jaune

On appelle vitellogenèse le processus de formation du jaune, soit l'accumulation du jaune de l'œuf à l'intérieure d'un follicule ovarien.

C'est un phénomène très long, qui débute chez la jeune poulette pour se terminer juste avant l'ovulation. Il comprend trois phases dont la dernière, la phase de grand accroissement, voit l'accélération de la croissance de l'ovule : pendant les 8 à 10 jours précédant l'ovulation, le poids du jaune passe de 200 mg à 15-18 g.

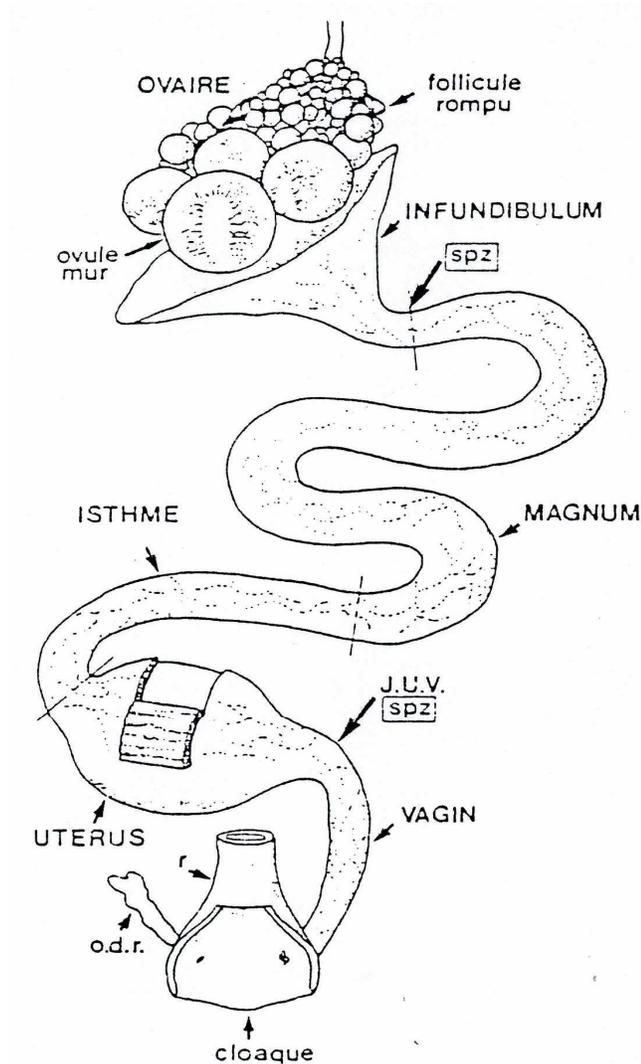


Fig 1 : Représentation schématique de l'oviducte chez la poule (ANONYME, 1991)

- spz : zone de stockage des spermatozoïdes
- J. U.V : jonction utero vaginale
- o. d. r : oviducte droit rudimentaire

Toutes les substances composant le jaune sont apportées par le sang. Leur origine principale est le foie, et leur synthèse est sous contrôle hormonal. La composition du jaune de l'œuf, du fait de l'origine hépatique de ses constituants, dépend également de la composition des régimes alimentaires.

Une huitaine de jaunes sont simultanément en cours de grand accroissement, un problème de fonctionnement du foie, même court, se répercutera donc sur 4 à 7 oeufs au minimum.

2.3 -Formation du blanc

Il s'écoule 24 à 26 heures entre la captation du jaune par le pavillon en formation d'entonnoir à l'extrémité de l'oviducte et l'expulsion de l'œuf au niveau du cloaque.

Le dépôt du blanc autour du jaune, a lieu au niveau du magnum et dure 3 h 30 environ.

A la différence du jaune, toutes les protéines du blanc sont synthétisées localement et cette synthèse est continue. Les protéines se stockent entre deux passages de follicules puis se déposent en grande quantité autour du jaune lors de son passage. A ce stade, le blanc est encore peu hydraté, l'hydratation aura lieu plus tard dans l'isthme et l'utérus.

C'est également dans le magnum que se forment les chalazes. La synthèse des protéines du blanc dans le magnum étant continue.

2.4- Formation des membranes coquillières

C'est au niveau de l'isthme que seront réalisées les sécrétions des membranes coquillières et l'initiation de la coquille. L'œuf demeure dans l'isthme pendant 1 h 15 environ, il s'est écoulé 3 h 30 à 3 h 45 depuis l'ovulation. Au fur et à mesure de la progression de l'œuf dans l'isthme, se dépose un enchevêtrement de fibres protéiques qui constitue les membranes coquillières. Ces derniers sont au nombre de deux qui adhèrent fortement l'une à l'autre, sauf dans la région de la base de l'œuf « gros bout » ; ou elles se séparent pour former la chambre à air. Ces membranes ne sont pas entièrement étanches afin de permettre les échanges respiratoires de l'embryon.

2.5- Formation de la coquille de l'œuf

L'œuf reste plus de 20 heures dans l'utérus où est formée la coquille. La constitution de la coquille est donc beaucoup plus longue que celle du blanc mais n'est rien en regard de la formation du jaune.

Pendant les 6 à 7 premières heures du séjour de l'œuf dans l'utérus, l'hydratation du blanc se termine. La teneur en eau du blanc double, passe de 3,5 à 7 g par gramme de protéines. Le volume de l'œuf augmente. Les membranes coquillières sont maintenant tendues, le carbonate de calcium se déposera dessus pendant 14 heures.

Si l'œuf est accidentellement expulsé à ce stade soit 10 à 12 heures après l'ovulation, il sera dépourvu de coquille, c'est un œuf mou (ce phénomène se produit parfois en début de ponte ou dans le syndrome de chute de ponte avec œuf mou).

Entre 10 heures et 22 heures après l'ovulation, se forme la coquille de l'œuf. La pigmentation est réalisée également à ce stade, en particulier en fin de classification et les pigments sont déposés superficiellement.

La cuticule organique qui recouvre la coquille est sécrétée après le stade de 22 heures.

La formation de la coquille s'effectue 8 à 10 heures après l'ovulation, soit entre 20 heures et 8 heures du matin en programme lumineux normal (16 heures de lumière ; 8 heures de nuit).

Il n'y a pas de stockage de calcium dans les cellules de la paroi de l'utérus, le calcium provient directement du sang. L'origine principale du calcium est alimentaire. Il existe d'ailleurs un appétit spécifique de la poule pour le calcium en liaison avec le cycle de formation de la coquille : la consommation de calcium alimentaire augmente de 8 à 12 heures après l'ovulation, soit juste avant et au début de la formation de la coquille.

Parallèlement aux apports caciques alimentaires, l'os participe également à l'approvisionnement en calcium de l'utérus, surtout en fin de nuit lorsque le tube digestif contient peu de calcium absorbable, mais pour améliorer la solidité de la coquille, il est préférable de limiter cette participation osseuse et donc de veiller à ce que l'apport de calcium alimentaire soit suffisant.

2.6- La ponte de l'œuf

L'œuf qui est engagé dans l'oviducte par son extrémité la plus étroite, subit une rotation de 180° dans le plan horizontal, avant de s'engager dans le vagin : il sera en conséquence pondu par le gros bout.

Ce retournement de l'œuf n'est pas systématique. L'œuf ne reste que quelques minutes dans le vagin. Lors de son expulsion, il est encore imprégné d'un mucus, qui en séchant va former une cuticule, qui protégera l'œuf contre les attaques microbiennes (ANONYME, 1991). La figure 2 résume les étapes de la formation de l'œuf.

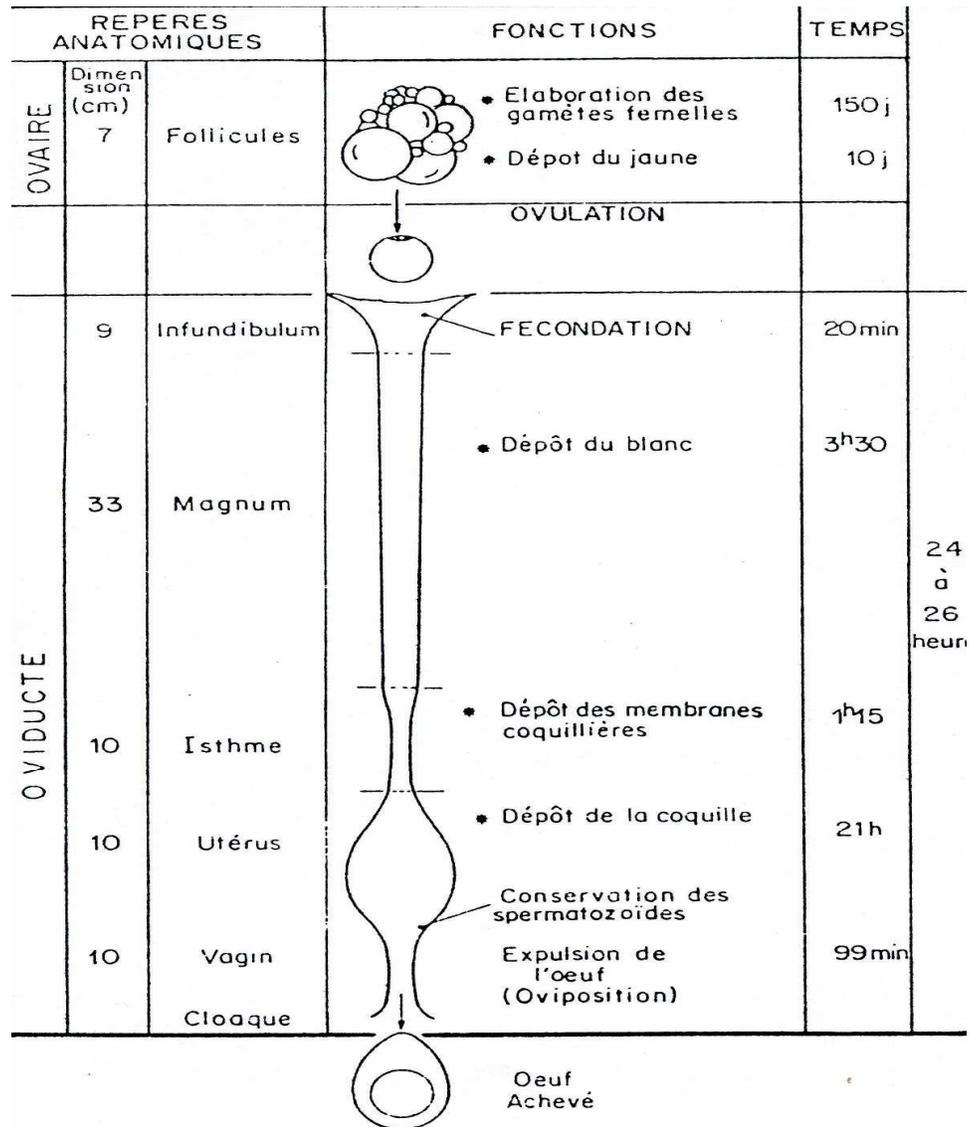


Fig 2 : Synthèse de la formation de l'œuf chez la poule (SAUVEUR, 1988)

3- Structure de l'œuf

Le poids moyen d'un œuf de poule est de 55-56 gr ; il varie relativement peu depuis que l'on élève des souches de pondeuses génétiquement homogènes (THAPON et BOURGEOIS, 1994).

Les dimensions courantes d'un œuf de poule de 60 g sont les suivantes ;

- Grand axe : 5,8 cm – Petit axe : 4,2 cm
- Grande circonférence : 16 cm – petite circonférence 13 cm

- Volume : 55 cm^3 - surface : 70 cm^2 (SAUVEUR, 1988)

Il a trois principaux constituants (Fig 3) :

- Un constituant minéral externe : la coquille
- deux constituants organiques internes : le blanc et le jaune

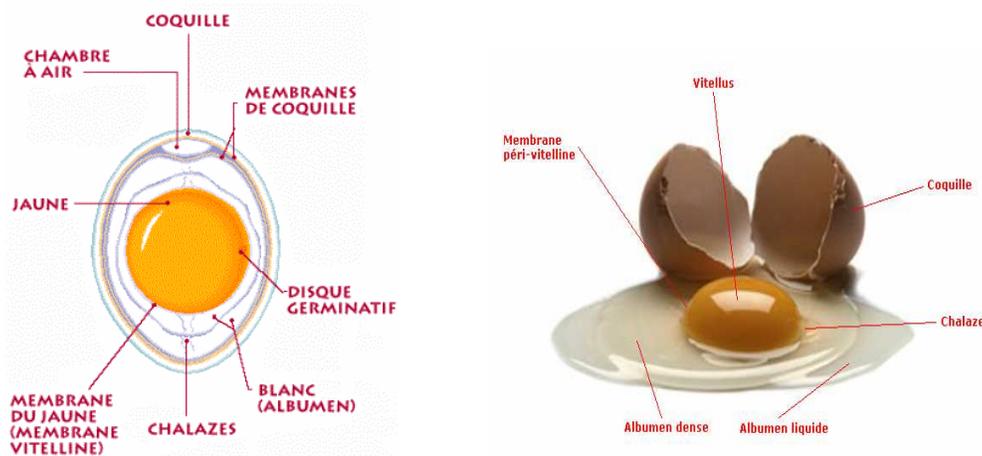


Fig 3 : Représentation schématique de l'œuf et photo d'un œuf cassé (ANONYME, 2006)

3.1- la coquille

C'est la seule partie non consommable de l'œuf. Son épaisseur, variable avec l'espèce oscille en moyenne entre 300 et 340 μm Chez la poule.

- **Calcaire et poreuse** (composée de 8000 à 10,000 minuscules pores permettant le passage de l'humidité et des gaz) mais recouverte d'une légère pellicule qui la rend imperméable à l'air et aux bactéries (Fig 4)

- **Elle pèse environ 7 grammes**, toute la surface de la coquille, y compris les pores est recouverte d'une cuticule de nature organique et épaisse de 0,1 mm. La cuticule s'oppose à la pénétration des germes à l'intérieur de l'œuf ; ce qui justifie l'interdiction de laver les œufs destinés à leur commercialisation en coquille.

Les deux qualités essentielles de la coquille sont sa couleur et sa solidité (en relation avec son épaisseur).

- **La couleur**, blanche ou rousse qui est due à des dépôts de pigments porphyriniques est d'origine génétique et donc sans relation avec les autres qualités internes de l'œuf. Elle est indispensable dans la plupart des facteurs zootechniques. La coloration brune est loin la plus fréquente et la plus appréciée par les consommateurs.

- **La solidité**, au contraire, la solidité de la coquille est très étroitement liée aux facteurs en amont de la production de l'œuf. Parmi les principaux facteurs, on peut citer : l'origine génétique, l'âge de la pondeuse, l'alimentation, les conditions d'élevage, et l'état sanitaire (ANONYME, 2000, NEYRAT, 2001 ; ANONYME, 2001).

3.2- Membranes de la coquille

Deux membranes superposées à l'intérieure de la coquille qui ont une épaisseur totale de 0,07 mm : respectivement 0,05 mm pour la membrane externe et 0,02mm pour la membrane interne. Une membrane colle à la coquille et l'autre entoure le blanc (albumen).

Elles sont composées de minces couches de fibres protéiques. C'est la deuxième ligne de défense de l'œuf contre les bactéries. Cette barrière permet tout de même des échanges gazeux ; c'est-à-dire un échappement de dioxyde de carbone (CO₂) et l'introduction de dioxygène (O₂) et d'humidité. Elle préserverait les qualités internes de l'œuf. (COHEN, 2005).

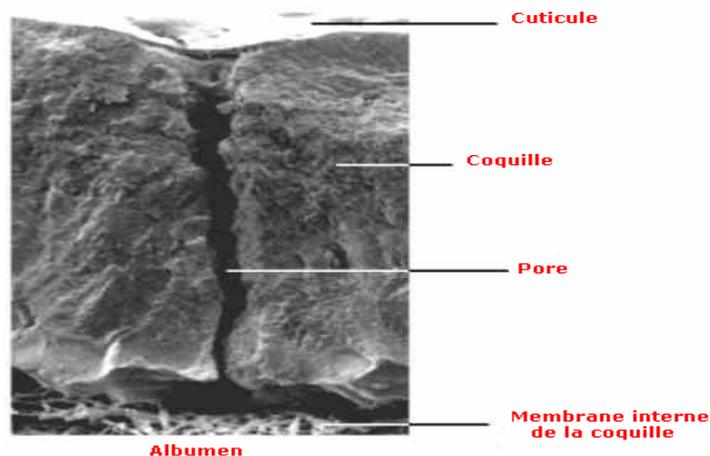


Fig 4 : Structure de la coquille

3.3- Chambre à air

Des échanges gazeux se produisent à travers les pores de la coquille ce qui entraîne la formation de la chambre à air, du côté du gros bout de l'œuf. Le volume de la chambre à air augmente avec la durée et les conditions de la conservation.

3.4- Le blanc

Le blanc d'œuf ou albumen est de nature hétérogène. Il peut être divisé en quatre couches bien distinctes qui ont chacune des propriétés particulières :

- La couche chalazifère, très ferme, entoure la membrane vitelline et se prolonge vers les deux bouts de l'œuf par les chalazes.
- Le blanc liquide externe (23% du blanc total), au contact des membranes coquillières.
- Le blanc épais (57 % du blanc total), fixé aux deux extrémités de l'œuf et présentant une structure de gel.
- Le blanc liquide interne (17% du blanc total) entourant le jaune :
 - Filaments en spirales allant du jaune aux deux extrémités de l'œuf à travers le blanc épais ; ce sont les chalazes qui assurent le maintien du jaune dans une position centrale.
 - Les proportions de blanc liquide et de blanc épais dépendent de nombreux facteurs, parmi lesquels nous citerons : le poids de l'œuf, la souche, l'âge et l'état sanitaire de la pondeuse, le taux de ponte mais surtout la durée et le mode

de conservation de l'œuf. Le blanc représente les 2/3 du poids de l'œuf (sans la coquille), pesant environ 34 g.

- Le blanc est translucide et de plus liquide quand l'œuf vieillit : lorsqu'un œuf frais est cassé, l'albumen épais reste ferme autour du jaune (**SAUVEUR, 1988**).

3.5- Chalazes

Véritables « ressorts » de protéines qui jouent le rôle d'une suspension vis-à-vis, du jaune lui permettant d'amortir les chocs que l'œuf pourrait recevoir par la suite.

Les chalazes (représente 3% du blanc total), déposés de part et d'autre du jaune, sont une paire de cordons ou filaments torsadés d'albumine spiralée qui maintiennent le jaune au centre de l'albumen épais.

- Plus l'œuf est frais plus les chalazes sont visibles :
- Ils sont invisibles lorsque l'œuf est cuit ;
- Leur rupture conduit à une remontée du jaune vers le point le plus élevé de l'œuf et à son adhérence aux membranes coquillières (**COHEN, 2005**).

3.6- Le jaune ou vitellus

Le jaune est constitué de 4 couches superposées d'une matière appelée vitellus, dont deux sont d'origine ovarienne et deux déposées après l'ovulation.

- Représente 1/3 du poids de l'œuf (sans la coquille) pesant environ 20 g.
- Il a une densité moins élevée que celle du blanc.
- Contenant normalement le germe mais les œufs provenant d'élevage n'en ont pas car les poules ne sont jamais fécondées :

3.7- Disque germinatif

C'est le noyau de l'ovocyte qui a migré à la surface du vitellus, représenté sous forme d'une légère dépression à la surface du jaune.

3.8- Membrane du jaune (membrane vitelline)

Elle entoure et tient le jaune en place, plus l'œuf est frais, plus cette membrane est résistante.

Le vitellus blanc a une composition différente du vitellus jaune ; il est plus pauvre en pigment et en matière sèche.

4- Composition de l'œuf

L'œuf est constitué de trois parties principales, soit la coquille, le blanc et le jaune, c'est un aliment de choix parce qu'il contient une grande quantité d'éléments nutritifs, il est riche en eau, en protéines, en lipides, en vitamines, en minéraux.

4.1- Le vitellus

Le jaune d'œuf ou vitellus est la partie qui contient les éléments nécessaires au développement de l'embryon. Sa fonction première est de porter le disque germinal ou blastoderme.

Le jaune représente environ 30% du poids de l'œuf. Il est de forme approximativement sphérique et de structure hétérogène. On y distingue, du centre vers l'extérieur :

- Le latébre, noyau sphérique d'environ 6 mm de diamètre
- Les stratifications du vitellus qui sont des couches concentriques et alternées de vitellus jaune et de vitellus blanc. La différence de couleur entre les strates est due à leur composition. En particulier, les pigments qui sont disposés dans le jaune d'œuf de façon plus ou moins importante en fonction du métabolisme de la poule induisent, cette différence de couleur ; le vitellus jaune contient plus de xanthophylles.
- La membrane vitelline, fine et transparente, elle sépare le blanc et le jaune et est composée de kératine et d'ovomucine.

Le taux de matière sèche du jaune est de l'ordre de 50%. Il varie en fonction de nombreux facteurs comme l'âge de la pondeuse et la durée de stockage.

La composition moyenne du jaune d'œuf est de :

- 50% d'eau
- 32 à 36% de lipides
- 16% de protéines
- 1 à 2% de glucides.

Il renferme également des minéraux notamment du fer et du phosphore, des vitamines, du cholestérol.

Le jaune coagule à une température de 70°C (**THAPON et AUDIOT, 1994, PERSSON, 2005**).

4.2- L'albumen

Le blanc est une solution aqueuse (88% d'eau)

De protéines : 12,5% d'albumine à haute valeur énergétique, riche en lysine, en méthionine et en tryptophane (acides aminés)

- De glycoprotéines ;
- De sucres ;
- Et de sels minéraux ;
- On y trouve également quelques lipides à l'état de traces et peu de vitamines

(niacine, riboflavine) (Tableau 1).

Tableau 1- Proportions et teneurs en eau des différentes couches de l'albumen (THAPON ET AUDIOT, 1994)

Couches	% de l'albumen		%d'humidité
	Moyennes	Variation	
Blanc liquide externe	23,2	10-60	88,8
Blanc épais	57,3	30-80	87,6
Blanc liquide interne	16,8	1-40	86,4
Chalazes	2,7	–	84,3

Les nombreuses protéines de l'albumen présentent des propriétés chimiques et biologiques bien différentes mais intéressantes pour l'alimentation humaine. Ces protéines coagulent à une température d'environ 60°C (PROTAIS et al ., 1988).

4.3- La coquille

Elle contient 99% de matière sèche, répartie en 95% de sels minéraux (carbonate de calcium CaCO_3 ; 98,43 % de carbonate de magnésium Mg CO_3 ; 0,84 % phosphate de calcium $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$; 0,73% et 4 % de protéines).

Les membranes coquillières contiennent 95% de protéines, 2% de sucre et 3 % de lipides .10% des fibres seraient de nature colla génique (PORTAIS et al .,1989 ; SAINT - PIERRE, 2004).

4.4- Composition quantitative de l'œuf en macronutriments

Le mode d'élevage des pondeuses n'influence pas la composition relative en macronutriments (Tableau 2).

Tableau 2 - Analyse globale de la partie comestible (en %). (VIERLING, 2003)

Macronutriments	Œuf entier	Blanc	Jaune
Eau	74,1	87,3	50
Protides	12,9	11,1	16,1
Lipides	11,2	0,2	31,9
Glucides	0,7	0,7	0,3
Minéraux	1,1	0,7	0,7

Tableau 3 - Valeur énergétique des différentes parties d'un œuf. (VIERLING, 2003)

Différentes parties d'œuf	Correspondant à environ	Apport énergétique	
		KJ	Kcal
100 g du Blanc	3 blancs	229	55
100 g du Jaune	5 à 6 jaunes	1576	377
100g d'Œuf entier	2 œufs	700	167

Le blanc est dépourvu de lipides et le jaune contient 32% de lipides, aussi dans 100 g d'œuf, les deux jaunes représentent 1/3 du poids et plus des 2/3 de l'énergie

Lors du cassage de l'œuf.

5- Propriétés des protéines de l'œuf

L'azote de l'œuf est essentiellement sous forme protéique 99,8%.

5.1- Propriétés fonctionnelles des protéines du blanc d'œuf

On peut assimiler le blanc d'œuf à une solution aqueuse de protéines globulaires à laquelle s'ajoute une protéine fibreuse, l'ovomucine, dont la concentration est 4 à 10 fois plus grande que dans le blanc liquide.

Les techniques chromatographiques ont permis de mettre en évidence une douzaine de protéines.(Tableau 4) et leurs structures et propriétés (annexe 1)

Tableau 4 - Les protéines du blanc d'œuf (VIERLING, 2003)

Protéines	Protéines du blanc en %	phi isoélectrique
Ovalbumine	54	4,5
Ovoconalbumine (Conalbumine Ou Ovotransferrine)	13	6,65
Ovomucoïde	11	4,1
Ovoglobulines (G2, G3)	8	5,6
Lysozyme	3,5	10,7
Ovomucine	3,5	4,7
Flavoprotéine	0,8	4,1
Ovomacro-Globuline	0,5	4,5
Complexe Inhibiteur d'enzymes	0,1	5,2
Antibiotine (Avidine)	0,05	10

Les groupements prosthétiques phosphatés, et surtout glucidiques, confèrent aux protéines du blanc d'œuf leur hydrodispersibilité et leur pouvoir anticristallisant des sucres utilisés dans les confiseries (nougats).

- Les protéines du blanc d'œuf sont de bons agents tensioactifs

Elles incorporent des bulles d'air au cours du battage pour former une mousse stable. Cette stabilité est due à une certaine dénaturation de surface, des ovomucines surtout qui donne une mousse stable à froid. La stabilité pourra être augmentée par la dénaturation thermique de l'ovalbumine qui assurera la tenue de la mousse après chauffage, dans les meringues par exemple.

- Les protéines du blanc d'œuf ont des propriétés liantes

Les albumines en particulier, forment un réseau dont les mailles retiennent les particules de certains produits solides, semi liquides ou liquides d'où leur utilisation en charcuterie, biscuiterie, et pâtisserie.

- Les protéines du blanc d'œuf ont des propriétés gélifiantes

Elles forment lorsqu'elles sont coagulées par la chaleur ou par un agent physicochimique, c'est-à-dire lorsqu'elles sont dénaturées un réseau fibrillaire retenant l'eau et les substances solubles.

Par leurs propriétés moussantes (ou foisonnantes), liantes et gélifiantes utilisées en biscuiterie, pâtisserie, confiserie, les produits dérivés du blanc d'œuf, ovoproduits, prennent une place importante en technologie agroalimentaire.

5.2- Propriétés fonctionnelles des protéines du jaune d'œuf

Ce sont essentiellement des hétéroprotéines : elles existent sous forme de particules en suspension dans une phase aqueuse contenant elle-même des protéines.

Tableau 5 - Les protéines du jaune d'œuf (VIERLING, 2003)

Protéines	En % des protéines du jaune	Structure
Dans les particules : -(ovo) vitellines = Lipovitellines -phosvitine	33 8,5	- Lipoprotéines de haute densité (HDL) :10% de triglycérides, 12% de phospholipides. - Phosphoprotéine, rôle de liaison ; fixe le fer.
Phase aqueuse : - lipoprotéines de basse densité (LDL) - ovovitélines α, β, γ	27 30	86% de lipides (2/3 de triglycérides, 1/3 de phospholipides). Protéine provenant du sérum de la poule.

Les lipoprotéines sont constituées d'une structure sphérique de triglycérides recouverte de phospholipides et de protéines.

Elles gélifient par agrégation en dessous de -6°C de ce fait la viscosité du jaune est augmentée. L'addition d'agents cryoscopiques : sel, sucre, glycérol, limite ce phénomène lors de la congélation des œufs.

Les lipoprotéines ont de bonnes propriétés émulsifiantes du fait de leur teneur en phospholipides. Les protéines du jaune d'œuf ont aussi des propriétés liantes gélifiantes.

5.3- Etude nutritionnelle quantitative des protéines de l'œuf

Les protéines non coagulées par la cuisson, les protéines du blanc d'œuf s'avèrent peu digestibles, à cause de la présence de facteurs anti-enzymatique, antitrypsique en particulier et, peut être aussi parce qu'elles ne provoqueraient pas la sécrétion pancréatique dont le rôle est essentiel dans la digestion protéique.

Des recherches ont donné les résultats suivants :

Tableau 6 -Coefficient d'utilisation digestive (CUD) des protéines du blanc d'œuf (VIERLING, 2003)

Forme d'absorption du blanc d'œuf	CUD des protéines en %
-Cru ingéré seul	50
- Cru ingéré avec d'autres aliments	80
- Cru fouetté	85
- Cuit	92

Le déroulement des chaînes protéiques par la dénaturation physique telle le foisonnement dans le blanc d'œuf fouetté, favorise l'accès des enzymes digestives à leur site d'action.

Lors de la dénaturation thermique de l'albumen, ovoalbumine et ovomucoïde riche en cystéine subissent une multiplication par 5 de leurs ponts disulfures ; et le blanc coagule. Cependant, les protéines de l'albumen dénaturé sont plus aptes à subir la protéolyse enzymatique par suite de la dispersion des chaînes due à la destruction de nombreuses liaisons de faible énergie.

Tableau 7 – Coefficient biologique des protéines du blanc d'œuf. (VIERLING, 2003)

Blanc	CEP	UPN
Blanc d'œuf cru	2,86	65,4
Blanc d'œuf coagulé	4,69	80,3
Amélioration en %	+64	+63

CEP : Coefficient d'Efficacité Protéique

UPN : Utilisation Protéique Nette

Ces améliorations proviennent de l'augmentation de la digestibilité des protéines .La cuisson du blanc d'œuf apparaît donc souhaitable, même si elle ne détruit pas totalement les propriétés allergisantes de l'ovomucoïde. Cependant les cas d'allergie à l'œuf sont rares.

Le jaune d'œuf constitue un milieu finement émulsionné et fort bien digéré à l'état cru. Tout excès de cuisson lui est défavorable : la dénaturation thermique donne de gros agrégats dans lesquels les enzymes diffusent difficilement.

Tous les modes de cuisson de l'œuf, s'ils sont bien conduits, améliorent la digestibilité du blanc sans nuire à celle du jaune. Le CUD apparent des protéines de l'œuf est de 96%.

- Les protéines de l'œuf sont très riches en acides aminés essentiels (AAE) en particulier soufrés.

Les protéines du blanc d'œuf surtout, dont la teneur en acides aminés soufrés (AAS) (avec 59 mg par g de protéines), est la plus élevée de tous les aliments .Les protéines totales de l'œuf ont été choisies par Mitchell et ses collaborateurs comme standard de l'efficacité protéique. L'œuf est un aliment protéique, capable de compléter de nombreux régimes.

Par ailleurs ;il faut signaler que,sur le plan quantitatif en AAE , le transfert protéique de la poule à l'œuf se fait avec grande efficacité .La teneur en aminoacides du blanc et du jaune apparaît comme remarquablement fixe quel que soit le régime de la pondeuse. Le taux des protéines ingérées par la poule conditionne seulement le nombre d'œufs pondus.

6- Composition et propriétés des lipides

Les lipides se trouvent essentiellement dans le jaune : 32 g en moyenne dans 100 grammes de jaune.

Tableau 8 – Les lipides de l'oeuf (VIERLING, 2003)

Lipides	% des lipides totaux	Remarques
Triglycérides	66	Soit près des 2/3
Phospholipides dont en % :	27 à 30	1/3 environ soit près de 4 g pour 100 g d'œuf.
- Phosphatidylcholine (ovolécithine)	69	Apport important : 2.3 g / 100 g de
- Phosphatidyléthanolamine (ovocéphaline)	25	jaune. Rôle émulsionnant et
- Sphingomyéline	3	antirassissant des phospholipides.
Cérébrosides	traces	Sucre ; le galactose
Cholestérol insaponifiable du jaune	4 à 5	En poids pour deux œufs : 500 mg
dont en %		apport important.
- sous forme libre	84	
- sous forme estérifiée	16	

Lorsque certains aliments de la poudeuse contiennent des acides gras libres oxydés, ces derniers peuvent passer dans le jaune d'œuf, et lui donner un goût de rance et limiter le CUD des protéines en se fixant sur elles. C'est pour quoi on utilise des anti- oxydants dans les aliments composés pour la volaille.

La forte quantité en cholestérol du jaune d'oeuf est trop souvent citée comme facteur d'hypercholestérolémie .Elle a entraîné en France une limitation abusive de la consommation des œufs ; d'autant plus que s'y ajoute le préjugé de la non tolérance du jaune d'œuf par le foie.

Or, les troubles de lipémie et les maladies cardio- vasculaires sont d'avantage à mettre sur le compte du déséquilibre de trouble de l'alimentation. Celle-ci est souvent trop énergétique, trop liquide avec des apports en acides gras saturés et (glucides simples) excessifs. Il s'y ajoute une répartition défectueuse des aliments dans la journée.

Sauf pour les sujets à risque d'hypercholestérolémie (essentielle en particulier), la consommation quotidienne d'un œuf est bien tolérée. L'absorption de deux œufs par jour semble être la limite à ne pas dépasser.

7- Les glucides

Les glucides sont en quantité négligeable dans l'oeuf .la majorité dans l'albumen. Les glucides se trouvent soit à l'état libre soit combinés aux protéines et aux lipides.

8- Les composants minéraux, macro et microéléments

Ils sont donnés par le tableau suivant :

Tableau 9 –Les minéraux de l'œuf et leur rôle (VIERLING, 2003)

Minéraux	Teneur en mg pour 100 g de partie comestible	Analyse
Sodium	145	Le blanc est plus riche :170 mg pour 100 g : dans un jaune d'œuf, 10 mg maximum. Dans deux oeufs. deux fois plus de sodium que dans 100 g de viande de boucherie.
Potassium	150	Deux fois moins que viande ou poisson
Calcium	55	Un peu plus intéressant que poisson et surtout que viande
Phosphore	220	Le jaune d'œuf est une source importante : 600 mg pour 100 g
Margésium	12	Source moyenne
Fer	2 à 3	CUD de 5% du fait des phosphates en quantité importante dans le jaune d'œuf .l'oeuf ne présente pas les avantage du poisson ou de viande (16%)
Cuivre	0,05 à 0,23	Le jaune d'œuf est une source intéressante en oligoéléments donc le sélénium.
Zinc	1,4	Idem
Iode	0,010	La teneur en iode refléter l'alimentation de la poule.

Lors de cuisson prolongée, le soufre contenu dans les acides aminés se libère lors de la dénaturation protéique du blanc, sous forme de dérivés sulfhydriques. Ces dérivés se combinent au fer du jaune d'œuf et l'ensemble constitue un liséré gris à la jonction du blanc et du jaune.

Les taux des minéraux et particulièrement des oligoéléments, présentent de grandes possibilités de variations avec l'alimentation de la pouleuse ; iode, fluor, sélénium très fortement avec sa ration.

9- Les vitamines

Seul le jaune contient des vitamines liposolubles. Les vitamines sont en fonction de l'alimentation de la pouleuse en liaison avec son mode d'existence. Les poules vivant au sol, à la ferme, pondront en été des œufs plus riches en vitamines liposolubles du fait de la richesse de leur alimentation en végétaux verts et de l'ensoleillement. Les poules d'élevage recevant toute l'année une alimentation programmée, équilibrée artificiellement, pondront des œufs à composition plus constante ils peuvent même, de ce fait être intéressants au niveau vitamines.

9.1- Les vitamines liposolubles

L'œuf est une source intéressante en vitamines A et D : et 100 g soit 2 œufs. Contiennent le 1/5 des apports conseillés en ces vitamines. Le rétinol colore le jaune d'œuf, sa teneur est de 0,55 mg (0,30 à 2,25) pour 100 g de jaune

Tableau 10- Vitamines liposolubles dans 100 g d'œuf. (VIERLING, 2003)

Vitamines liposolubles	Teneur dans 100 g d'œuf
Vitamine A (rétinol)	0,14 à 0,5 mg (moyenne 0,22 mg)
Carotène	traces
Vitamine D	1,2 à 5µg (moyenne 1,8 µg)
Vitamine E et tocophérols	0,7 et 1 mg

9.2- Les vitamines hydrosolubles

Elles sont inégalement réparties dans le blanc et le jaune. Les vitamines B1, B6, B5, Biotine, B9 Acide folique et B12 se retrouvent essentiellement dans le vitellus.

Tableau 11 – Vitamines hydrosolubles dans 100 g d'œuf. (VIERLING, 2003)

Vitamines hydrosolubles	Teneur dans 100 g d'œuf
B 1	0,1 à 0,15 mg
B2	0,30 mg
B 6	0,12 mg
PP (niacine)	Supérieur a 0,1 mg mais le tryptophane dont l'œuf est un précurseur de la vitamine PP, vitamine PP potentielle du tryptophane : 3,8 mg
B 9(acide folique)	65 µg
B 12	1 (à 3) µg
Biotine	25 µg .présence d'une antibiotine sensible à la chaleur dans le blanc d'œuf

Pour ces Vitamines, sauf la biotine, l'œuf est une source d'intérêt assez comparable à la viande de boucherie et au poisson. La teneur du jaune est élevée en B9 :150 µg pour 100 g.

L'œuf ne contient pas de vitamine C.

Les vitamines restent relativement stables au cours du stockage, mis à part B6 et B12 dont la teneur baisse légèrement.

10- Valeur nutritive de l'œuf

L'œuf élaboré par la poule est destiné à assurer la survie et le développement d'un embryon dans l'enceinte close que constitue la coquille. Il doit donc contenir l'ensemble des nutriments (protéines, glucides lipides, vitamines.....) pour le développement du poussin et permettre leur utilisation métabolique sans possibilité d'évacuation de déchets solides. Par ailleurs l'œuf est bien emballé dans une enveloppe protectrice qui le préserve de l'action des agents microbiens extérieurs, tout en lui assurant les échanges gazeux avec le milieu ambiant.

L'œuf possède donc un certain nombre de caractéristiques nutritionnelles. Bien qu'il soit relativement peu énergétique, il contient des protéines parfaitement équilibrées et des graisses d'intérêt certain quand elles sont poly-insaturées.

L'œuf est une excellente source de protéines indispensables à la croissance et au développement de l'embryon. Il contient les neuf acides aminés essentiels qui composent une protéine complète. En fait les acides aminés contenus dans les œufs conviennent tellement

bien à l'organisme que les scientifiques utilisent l'œuf pour mesurer la valeur en protéines d'autres aliments. De plus, l'œuf procure une quantité significative de vitamines et de sels minéraux, même s'il ne contient que 70 calories.

Tableau 12- Valeur nutritive de l'œuf (COHEN, 2005)

Différents composants	Quantité
Protéines	6 g
Gras	5 g
Poly insaturés	0.8 g
Mono saturés	2.1 g
Saturés	1.5 g
Cholestérol	190 mg
Hydrates de carbone	0.5 g
Pourcentage d'apport quotidien recommandé	
Vitamine A	8 %
Vitamine D	8 %
Vitamine E	9 %
Thiamine	3 %
Riboflavine	14 %
Niacine	5.5 %
Vitamine B6	2 %
Acide folique	15 %
Vitamine B12	29 %
Acide pantothénique	15 %
Calcium	2 %
Phosphore	6 %
Magnésium	2 %
Fer	4 %
Iode	17 %
Zinc	5 %

11- Place de l'œuf dans la ration

Les nutritionnistes ont pour habitude de prendre pour équivalence : 100 g de viande = 2 œufs. Cette équivalence entre la viande et l'œuf est relativement exacte pour l'apport énergétique ; elle ne l'est pas pour la quantité protéique. Nutritionnellement et technologiquement indispensable, vu son prix, l'œuf est un aliment protéique à consommer avec une fréquence de 5 à 7 par semaine pour la plus part des sujets. La cuisson présente les intérêts suivants :

- Réduction de la population microbienne,
- destruction de l'antibiotine.
- Augmentation de CUD des protéines du blanc.
- Le jaune semble très bien assimilé cru ou lorsque il est cuit modérément.

L'intensité de cuisson est par ordre croissant : œuf coque, mollet, poché au plat ; cuit dur, frit, au cours de la cuisson , les vitamines les plus fragiles risquent d'être détruites ; exemple l'acide folique et la vitamine B1 le sont à un taux au moins de 25 % (**VIERLING, 2003**).

CHAPITRE II : CLASSIFICATION DES ŒUFS

Avant d'être commercialisé les œufs sont classés par catégories de qualités et catégories de poids (d'après les règlements CEE extrait du J.O.R.F).

1- Règles qualitatives

La production des œufs industriels et leur vente sont étroitement surveillés et réglementés citer dans le Tableau 13.

- Catégorie A

Ils peuvent être vendus sous deux dénominations.

Les œufs extra frais : la chambre à air doit être inférieure à 4 mm et il ne doit pas dépasser 4 à 7 jours.

Les œufs frais : la chambre à air doit être inférieure à 6 mm et ils ne doivent pas dépasser 7 à 15 jours

- Ces œufs sont destinés à la consommation en l'état, vendus aux détaillants pour le marché de table.
- Ils ne doivent avoir été ni lavés ni nettoyés quelque soit le procédé utilisé, cette interdiction a pour objectif de préserver l'intégrité de la cuticule de l'œuf et éviter les contamination extérieurs.
- Ils ne doivent subir aucun traitement de conservation : ils ne doivent pas être réfrigérés dans des locaux dans les quels la température est en dessous de +5°C
- Les œufs frais commercialisés le plus souvent conditionnés en boites de six ou de douze unités.
- La date limite de consommation est indiquée sur la boite ainsi que celle de l'emballage et même souvent celle de la ponte.

- Catégorie B

Ce sont des œufs de deuxième qualité dont la hauteur de la chambre à air ne dépasse pas 9 mm. Conservés par réfrigération et pour la plupart utilisés par l'industrie agro-alimentaire ; ils sont utilisés principalement dans les pâtisseries. On ne les trouve pas dans le commerce.

La catégorie B comporte 3 groupes d'œufs :

- **Première catégorie** : Les œufs ni réfrigérés, ni conservés. Ils sont maintenu à +8 °C et pourvu d'une marque sur l'œuf (un cercle de 12 mm avec un B à l'intérieur).

- **Deuxième catégorie :** Les œufs réfrigérés, ils sont maintenus +4°C muni d'une marque (triangle de 10 mm vert).
- **Troisième catégorie :** Les œufs conservés dans un mélange gazeux muni d'une marque, (un losange).

Les durées de conservation sont pour la première catégorie de 3 à 7 mois et de plus de 7 mois pour la deuxième et troisième catégorie (SAUVEUR, 1988, ANONYME, 2005).

Catégorie C

Ce sont les œufs déclassés ; œufs à coquille fêlée mais non cassée ou à coquille sale ; et livrés à l'industrie agro-alimentaire et aux casseries.

- Catégorie B et Catégorie C : Envoyées aux décoquilleurs pour la transformation.

Les œufs qui n'appartiennent pas aux catégories A,B,C appelés œufs industriels ne sont pas utilisables pour l'alimentation humaine, il s'agit des œufs cassés présentant des défauts de coquille et des membranes entraînant l'exposition de leur contenu des œufs moisissés corrompus ou encore des œufs couvés.

2- Règles quantitatives

Le règlement (CEE) N° 1274 /91 (art 8) prévoit que les œufs de la catégorie A sont classés selon les catégories de poids suivants.

- Catégorie 0 : 75 g et plus
- Catégorie 1 : de 70 à 75 g
- Catégorie 2 : de 65 à 70 g
- Catégorie 3 : de 60 à 65 g
- Catégorie 4 : de 55 à 60 g
- Catégorie 5 : de 50 à 55 g
- Catégorie 6 : de 45 à 50 g
- Catégorie 7 : moins de 45 g

Tableau 13 - Des critères qualitatifs des œufs (règlement (CEE) 1274/ 91 art 5 et 6)

Catégories de qualité		
Critères	A	B
Coquille	Normale, propre, intacte	Normale, intacte
Cuticule	Normale, propre, intacte	
Chambre air	- Inférieur ou égale à 6 mm - Inférieur ou égale à 4 mm au moment de l'emballage pour les œufs commercialisé sous le qualificatif (Extra)	- Inférieur ou égal à 9 mm
Jaune	- Visible au mirage sous forme d'ombre seulement, sans contour apparent. - Ne s'écartent pas sensiblement de la position centrale en cas de rotation de l'œuf. - Exempt de corps étrangers de toute nature	- Visible au mirage sous forme d'ombre seulement. - Exempt de corps étrangers de toute nature
Blanc	- Clair, limpide - De consistance gélatineuse - Exempt de corps étrangers de toute nature	- Clair, limpide Exempt de corps étrangers de toute nature
Germes	Développement imperceptible	Développement imperceptible
Odeur	Développement imperceptible	Développement imperceptible

CHAPITRE III : MICROBIOLOGIE DE L'ŒUF

1- Les Défenses naturelles de l'œuf

L'œuf en coquille est le produit alimentaire qui présente les défenses antimicrobiennes naturelles les plus efficaces.

Ces défenses sont de nature physique et chimique. La conservation de l'œuf dépendra donc en premier lieu de l'intégrité de son emballage naturelle qui est la coquille.

1.1- Les défenses physiques

Plusieurs éléments représentent des barrières physiques. De l'extérieur vers l'intérieur nous étudierons, la cuticule, la coquille, les membranes coquillières, l'albumen et enfin la membrane vitelline et le jaune.

1.1.1- La cuticule

C'est une enveloppe, essentiellement protéique d'une épaisseur moyenne de 0,01mm (**WEDERAL et al., 1974**). En obturant la majeure partie des pores de la coquille, cette cuticule empêche la pénétration des bactéries, des moisissures et des virus à l'intérieur de l'œuf.

La friction des coquilles, leur lavage, les changements de température, l'humidité sont autant de facteurs qui vont altérer cette cuticule et donc la rendre perméable aux microorganismes **FROM (1963)**. C'est pour cette raison que la réglementation française interdit le lavage des œufs destiné à la vente en coquille. (**BOURGEOIS et al . ,1990**).

Cette cuticule est fragile et très vulnérable aux traitements utilisés pour nettoyer les œufs ; son efficacité est de durée limitée, car elle se craquelle sous l'effet de la dessiccation, cette protection dure quelques heures après la ponte en fonction des conditions de conservation (**THAPON et BOURGEOIS, 1994**).

1.1.2- La coquille

Pour permettre au futur embryon de respirer, la coquille est percée de nombreux trous ou pores. La majeure partie de ces pores est obturée partiellement par des bouchons constitués de fragments de cuticule. Ce sont eux qui confèrent à la coquille son rôle de barrière, le diamètre des pores nus permettant le passage aisé des microorganismes.

C'est pourquoi la contamination des œufs est beaucoup plus fréquente après lavage ou tout autre traitement endommageant la cuticule.

L'épaisseur de la coquille est le principal facteur s'opposant au passage des microorganismes. Pour la plupart des auteurs **BOAR (1966) ; MAYES et TAKABALLI (1974)**, le mécanisme de passage des bactéries au travers de la coquille serait la conséquence d'un phénomène de succion après formation de la chambre à air. Enfin, la présence de pores de diamètre anormalement élevé pourrait également représenter un facteur de contamination rapide des œufs. (**BOURGEOIS et al,1990**).

1.1.3- Membranes coquillières

Elles sont au nombre de deux, jointives à l'intérieur de la coquille et soudées l'une à l'autre sauf au niveau du gros bout de l'œuf où elles se séparent pour constituer la chambre à air. Elles sont composées d'un réseau de fibres de kératine et jouent le rôle de filtre microbien. La membrane interne, riche en lysozyme, serait la plus efficace. Le mécanisme de pénétration des bactéries dans les membranes coquillières est assez mal connu. Celles-ci n'ayant pas de pores, ce mécanisme impliquerait des processus d'hydrolyse enzymatique notamment protéolyse et lipolyse ; mais ces dégradations n'entraînent pas d'augmentation de la perméabilité aux bactéries.

Parmi les défenses physiques de l'œuf contre l'invasion microbienne, les membranes coquillières représentent sûrement la barrière la plus efficace. (**BOURGEOIS et al., 1996**).

1.1.4- L'albumen

L'albumen liquide externe n'intervient que par son pH élevé, qui passe de 7,4 à la ponte à 9,3 au bout de quelques jours de stockage, ce qui est peu favorable à la croissance bactérienne.

L'albumen épais freine la progression des microorganismes vers le jaune par sa consistance visqueuse liée aux propriétés de l'ovomucine.

La couche chalazifère, qui entoure complètement le jaune est constituée d'albumen particulièrement ferme qui joue le rôle d'une barrière mécanique et exerce un effet antibactérien grâce aux substances actives qu'il contient ; ce sont les mêmes que dans le blanc épais, mais elles y sont à plus haute concentration.

Donc la structure physique de l'albumen, est un obstacle à la progression des microorganismes. C'est la raison pour la quelle sa liquéfaction au cours de la conservation favorise cette progression (**THAPON, 1981**).

1.1.5 - La membrane vitelline et le jaune

Cette membrane n'a qu'un rôle barrière très limité pour empêcher la pénétration des bactéries dans le jaune. C'est un milieu riche en nutriments favorable à la prolifération bactérienne et qui ne contient sans doute que peu de substances antimicrobiennes (**THAPON et BOURGEOIS, 1994**).

1.2 - Défenses chimiques

Différents éléments constitutifs de l'œuf possèdent des propriétés antimicrobiennes.

1.2.1- PH alcalin

Au cours de la conservation de l'œuf on observe une perte importante de CO₂ au travers de la coquille, ceci entraîne une élévation du PH qui se stabilise au-dessus de 9 et ce d'autant plus rapidement que la température de conservation est élevée. Pour de très nombreux microorganismes, ce PH est un facteur défavorable à leur croissance et même à leur survie. (**GARIBALDI et al ., 1975**).

Ainsi, *Pseudomonas fluorescens* ; *Proteus vulgaris* et *Alcaligenes* sont incapables de se développer dans de telles conditions. (**BOURGEOIS et al., 1996**).

1.2.2- Lysozyme

C'est une protéine possédant une activité biologique de nature enzymatique. C'est une 1-4-B-N-acétylmuramidase ,capable d'hydrolyser la liaison glycosidique entre le carbone C- 1 de l'acide N-acétylmuramique et le carbone C- 4 de la N-acétylglucosamine du peptidoglycane de la paroi des bactéries Gram+. Cette action lytique a été mise en évidence in vitro. Certains microorganismes sont cependant capables dans certaines conditions de résister à l'attaque du lysozyme comme *Staphylococcus aureus* ou comme certaines espèces formant des spores (*Clostridium tyrobutyricum*) (**WASSERFALL et TEUBER ,1979**). En général dans l'œuf on admet que le fait de ne jamais trouver de bactéries Gram+ est du à leur sensibilité au lysozyme.

Le lysozyme peut également avoir une action sur les bactéries Gram+ en relation avec le caractère très électropositif de la molécule. A pH supérieur à 8, les membranes bactériennes sont chargées négativement, et en présence de lysozyme, il se forme un complexe agglutinant les cellules entre elles. (**NG et GARIBALADI ,1975**).

1.2.3- Conalbumine

C'est une glycoprotéine dont la partie protéique est analogue à la transferrine du sérum de poulet. Elle possède la propriété de fixer de nombreux ions métalliques et en particulier le fer. Rendant le milieu ferriprive, elle gêne donc le développement de nombreux microorganismes qui ont besoin de fer libre pour leur croissance. Pour certains auteurs, l'action de la conalbumine associée au pH alcalin constitue le facteur antimicrobien le plus efficace du blanc d'œuf (**TRANter et BOARD, 1984**).

L'action ferriprive de la Conalbumine dépend de nombreux facteurs comme le pH et la concentration en fer. Ainsi, le lavage avec une eau ferrugineuse des récipients devant contenir des œufs diminuera les défenses naturelles du produit vis-à-vis de l'infection bactérienne. Ceci est la conséquence de la saturation en fer de la Conalbumine qui perd son pouvoir antimicrobien mais devient plus résistant au traitement thermique.

Cette inhibition dépend également du type de microorganisme : ainsi les microcoques sont plus sensibles que les *Bacillus*, eux même plus sensibles que les bactéries gram négative par contre, la Conalbumine inhibe de façon efficace le développement de *Pseudomonas spicies*, *Escherichia Coli* et *Streptococcus mutans* (**VALENTINI et al., 1983**).

1.2.4 - Les autres facteurs antimicrobiens du blanc d'œuf

Deux autres protéines du blanc ont un effet analogue à la conalbumine.

Il s'agit de l'avidine qui fixe de façon très efficace la biotine ou vitamine H et de la flavoprotéine qui transporte la riboflavine (Vitamine B12). Ces deux vitamines peuvent être des facteurs indispensables pour certains microorganismes ; c'est le cas en particulier de la biotine pour les levures. Leur complexation à des protéines les rend donc indisponibles et représente un facteur défavorable à la croissance des microorganismes **BOARD (1966)**.

Enfin, il existe également dans le blanc d'œuf un ensemble de molécules de nature protéique qui sont inhibitrices de nombreuses protéases animales, végétales et microbiennes. Les principales sont l'ovomucoïde, l'ovo inhibiteur, l'ovostatine, la cystatine. Leur action antibactérienne n'a cependant jamais été clairement mise en évidence (**PELLEGRIN et al, 1990**).

Les différents facteurs défavorables à la croissance microbienne se trouvent donc dans les deux types de blanc d'œuf : blanc liquide et blanc épais. Leur concentration est cependant plus élevée dans le blanc épais qui est plus riche en matière sèche et donc plus visqueux, il se défend mieux contre l'attaque microbienne que le blanc liquide. C'est la raison pour laquelle

le processus de liquéfaction du blanc épais au cours de la conservation de l'œuf est un facteur favorable au développement microbien (**THAPON, 1981**).

2- La microflore de l'œuf

Divers microorganismes peuvent contaminer les œufs, mais les barrières physiques et les mécanismes biochimiques de défense exercent une action sélective sur ces derniers.

2.1- La contamination

L'œuf constitue un aliment naturellement bien protégé des contaminations, mais cette protection a néanmoins ses limites.

Cette contamination peut être endogène et/ou exogène.

2.1.1- Contamination de l'oeuf avant la ponte

Il s'agit d'une contamination liée à la présence de microorganisme, pathogène ou non, présente dans l'appareil génital de la pondeuse. Chez environ une pondeuse sur deux, l'oviducte et l'ovaire sont contaminés par les bactéries non pathogènes appartenant, le plus souvent, aux genres *Lactobacillus* et *Micrococcus* **HARRY, (1963)**. Hôtes habituels des voies génitales de la poule, ces bactéries se retrouvent que très rarement dans les œufs et jouent un rôle négligeable dans le phénomène de pourriture.

L'œuf peut également être contaminé au cours de sa formation par des bactéries apportées par l'alimentation et transitant par les voies digestives et sanguines jusqu'à l'ovaire. C'est le cas en particulier des genres *Salmonella*; pathogènes pour l'homme. Cette transmission transovarienne des salmonelles dans l'œuf nécessite un très haut niveau de contamination de l'aliment de la pondeuse et il semble que la présence de salmonelle dans l'eau de boisson soit à l'origine de la plupart des contaminations (**PROTAIS et al ., 1989**).

Grâce aux progrès des techniques d'élevage, de l'industrie de l'alimentation animale et de la médecine vétérinaire, peu de pondeuses sont aujourd'hui infectées par des Salmonelles, et il devient donc exceptionnel d'en retrouver dans les œufs aussitôt après la ponte.

Bien que des contaminations avant la ponte par d'autres espèces telles *Staphylococcus*, *Pasteurella*, *Pseudomonas* aient été signalées, on peut admettre que plus de 90 % des œufs contaminés aujourd'hui le sont après la ponte. (**MAYES et TAKEBALLI, 1983**).

2.1.2 - Contamination et altération de l'œuf après la ponte

Le nombre de microorganismes trouvés par coquille peut varier de quelques centaines à plusieurs dizaines de millions, avec une moyenne de 100 000. Cette contamination dépend étroitement des conditions d'hygiène des élevages, les œufs fermiers étant généralement plus contaminés que ceux des élevages industriels. En effet, une part importante de la contamination des coquilles provient des litières, des fèces, de la poussière de l'air, etc. Les principales espèces microbiennes rencontrées sont données dans le tableau 14

Elles constituent une flore essentiellement Gram+ (*Micrococcus*) résistant relativement bien au milieu déshydraté que représente la surface de la coquille (BOURGEOIS et al., 1996).

Tableau 14- Différents germes de contamination des œufs de poule (MAYES et al. 1983)

Type de microorganismes	Sur la coquille	Dans les œufs pourris
Micrococcus	++	±
Acinetobacter	+	±
Alcaligenes	+	++
Arthrobacter	+	±
Bacillus	+	±
Cytophaga	+	±
Escherichia	+	++
Flavobacterium	+	±
Pseudomonas	+	++
Staphylococcus	+	-
Aeromonas	±	+
Proteus	±	++
Salmonella	±	-
Sarcina	±	-
Serratia	±	++
Streptococcus	±	±
Citrobacter	-	+
Cloaca	-	±

- : Très rare ; ± : de temps en temps ; + : souvent ; ++ : toujours

2.2- La pénétration des germes

L'humidité favorise la pénétration des microorganismes et le phénomène le plus évoqué pour expliquer la pénétration des germes à travers de la coquille, est l'absorption d'eau polluée au travers des pores par suite d'un refroidissement brutal de l'œuf ; ce qui entraîne la contraction de son contenu, et par conséquent un phénomène de succion.

Pour éviter ce phénomène il est recommandé de ne pas laver les œufs ou de le faire dans une eau à température supérieure à celle de l'œuf.

Toutefois une aspiration moins intense des bactéries de la surface de la coquille peut résulter, même sans contraction du contenu, de l'action de forces de capillarité ou osmose.

D'autre part, les moisissures peuvent introduire leurs filaments à l'intérieur de l'œuf par les pores de la coquille. La cuticule s'oppose à ces entrées, mais les défauts de cette cuticule peuvent laisser béants un certain nombre de pores, par lesquels s'effectue la pénétration des germes.

Ces faits expliquent la pénétration des microorganismes jusqu'au niveau de la membrane coquillière externe, voire même jusqu'à la membrane coquillière interne. La traversée de cette dernière est moins bien comprise ; elle est gênée par la présence de lysozyme.

2-3- L'invasion du blanc et du jaune

Une fois dans les membranes, les bactéries sont soumises à des conditions d'activité de l'eau et de disponibilité de nutriments favorables à leur croissance, mais la présence de lysozyme dans cette membrane favorise relativement les bactéries Gram négatives. Parmi ces dernières, le développement va dépendre de la température de conservation :

- * Aux alentours de 37°C, ce sont essentiellement les **coliformes** qui vont pouvoir se développer.

- * Aux températures plus basses, ce sera les **Pseudomonas**.

- * Aux températures ambiantes, après pénétration de la coquille, l'infection reste localisée au niveau des membranes pendant 15 à 20 jours avant de s'étendre au jaune pour y atteindre des concentrations de l'ordre de 10^9 par gramme. Cela pourrait être dû aux propriétés inhibitrices de l'albumen, qui s'atténueraient progressivement.

Selon certaines observations, l'invasion microbienne du blanc comme du jaune pourrait se déclencher lorsque l'albumen devient moins visqueux, le jaune entre en contact avec la membrane coquillière interne contaminée.

La population qui se multiplie est constituée de plusieurs espèces, essentiellement Gram négatives (tableau 15), parmi lesquelles **BOARD (1969)** distingue 3 catégories :

- * Les dominants responsables de pourriture ou de coloration;
- * Les associés, abondants aussi, mais qui ne produisent pas de modifications significatives de l'œuf;
- * Les occasionnels, présents en petit nombre et qui peuvent même être des Gram positifs. (**SAUVEUR, 1988, BOURGEOIS et al ., 1994**).

Tableau 15 : Types de micro-organismes isolés à partir de contenu d'œufs altérés (extrait de BOARD ; 1969)

Micro-organismes							
Type d'œufs	Coli Aéro-gène	Proteus	Aero -monas	Pseudo -monas	Alcali -genes	Achro- -mobacter	Bactéries Gram+
Œufs pourris	+	+	-	+	+	+	-
Halnes (1938)	+	+	-	+	+	+	-
Alford et al (1950)	+	+	+	+	+	+	±
Florant et Trussel (1957)	+	+	+	+	+	+	±
Board et Board (1968)	+	+	+	+	+	+	±
Œufs colorés	+	+	+	+	+	+	±
Ricard et Moher (1950)	+	-	-	+	+	+	±

D'une façon générale les microorganismes responsables du pourrissement et des colorations lors de la conservation à température ambiante appartiennent aux genres *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*.

On y trouve notamment des *Bacillaceae*, des *Enterobacteriaceae*, des *Lactobacillaceae*, des *Micrococccaceae*, des *pseudomonadaceae*. Certains de ces *bacillaceae* et *lactobacillaceae* résistent aux traitements thermiques de pasteurisation.

3- Les Salmonelles dans les oeuf

Les bactéries du genre *Salmonella* appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae* dont elles possèdent les principaux caractères

Bacille de 0,7 à 1,5 μm , à Gram négatif, anaérobie facultatif, habituellement mobile grâce à une ciliaire périt riche.

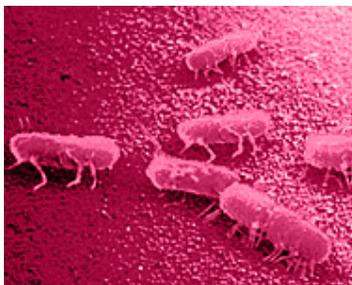


Fig 5 : Vue microscopique des salmonelles (Anonyme, 2006)

La présence de salmonelles dans les œufs et le risque de gastroentérite lié à leur consommation ont été un sujet majeur de préoccupation des chercheurs et des services de santé publique au cours des années récentes.

L'œuf peut être contaminé de deux manières :

- Soit par transmission horizontale c'est-à-dire ; souillure fécale de la coquille suivie d'une pénétration des germes par les pores de la coquille.
- Soit par transmission verticale, c'est-à-dire de la poule à l'œuf, les salmonelles étant présentes dans les ovules eux-mêmes.

Cette transmission transovarienne d'abord démontrée pour *S. pullorum* a été mise en évidence plus récemment. Dans le cas de *S. enteritidis*, une bactérie dont l'incidence est en

progression constante et relativement rapide depuis quelques années, le lysotype PT4, qui prédomine actuellement, a connu une progression spectaculaire au cours des années récentes; en Grande-Bretagne, il représente 50% de tous les isolements de salmonelles en 1988 au lieu de 4% en 1981.

Contrairement aux autres salmonelles, celle-là passe dans le sang de la poule et est disséminée dans divers organes notamment les ovaires, avec ou sans manifestations pathologiques.

Gast et Beard (1992) ont confirmé récemment que l'inoculation orale de salmonelles chez la poule, conduisait à la contamination des œufs mais ils n'ont observé cette transmission qu'avec une fréquence et des concentrations relativement faibles, pour des inoculations lourdes. Selon ces mêmes auteurs, les accidents à *Salmonella enteritidis* sont généralement la conséquence de trois événements indépendants :

- La production d'œufs contaminés par des poules infectées
- La conservation des œufs dans des conditions impropres qui favorisent la multiplication des salmonelles jusqu'à des niveaux potentiellement dangereux
- Et la consommation d'œufs crus ou insuffisamment cuits. (**THAPON et BOURGEOIS, 1994**).

4- Autres bactéries pathogènes

Quelques agents microbiens autres que les salmonelles sont susceptibles d'entraîner des toxi-infections par l'intermédiaire des œufs ou produits à base d'œufs ; dans le cas de ces dernières, l'origine de la contamination est souvent humaine, l'œuf n'intervenant que par sa richesse nutritive favorable à la croissance microbienne .

Staphylococcus aureus, est une bactérie Gram positif, qui produit une toxine en se multipliant, capable de provoquer des troubles peu de temps après l'ingestion.

Cette bactérie a très peu de chances de se multiplier dans un œuf en coquille car elle est plus ou moins sensible au lysozyme : dans le blanc d'œuf on observe une perte de viabilité, qui est liée à la basicité du lysozyme, plus encore qu'à ses propriétés spécifiques. (**NG et GARIBALADI, 1975**).

En revanche, si les conditions sont favorables, *Staphylococcus aureus* peut se multiplier dans des produits aux œufs, grâce à la richesse nutritive que leur confèrent ces produits ; c'est ainsi que les crèmes pâtisseries ont souvent été à l'origine d'intoxications staphylococciques.

Bacillus cereus, bactérie Gram positif, sporulant, responsable aussi de toxi-infection a été également isolée fréquemment sur les lieux de production des œufs et dans les produits d'œufs, elle est susceptible de se multiplier de façon limitée dans l'albumen, mais elle est rarement isolée à partir de produits pasteurisés.

Enfin la présence sporadique de listeria et même de l'espèce monocytogenes a été signalée dans des ovoproduits commerciaux par **LEASOR et FOEGEDING (1989)** ainsi que par **MOORE et MADDEN (1993)**, mais aucun cas de listériose due aux œufs ou aux ovoproduits ne semble avoir été signalée à ce jour. (**THAPON et BOURGEOIS, 1994**)

L'œuf possède une certaine capacité de résistance à la multiplication des listeria, mais cette résistance est diminuée par :

- L'ultra pasteurisation qui dénature le lysozyme
- La conservation à basse température qui diminue l'activité des enzymes
- La résistance adaptative des listeria, qui contamine les usines d'ovoproduits, donc aux inhibiteurs contenus dans ces ovoproduits. (**ERICKSON et JENKINS, 1992**)

Le problème est donc très complexe, mais une hygiène sans faille et une bonne pasteurisation donnent sans doute une bonne garantie.

L'œuf est donc extrêmement bien protégé contre les contaminations et la prolifération microbienne, ce qui a fait dire à **BURLEY (1990)** que « l'œuf constitue un véritable modèle pour la technologie alimentaire ».

CHAPITRE IV : MESURE DE LA QUALITE DE L'ŒUF

1- Méthode classique d'estimation de la qualité des œufs de consommation

1.1- La technique légale : le mirage

Pour être précis, le mirage doit être fait dans une salle obscure en passant la lumière sur chaque œuf (Fig 6).

L'équipement du mirage peut être constitué d'une simple unité ou s'étendre à un dispositif mécanique composé de systèmes de lavage automatique , de calibrage , du classement par taille et par unité d' emballage .cette technique permet de relever :



Fig 6 : Détection des œufs fêlés par mirage (ANONYME, 1991)

- Les fêlures, les micro-fêlures ou toute rupture de la coquille
 - La localisation et la dimension de la chambre à air
 - L'aspect du vitellus, de l'albumen et des chalazes
 - La présence de grosses inclusions (tâches de sang et/ou taches de viande)
- (PROTAIS et al., 1989).**

Au cours de la manipulation, un tri est opéré et sont écartés systématiquement ou déclassés.

- Les œufs sans coquille ou avec des coquilles molles (shell less and soft shelled eggs) dont l'origine peut être une maladie infectieuse.
- Les œuf pré-fêlés in vivo (body-checked eggs) dont la coquille est cassée en début de calcification suite à des stress, puis réparée.

- Les œufs à coquille très rugueuse ou présentant des aspérités importantes « pimpled eggs » pour lesquels des débris présents dans le magnum pourraient s'incruster au niveau de la membrane coquillière externe et s'incorporer à la coquille pendant sa formation. L'origine de cette anomalie n'est pas clairement connue ;

- Les œufs avec des déformations très prononcées (corrugated eggs) qui sont rencontrés essentiellement suite à des bronchites infectieuses.
- Les œufs à coquilles translucides (translucent eggs) qui ont souvent des défauts de structure interne favorisant l'accumulation d'eau dans la coquille à partir du blanc (**PROTAIS, 1995**).

1.2- Propriétés technologiques

L'œuf étant destiné à être commercialisé suivant différentes utilisations :

Consommation directe ou transformation, des critères technologiques concourent à apprécier sa qualité :

Parmi ces critères on peut citer :

- Estimation de la qualité de la coquille
- Estimation de la qualité de l'albumen
- Estimation de la qualité du jaune
- Estimation des inclusions

1.2.1- Estimation de la qualité de la coquille

La qualité de la coquille peut s'estimer par : la propreté, la forme, la couleur et la solidité.

- **La propreté**, elle est simplement mesurée par pourcentage d'œufs sales. Selon les normes admises la coquille est considérée comme sale lorsque les salissures recouvrent plus de 1/32 de sa surface, lorsqu'elles sont localisées, ou 1/16 si elles sont dispersées.

Par salissure on entend généralement :

- Souillure d'origine intestinale ou urinaire (matières fécale)
- Souillures génitales (sang)
- Poussières

- **La forme**, elle représente un intérêt pour la conception des alvéoles d'emballage et pour une estimation précise de la surface de l'œuf.

La forme de l'œuf est représentée par l'indice de forme ou rapport (longueur/largeur) $\times 100$.il varie entre 65 (œuf allongé) et 82 (œuf arrondi).ce rapport diminue progressivement avec l'âge, et passe de 77 en début de ponte à 74 en fin de ponte.

- **La couleur** de la coquille quant à elle , est appréciée par comparaison à une gamme de référence .Elle est en général mesurée à l'aide d'un réflectomètre préalablement étalonné sur bloc de carbonate de magnésium ,correspondant au blanc absolu et au maximum de réflectance.

On attribue des valeurs entre 5 et 45, partant des coquilles les plus blanches aux plus colorées.

Les industries de l'agro-alimentaire disposent de matériels faibles leur permettant d'obtenir des mesures objectives et comparables de la couleur, quelque soient l'échantillonnage, la personne, le lieu de mesure et les autres facteurs de variations.

Ils utilisent à cette fin des chromamètres, qui permettent d'analyser ce critère dans un espace tridimensionnel, à l'aide de coordonnées trichromatiques qui sont la teinte, la saturation et la luminance.

- **La solidité**, celle-ci a fait l'objet de beaucoup d'études, elle dépend de la nature et de la quantité et structure des matériaux déposés. La microscopie électronique a permis de décrire la structure de la coquille et de montrer ainsi les relations entre la structure et solidité de la coquille.

La microscopie électronique étant trop onéreuse, d'autres techniques de laboratoire au coût modéré ont vu le jour.

Ces techniques d'étude de la densité, déformation, résistance à l'impact ou à la rupture par compression statique ou quasi statique, épaisseur, pourcentage et index de solidité, ont permis de montrer les relations entre la structure ou l'épaisseur d'une part et la solidité de la coquille d'autre part.

Récemment, la technique du bombardement de l'œuf avec des ultrasons ou des particules bêta, a été introduite pour affiner les résultats obtenus précédemment. (**PROTAIS et al., 1989 ; ANONYME,2000**).

1.2.2- Estimation de la qualité de l'albumen

L'estimation de la qualité de l'albumen se fait souvent par examen, après cassage, de l'aspect physique du blanc sur une surface plane.

Deux couches bien distinctes , l'une plus dense que l'autre .Cette rigidité du gel formé par le blanc épais autour du jaune est traduite en **Unité Haugh** du nom de l'inventeur de la formule suivante :

$$UH = 100 \lg (H - 1,7 P (0,37) + 7,57)$$

UH = Unité de Haugh

H = hauteur de l'albumen épais exprimé en mm.

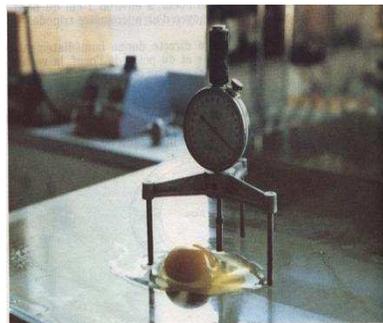
P = poids de l'œuf exprimé en g. (ANONYME, 1991)

Quelques précautions à prendre lors de la mesure :

- L'œuf pesé est cassé doucement sur une surface plane.
- L'hauteur de l'albumen dense est mesurée à l'aide d'un micromètre tripode précis au 1/10 mm, immédiatement après l'ouverture de l'œuf à 1 cm du bord du vitellus en évitant les chalazes (si le blanc est trop bombé, sans partie plane, se placer à mi -chemin entre le jaune et le blanc épais).



**Fig 7 : Balance électrique précise
au 100^{ème} de gramme**



**Fig 8 : Micromètre tripode
(ANONYME, 1991)**

Cette structure en gel du blanc est due à des interactions entre l'ovomucine, le lysozyme et le cation minéral divalents calciums et magnésium. Elle ne présente aucun rapport direct avec la valeur nutritionnelle du produit mais elle est recherchée pour certaines technologie (séparation des constituants...) ou dans certaines habitudes culinaires.

Cette unité Haugh non reconnue en France , permet de classer les œufs de consommation aux état- unis en trois catégorie AA(UH >72) , A (60<UH<72), B(UH<60). Cette appréciation a été schématisée sur les figures 7 et 8 , montre l'étalement progressif du blanc épais associé à un aplatissement du jaune en fonction de la catégorie .

Il convient cependant de préciser que ce classement n'est pas arbitraire ; lors du conditionnement et du classement des œufs en fonction des unités Haugh , une tolérance d'un certain nombre d'œufs des classes inférieures est définie dans chaque catégorie.

La mesure du pH de l'albumen soigneusement homogénéisé se situe entre 7,8 et 8,2 le lendemain de la ponte .Il devient supérieur lorsque l'œuf vieillit.

La proportion de blanc est obtenue souvent par différence après pesée de l'œuf , de la coquille et du jaune ,toute trace d'albumen ayant été préalablement éliminée .la répartition entre blanc épais et liquide peut être effectuée après séparation sur tamis des zones liquide interne et externe (**SAUVEUR, 1988 ; PROTAIS, 1995**).

1.2.3- Estimation de la qualité du jaune

En règle générale, la bonne qualité du vitellus des œufs récemment pondus n'est pas un problème.

Un aspect tacheté, marbré, des décolorations ou d'autre défaut sont parfois rencontrés.

Occasionnellement, une poule peut pondre des œufs avec une mauvaise odeur.

L'éleveur doit examiner le jaune soigneusement et sentir la coquille ouverte lorsqu'il casse des œufs pour en révéler les caractéristiques .Dans ce cas, le producteur doit porter son attention sur les aliments, l'organisation, les maladies possibles et la recherche de mesures correctives.

De telles découvertes engendrent l'obligation de mirer chaque œuf du lot incriminé.

En outre la consommation de certaines plantes, en particulier de la bourse-à-pasteur, peut donner au vitellus un reflet verdâtre (**GABRIEL, 1987**).

La coloration du jaune entre souvent dans l'appréciation qualitative de l'œuf, mais il s'agit là d'un élément purement subjectif qui varie d'ailleurs d'un pays à l'autre et qui ne traduit pas une différence de valeur de l'œuf. Cette coloration peut se chiffrer en comparant la couleur du jaune avec une échelle colorimétrique comme celle de Roche qui se présente sous la forme d'un éventail d'une quinzaine de lames portant chacune un numéro de référence (**ANONYME, 1991**).



Fig 9: Appréciation de la coloration du vitellus à l'aide d'un éventail colorimétrique « Roche » (ANONYME, 1991).

1.2.4- Estimation des inclusions

Le pourcentage d'inclusion peut être estimé après observation des œufs au mirage. Cependant cette technique ne permet de détecter que les grosses taches à travers la coquille.

La casse de l'œuf facilite le dénombrement exact et permet de préciser :

- La taille punctiforme (<1mm) moyenne (comprise entre 1 et 5mm) ou importante (> 5 mm) ;
- L'origine (sang et/ou viande) ;
- La localisation. (PROTAIS, 1995).

1.3- Autre critères de qualité

1.3.1- Caractéristiques chimiques

La valeur nutritionnelle de l'œuf a servi et sert toujours de référence pour apprécier la valeur nutritionnelle des protéines des autres aliments.

L'œuf présente en générale une certaine constance dans sa composition chimique qui entre maintenant de plus en plus comme composante du cahier des charges de l'industriel utilisateur des ovoproduits.

Cependant des variations parfois énormes de sa composition chimique sont observées et peuvent être à l'origine de litiges internationaux. Elle peuvent être attribuées :

- A certain facteur de variation (âge de la pondeuse, alimentation,....).

- Mais surtout à la méthodologie analytique qui s'est grandement améliorée depuis quelques années.

Afin d'harmoniser tout cet aspect technique, une réglementation relative aux méthodes officielles d'analyses des ovoproduits concernant la préparation de l'échantillon, la détermination de la teneur de la matière sèche, des lipides, des chlorures, des sucres, du lysozyme a été publié en France dans le J.O. du 19 janvier 1988, toutes ces méthodes ayant été au préalable examinées et testées par différents laboratoires.

Des recherches bien particulières dans les ovoproduits comme la teneur en acide lactique et celle en acide β - hydroxybutyrique, sont également demandées.les methodes relatives a ces dosages ont fait l'objet de publication en 1993(AFNORV47-101et V47-100).

D'autres composés comme les métaux lourds, les composés organochlorés, des fongicides, des pesticides, des résidus divers, font parfois leur apparition dans les cahiers des charges.

L'incidence de la présence de ces produits dans l'aliment distribué aux poules ou dans l'environnement du poulailler se manifeste le plus souvent sur la qualité de la coquille qui peut se trouver détériorée, mais très rarement par l'accumulation de ces résidus dans le contenu de l'œuf et surtout dans le vitellus.

En revanche, certains effets néfastes de quelques substances sont bien connues: l'incorporation de nicarbazine, de certaines substances médicamenteuses dans l'aliment peuvent entraîner des dégradations de la qualité de l'œuf et éventuellement leur présence dans le contenu (**PROTAIS, 1994**)

1.3.2- Caractéristiques bactériologiques

Au moment de la ponte, le contenu de l'œuf présentant une coquille intègre et provenant d'une poule saine est généralement stérile.

Des contaminations de ce contenu par voie transovarienne ou génitale sont possibles et souvent d'origine salmonellique.

Elles sont cependant rares. Dans ce cas, la détection des œufs contaminés par Salmonella (de l'ordre de 0,5 %) n'est pas envisageable car elle nécessiterait d'analyser des milliers d'œufs. Aussi pour éviter toute contamination des pondeuses d'œufs de consommation

par *S. enteritidis*, un contrôle officiel hygiénique et sanitaire (C.O.H.S) a été mis en place depuis 1991 en France au niveau des élevages de production de poulettes et de pondeuses.

Un même contrôle était déjà en application vis-à-vis de *S. pullorum* depuis 1982 au niveau des élevages de sélection, de multiplication et des établissements d'accouaison, et pour lesquels ont été ajoutés *S. typhimurium* et *S. enteritidis* .

Par ailleurs, la surface de la coquille est contaminée par différents micro-organismes de l'environnement. Ceux –ci sont apportés souvent par des fientes, des poussières, le matériel....

Le nombre de germes dénombrés par coquille varie de 10³ à 10⁷ avec une valeur moyenne de 10⁵. (**PROTAIS et al., 1989**).

Parmi ces germes, des bactéries, des levures, des champignons ont été identifiés. Mais l'œuf résiste bien aux contaminations malgré la flore abondante et variée observée sur la coquille.

Donc l'œuf sera protégé grâce à :

- La coquille intègre qui présente une épaisseur non négligeable criblée d'un nombre limité de pores microscopiques, l'ensemble recouvert par la cuticule qui obstrue ces pores après séchage et qui empêche la pénétration des champignons et des bactéries. .
- Les membranes coquillières formées de fibres entrelacées offrent une barrière mécanique supplémentaire et difficile à franchir. Elles possèdent un pouvoir bactéricide qui s'affaiblit après un stockage de plusieurs jours.
- Enfin l'albumen est un milieu défavorable au développement protéique et de sa richesse en substances actives (lysozyme, conalbumine et ovoflavoprotéine, avidine, ovomucoïde...).

Si les microorganismes franchissent successivement toutes ces barrières naturelles, ils trouveront par contre dans le vitellus, un milieu très favorable à leur croissance.

Les altérations les plus fréquemment rencontrées sont des pourritures de couleur :

- Verte attribuée à *Pseudomonas fluorescens*;
- Noire attribuée à *Proteus hauseri*;
- Rouge attribuée à *Serratia marcescens*.

Des altérations incolores peuvent être dues à la multiplication de bactéries diverses.

Les champignons provoquent des dégâts moins importants, ils restent généralement localisés sous la coquille au niveau de la chambre à air.

Afin de conserver au moins la qualité initiale de l'œuf obtenue au moment de la ponte, il est vivement conseillé d'entreposer les œufs dans un local propre, aéré, sombre, tempéré dans lequel sont maintenues les conditions suivantes :

- Une température entre 10 °C et 15 °C pour limiter le départ d'eau et de gaz carbonique. L'œuf craint également les basses températures, les points de congélation de l'albumen et du vitellus se situant respectueusement à 0,42 °C et – 0,59 °C.
- Un bâtiment isolé thermiquement pour le stockage des œufs s'avère indispensable pour lutter contre les températures élevées de l'été et basses de l'hiver.
- Une humidité relative de 80-85 % pour ne pas affecter l'évaporation.
- Une ventilation appropriée pour éviter les condensations sur les œufs, favorables aux croissances microbiennes.
- Enfin pour que toutes ces précautions soient efficaces, elles doivent être mises en œuvre dès que possible après la ponte.
- Ceci implique des ramassages quotidiens des œufs (**SAUVEUR, 1988 ; PROTAIS, 1995**).

1.3.3- Caractéristiques sensorielles

Les caractéristiques sensorielles prennent une part non négligeable dans la satisfaction de l'utilisateur ou le consommateur par le produit.

Elle sont évaluées au moyen d'épreuves de type comparatif, dans des salles spécialement équipées. Les juges sélectionnés sont ainsi amenés à se prononcer sur le caractère plus ou moins franc des odeurs, saveurs, arrière-goûts et sur les parasites, puis à donner une note d'appréciation globale.

Des altérations de goût ou odeurs anormales ont été parfois signalées. Deux origines possibles sont à retenir :

- La consommation par les poules d'aliment contenant certaines matières premières comme le tourteau de colza ("odeur de poissons"), les algues ;
- Le stockage des œufs à proximité d'autres produits (désinfectants ; légumes, poissons...) en un point quelconque de la filière (transport, centre d'achat). (**SAUVEUR, 1988 ; PROTAIS, 1995**).

2- Nouveaux systèmes pratiques pour mesurer la qualité des œufs

Beaucoup de critères de la qualité des œufs sont contrôlés habituellement par mirage dans les usines d'emballage.

Ce dernier a l'avantage d'être non destructif et rapide.

Indépendamment du type d'équipement utilisé, chaque œuf doit être examiné.

Cependant, l'évolution croissante des trieuses modernes d'œufs, qui peuvent trier jusqu'à 120 000 œuf par heure, fait que cette étape d'inspection de la qualité devient plus difficile, donc moins fiable.

Pour d'autres aspects de qualité, comme la résistance de la coquille ou la qualité de l'albumen, des techniques destructives et non destructives ont été développées il y a plusieurs années. La plupart d'entre elles ont l'inconvénient de perdre du temps, et ne peuvent être appliquées que sur un petit échantillon du groupe considéré.

Les nouvelles technologies, qui évoluent rapidement, sont complètement automatisées et fiables. Elles offrent la possibilité d'évaluer la qualité dans toutes les différentes unités au lieu d'utiliser un échantillonnage.

Les facteurs influençant le choix des technologies incluent l'uniformité d'un produit, la vitesse de mesure, le coût de l'instrumentation et le degré de calibrage souhaité. La disponibilité d'ordinateurs rapides et performants et les nouvelles technologies de détection ont stimulé la recherche en matière de technologies rapides et précises. **(BAERDDEMAEKER et KETEIAERE, 2005).**

2.1- Techniques mécaniques

2.1.1 - Techniques classiques

Des techniques mécaniques ont été utilisées durant plusieurs années pour évaluer la qualité physique de la coquille, sa résistance et la présence de fissure. En général, les méthodes d'évaluation de la résistance de la coquille d'œuf peuvent être subdivisées en méthodes directes et indirectes.

La méthode la plus largement répandue est la force de rupture mesurée pendant la compression quasi-statique, qui est une mesure de la force matérielle de la coquille. D'autres méthodes incluent des essais de piqûres et des essais de chocs.

Toutes les méthodes directes sont destructives. Les méthodes indirectes, destructives et non destructives, mesurent un paramètre qui est lié à la résistance de la coquille de l'œuf. La mesure de l'épaisseur de la coquille est une méthode indirecte fréquemment utilisée pour avoir une indication sur sa résistance. Une autre mesure indirecte pour la résistance de l'œuf à

une force est fournie par le calcul du pourcentage du poids de coquille par rapport au poids de l'œuf.

Une troisième méthode indirecte non destructive et largement répandue, est la compression (quasi-statique des œufs entre deux plaques parallèles). En mesurant la courbe de la déformation obtenue lors de l'application d'une force.

Bien que certaines des techniques mentionnées ci-dessus puissent être considérées comme « non destructives », elles présentent l'inconvénient de prendre du temps de sorte que, seul un échantillon peut être évalué. C'est la raison pour laquelle la recherche vers des nouveaux détecteurs mécaniques fiables et rapides a été stimulée et certains ont déjà trouvé des applications industrielles (**ANONYME, 2000 ; BAERDDEMAEKER, ET KETELAERE, 2005**).

2.1.2-Analyses de vibration

A- Détection de fêlures

Il est montré que dans des circonstances commerciales des détecteurs mécaniques rapides et non destructifs peuvent être utilisés pour l'évaluation de la coquille d'œuf. Dans deux applications

Commerciales, un petit compacteur stimule la coquille d'œuf. Une combinaison de l'amplitude des rebonds et/ou du nombre de rebonds du compacteur est employée comme indication de l'intégrité mécanique locale de la coquille de l'œuf.

Cette mesure donne seulement une information locale sur la qualité de la coquille.

B- Rigidité de la coquille de l'œuf

COUCKE (1998), COUCKE et al. (1999), DE KETELAERE (2000), DE BAERDDEMAEKER (1999) et DE KETELAERE (2002) ont utilisé la technique de fréquence de résonance afin d'estimer la résistance des œufs intacts. A cette fin, **COUCKE (1998)** a modélisé l'œuf comme un système de masse ressort et a défini un nouveau paramètre de la force de la coquille appelée rigidité dynamique. Le terme dynamique a été choisi afin de souligner le fait que la résistance de la coquille a été mesurée en utilisant des mesures dynamiques, c'est-à-dire après avoir été stimulée. .

BAERDDEMAEKER (1999) et DE KETELAERE (2002) ont améliorés le module initial de la masse –ressort vers un module de masse- ressort –amortisseur et ont prouvé que l'atténuation de la vibration fournit des informations supplémentaires.

C- Force matérielle de la coquille d'œuf : La méthode de Young

Le module de Young est une mesure de la force matérielle de la coquille d'œuf. La résistance de la structure est exclue de cette force matérielle .Par conséquent, elle ne peut pas être mesurée sur un œuf entier. Un morceau de coquille est coupé de l'œuf et des mesures sont faites sur ce morceau de coquille d'œuf , un petit morceau de coquille est découpé .Le morceau de coquille est joint dans un trombone . Avant la mesure, ce trombone est attaché par une vis de banquette.

L'échantillon est stimulé par une onde sonore, produite par un haut parleur juste au dessus du morceau de coquille .La vibration de la coquille est mesurée par un laser-vibromètre. Le signal mesuré par ce laser-vibromètre est envoyé à un ordinateur. A partir du temps de signal, un spectre de fréquence est calculé en utilisant une Transformation Rapide de Fourier. Le troisième mode de vibration est celui qui est le plus présent. Par conséquent, cette fréquence de résonance est utilisée pour calculer le module de Young ; **(BAERDDEMAEKER, et KETEIAERE, 2005).**

2.2- Techniques spectroscopiques

La spectroscopie dans la proche infrarouge (PIR) est une technique sans contrainte qui a été utilisée pour la détermination de la qualité interne des produits agricoles **(WILLIAMS et NORRIS, 1987)**. Les mesures de PIR ont plusieurs avantages ; elles sont rapides, non destructives, précises, fiables, sans contact et économiques.

2.3- Système d'inspection vidéo

Des systèmes d'inspections utilisent des appareils photo ont été employés par plusieurs auteurs pour l'évaluation de différents aspects de la qualité des œufs. **ELSTER et GOODRUN (1991)** ont développé un programme pour analyser les images des fêlures a fond gris des œufs. L'œuf a été isolé du bruit de fond en utilisant des algorithmes de traitement d'image

CHAPITRE V : FACTEURS DE VARIATION DE LA QUALITE DE L'ŒUF

1- Etudes des facteurs de variations du poids de l'œuf

Le poids de l'œuf dépend de celui du jaune, de l'albumen et de la coquille.

L'évolution des proportions des différents constituants de l'œuf en fonction du poids de l'œuf (figure n°10) montre lorsque ce dernier augmente, que :

- Le pourcentage de l'albumen augmente et celui du jaune diminue.
- Le pourcentage de coquille reste à peu près constant.

Il faut donc bien voir les limites d'une augmentation du poids de l'œuf, elle se traduit :

- Par une augmentation de la quantité des éléments nutritifs ;
- Par une augmentation du poids de la coquille ;
- Par une élévation de la proportion d'eau dans l'ensemble de l'œuf (ANONYME,

1986)

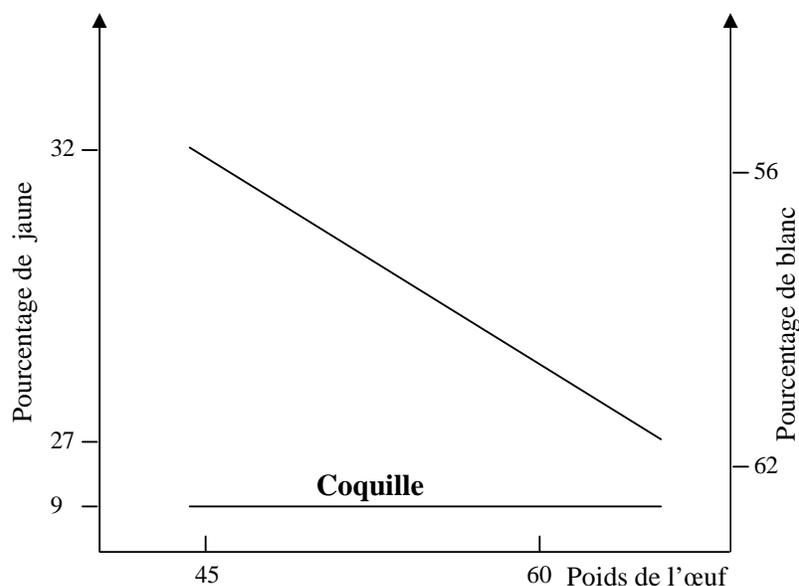


Fig 10 : proportion des différents constituants en fonction du poids de l'œuf (MARION et al., 1964) .

1.1- Le poids moyen de l'œuf

Le poids moyen de l'œuf se détermine sur la base du poids de tous les œufs pondus durant la première année de ponte, à partir de l'âge de 20 à 22 semaines jusqu'à environ la 80 ème.

Le poids moyen de l'œuf est de 58 à 60 g.

Dans la pratique, l'œuf est calibré et réparti par classe de poids.

1.2- Les facteurs de variation du poids de l'œuf

Les facteurs qui agissent sur le poids de l'œuf sont :

- Des facteurs liés à l'animal et au stade de production.
- Des facteurs liés au milieu.

- Les facteurs liés à l'animal et au stade de production :

a) La souche

Des contrôles ont été réalisés en Belgique ont montré que le poids moyen de la souche légère Leghorn Blanche est de 60,8 g celui de souches demi-lourdes de 62,3 g.

b) L'âge d'entrée en ponte

Le poids des œufs est d'autant plus faible que l'âge d'entrée en ponte est avancé. Il se présente couramment des écarts de 2 g entre des œufs pondus précocement et d'autres plus tardivement.

c) L'âge des animaux

Le poids des œufs est en étroite relation avec l'âge des poules pondeuses (figure n°11). Cette relation est semblable quelle que soit la souche, avec simplement un écart de 1 à 2 g entre les souches lourdes et les souches légères.

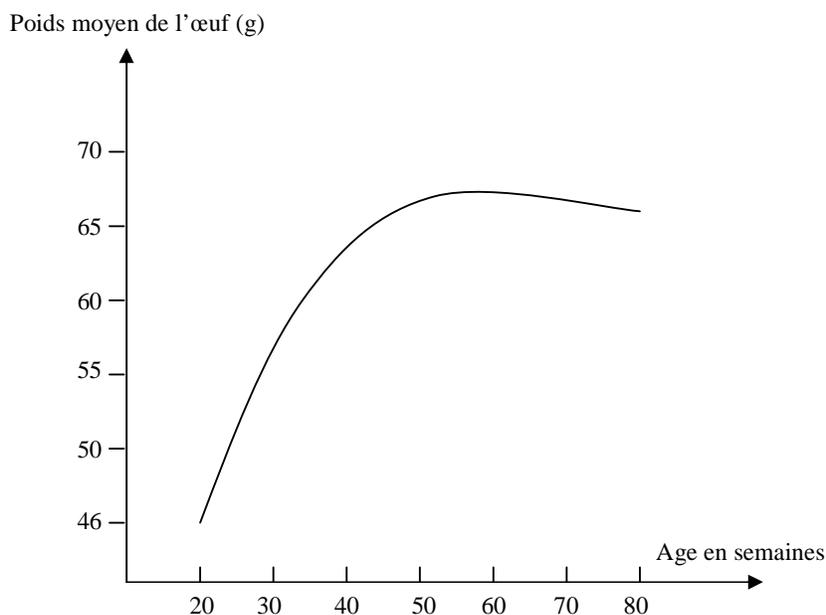


Fig 11 : Influence de l'âge sur le poids des œufs (Cas de la souche Hubbard)

d) Le pourcentage de ponte

Les animaux qui, par rapport à leur âge et à leurs origines, produisent au-delà de la moyenne ont tendance à pondre des œufs plus petits. On admet toutefois que le plus grand nombre de kilos d'œuf sera produit par les animaux qui réalisent le plus grand pourcentage de production, ceci avec des œufs légèrement plus petits.

e) Le poids corporel

En comparant des oiseaux de même souche et dans les mêmes conditions de milieu, on constate que le plus grand poids en œufs et le meilleur résultat économique se réalisent pour des poules ayant un poids corporel moyen (tableau 16)

Tableau 16- effet du poids corporel de la poule sur le poids des œufs et le pourcentage de ponte

Poids corporel de la poule à 18 semaines (g)	Poids œufs (g)	% ponte
1 000	59	55
1 100	62	64,6
1 240	62,4	64,6
1 370	63	64
+ 1 500	64	62

- Les facteurs liés à l'animal et au stade de production.

a) L'alimentation et l'eau

L'albumen et le jaune ayant une origine essentiellement alimentaire, il est facile de comprendre l'importance de ce facteur.

Le taux énergétique de la ration influence de manière certaine le poids de œuf.

Certaines expériences ont montré qu'il y a un écart de 1,7 g entre les groupes, les plus et les moins énergétiques.

Le taux protéique de la ration joue également un rôle sur le poids de l'œuf.

On constate une diminution du poids de l'œuf pour des taux protidiques faibles. Cette Diminution porte sur le jaune et l'albumen mais surtout sur ce dernier.

Des expériences ont permis de constater que le pourcentage de jaune chez la Leghorn est toujours inférieur à celui de souches à œuf coloré. La Leghorn exporte donc plus d'eau dans son œuf que les souches à œufs colorés, ces dernières déposant d'avantage de matières sèches.

Les lipides constitutifs du vitellus. Ainsi, l'acide linoléique est essentiel pour que l'œuf atteigne son poids maximum. Il en résulte que les graisses désaturées (maïs et arachide) ont un effet plus favorable.

Le saccharose favorise l'utilisation des lipides, augmentant ainsi le poids de l'œuf.

Il en résulte que le remplacement de l'amidon du régime par le sucre présente un effet favorable sur le poids de l'œuf.

La composition des protéines en acides aminés :

La déficience modérée en lysine retient plus spécialement sur le poids du jaune, celle de la méthionine sur le poids du blanc. En outre, la carence en méthionine rend le blanc plus hydraté.

L'eau est un facteur très important pour le poids de l'œuf. Elle doit être abondante et fraîche. La quantité consommée est fonction pour une même souche, de la température ambiante, du niveau de consommation d'aliment, du taux de ponte.

b) La température ambiante

La température a une grande influence sur le poids de l'œuf : ces deux grandeurs varient de manière inversement proportionnelle.

Une expérience américaine a montré que :

- Lorsque la température s'élève de 7 à 21°C, le poids de l'œuf baisse de 4 g (figure 12).
- Cependant, entre ces deux températures, la production d'œuf augmente et cela jusqu'à une température limite de 25°C.
- Il semble que la meilleure température se situe entre 12 et 20°C.

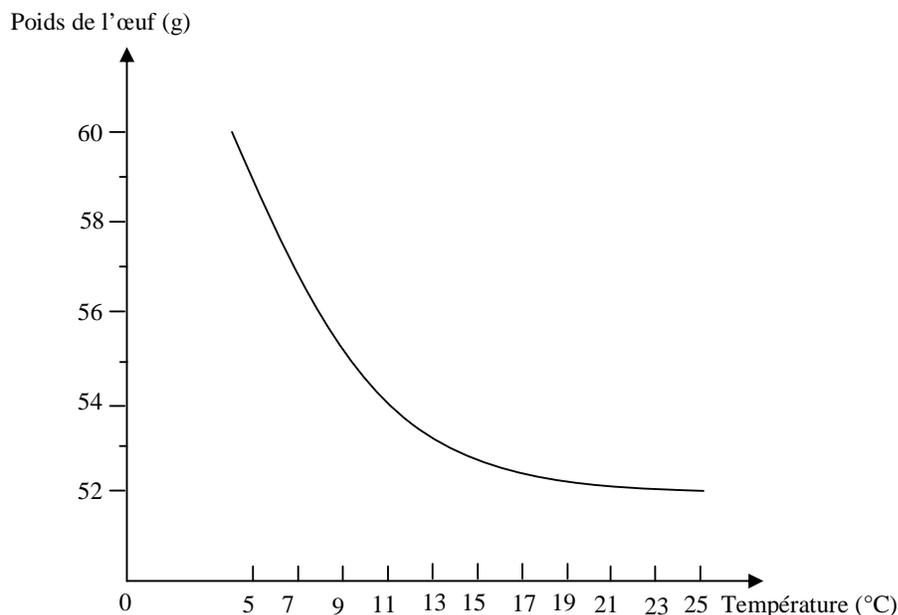


Fig 12 : Effet de la température sur le poids de l'œuf de poule

c) Le type d'équipement

Une épreuve de ponte portant sur la comparaison de 17 souches de poules pondeuses à la station expérimentale de Ploufragan en France a montré l'influence de l'élevage au sol et de l'élevage en cage sur le poids de l'œuf.

Les animaux au sol produisaient des œufs de 61,1 g et les animaux en cage de 63,1 g.

d) Les maladies et les médicaments

La bronchite, la coccidiose, les vers parasitaires ainsi que les parasites externes peuvent être à l'origine d'une baisse du poids des œufs.

De même plusieurs médicaments ont un effet défavorable sur le poids des œufs.

e) Le stockage et la conservation des œufs

Dans des conditions défavorables : température élevée, changement d'air fréquent, ambiance peu humide, œufs non emballés, les œufs peuvent perdre 0,2 g en 4 jours.

2- Les objectifs concernant la production d'œufs et leurs critères d'évaluation

Plusieurs objectifs importants tels que :

- La production d'œufs normaux ;
- A la coquille solide et propre ;
- De couleur correspondant aux goûts du consommateur.

2.1- Les anomalies de la ponte

De nombreuses anomalies peuvent apparaître telles que :

- L'œuf sans coquille : qui apparaît principalement au début de la ponte par défaut du fonctionnement des glandes coquillières de l'utérus ou par suite de refroidissement et parfois à cause d'une mauvaise alimentation minérale
- L'œuf à plusieurs jaunes : dont l'apparition est due à la précocité de ponte
- L'œuf sans jaune : dû à une irritation de l'oviducte dont un morceau se détache et est enrobé de blanc puis d'une coquille comme un vitellus (**ANONYME, 1986**)
- L'œuf avec des taches de sang : Les taches de sang présentes en surface du jaune doivent être attribuées à de petites hémorragies intervenant juste avant l'ovulation. Elles sont liées :
 - A une fragilité capillaire
 - A une augmentation de la pression artérielle
 - Ou encore à un allongement du temps de coagulation
 - Si le caillot est important, il est possible qu'il se détache et migre vers l'albumen.
 - Il peut provenir soit de phénomène héréditaire soit de certaines méthodes d'élevage (Institut de technologie ; aviculture, œuf de consommation)
- L'œuf avec des taches de viande : Les taches de viande sont plus décolorées que les précédentes .Elles correspondent le plus souvent à une desquamations de l'oviducte .Elle sont parfois constituées de fragments folliculaires ou épithéliaux issue de follicule atrésiques (**PROTAIS, 1995**)
- L'œuf à coquille déformée : dû à certaines maladies, telle que la bronchite infectieuse, provoquant des irrégularités de fonctionnement des glandes utérines.

2.2- La fraîcheur de l'œuf

La fraîcheur de l'œuf est une des qualités principales à rechercher.

Pour cela, il doit être mis en place un circuit efficace et rapide pour amener l'œuf de l'unité de production au lieu de consommation dans les délais les plus brefs et avec des strictes garanties de conservation. La mise en place d'une telle organisation concerne en particulier le maillon initial de cette chaîne par de bonnes conditions de stockage à l'unité même.

La mise en place d'un tel circuit ne fait pas partie du sujet que nous traitons. Nous verrons cependant, les caractéristiques de l'œuf frais et les critères d'évaluation de l'âge et de la fraîcheur de l'œuf.

2.2.1- Les caractéristiques de l'œuf frais et les modifications qui s'opèrent au cours du vieillissement

Avec l'âge seul les milieux internes de l'œuf subissent des modifications.

La chambre à air subit des variations de volume qui peuvent être dues à plusieurs facteurs. Au cours du vieillissement, l'œuf perd une partie de sa matière par l'évaporation et dégagement de gaz carbonique, à travers la coquille, compensant ces pertes, l'air pénètre à l'intérieur de la chambre à air qui augmente ainsi de volume.

Cependant, ces phénomènes de pertes de matières peuvent être stoppés par une mise en chambre froide. Pourtant, un tel procédé ne bloque pas certaines modifications biologiques internes.

L'albumen épais, le plus important dans l'œuf frais, ou rassemblé autour du jaune en formant une gelée transparente. L'albumen liquide est peu important et les chalazes sont nettement visibles. Au cours de vieillissement, le blanc épais devient de plus en plus liquide.

Quant au jaune, ferme et globuleux dans l'œuf frais, il perd de sa consistance et s'affaisse.

Le disque germinatif petit rond blanchâtre, est très petit et très net dans l'œuf frais. Mais lorsque l'œuf est fécondé et vieilli, un développement embryonnaire plus ou moins important peut apparaître. Le processus de vieillissement est accéléré par la chaleur. Un œuf conservé à plus de 10°C s'abîme 2 à 3 fois plus vite qu'un œuf conservé entre 5 et 10°C (ANONYME, 1986)

CHAPITRE VI : LES OVOPRODUITS

1- Définition

Les ovoproduits sont, selon la définition donnée dans la directive communautaire (L212/97 du 20 juin 1989), « les produits qui ont été obtenus à partir de l'œuf, de ses différents composants ou de leurs mélanges, après élimination de la coquille ou des membranes, et qui sont destinés à la consommation humaine ; ils peuvent être partiellement complétés par d'autres denrées alimentaires ou additifs ; ils peuvent être soit liquides, soit concentrés, séchés, cristallisés, complétés, surgelés ou coagulés » (JOUVE, 1996).

Les différents types d'ovoproduits sont définis en annexe 1.

2- Avantages des ovoproduits

Les ovoproduits sont largement utilisés en industrie alimentaire pour leurs propriétés fonctionnelles très performantes, d'où les avantages présentés dans le tableau 17.

**Tableau 17- Avantages des principaux types d'ovoproduits
(LINDEN et LORIENT, 1994).**

Types d'ovoproduits	Avantages
Ovoproduits liquides	<ul style="list-style-type: none"> - Propriétés fonctionnelles voisines des œufs en coquilles - Grande souplesse d'emploi - Préparation de produits à la carte avec variation d'extrait sec, sel et sucre (Suivant la concentration en sel ou sucre la DLC à 3°C varie de 5 jours à 1 mois)
Ovoproduits congelés	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la viscosité et retour possible à la valeur normale par addition de sel et / ou sucre. - Qualité bactériologique identique à produit frais si utilisation immédiate après congélation.
Ovoproduits poudres	<ul style="list-style-type: none"> - Economie des frais de transport et de stockage. - La conservation plus d'un an à 20°C. - Qualité bactériologique stable. - Augmentation de la viscosité des œufs réhydratés.

3- Les ovoproduits destinés à l'industrie, l'artisanat et restauration

3.1- Technologie et condition de fabrication

Les ovoproduits sont obtenus à partir d'œufs de poule, de cane, d'oie, de dinde, de pintade ou de caille, utilisés séparément. Les œufs ne doivent pas avoir été couvés. Ils doivent être propres à la consommation humaine.

Les œufs fêlés peuvent être utilisés, avec dérogation, à condition de provenir directement du lieu de production ou d'emballage, et être utilisés aussi rapidement que possible.

L'emballage hygiénique des ovoproduits doit respecter les règles d'étiquetage selon le règlement (C.E.E.) N° 2772/75 du conseil du 29 octobre 1975.

L'équipement des locaux doit respecter la réglementation (d'après l'arrêté du 15 Avril 1992), en particulier la séparation des locaux d'entreposage des œufs, des produits de nettoyage et de désinfection, des autres denrées alimentaires et additifs autorisés.

Doivent être faits dans des locaux séparés : le nettoyage et la désinfection des récipients, le lavage et la désinfection des œufs, le cassage des œufs séparés de leurs emballages puis le traitement.

Le cassage étant un point de contamination ; de ce fait juste avant, les œufs sont nettoyés à l'eau, désinfectés (en générale avec une solution d'eau de Javel) et séchés. Les machines automatiques de cassage et un contrôle qui élimine les œufs anormaux et les débris de coquilles limitent les contaminations.

Le traitement doit être appliqué soit immédiatement après cassage (si non entreposage à $\leq 4^{\circ}\text{C}$ ne dépassant pas 48 heures), soit après congélation.

La même règle existe lors d'utilisation de produits d'œufs provenant d'un établissement avec l'indication : « ovoproduits non pasteurisés, à traiter sur le lieu de destination, date et heure de cassage » (**THAPON et BOURGEOIS, 1994**).

Nous développons ci-dessous les différentes étapes de transformation des œufs.

3.1.1- Le cassage

Cette opération consiste à casser les œufs individuellement, le cassage de masse étant interdit .L'œuf placé automatiquement sur un genre de coquetier, est frappé par deux lames séparant ainsi l'œuf en deux demi-coquilles, le blanc se séparant du jaune au niveau d'une spatule de réception. Certaines casseuses sont désormais équipées d'un scanner pour détecter la présence de jaune dans les blancs.

3.1.2- Opération de séparation et de fractionnement

3.1.2.1- Séparation

La qualité de séparation blanc, jaune, dépend fortement de l'état de fraîcheur, des conditions de stockage des œufs et influe donc sur les propriétés fonctionnelles ultérieures des ovoproduits obtenus. Par exemple, les migrations de jaune dans le blanc altèrent le pouvoir moussant du blanc d'œuf. Suite à cette opération, il est possible d'obtenir des ovoproduits liquides sous forme de jaunes, de blancs ou d'entiers soumis à un tamisage en vue d'éliminer les débris de coquilles et de parfaire l'homogénéité des produits.

3.1.2.2- Techniques de fractionnement

Ces techniques principalement utilisées pour extraire les protéines de l'œuf valorisables sont :

Les techniques chromatographiques par :

- Echange d'ions pour extraire l'avidine, les flavoprotéines, les ovoglobulines, le lysozyme
- Chromatographie d'affinité employée pour extraire les protéines à activité biologique comme l'avidine, la flavoprotéine, la conalbumine
- La gel-filtration est utilisée comme étape préparative à la séparation de l'ovomucine, et comme méthode de dosage du lysozyme.

Les technique de précipitation par :

- Diminution ou augmentation de la force ionique par exemple pour la préparation de l'ovomucine, ou la précipitation du lysozyme par le NaCl
- Le sulfate d'ammonium pour séparer les protéines en mélange : séparation de l'ovalbumine et de l'ovomucoïde.

3.1.3- La pasteurisation

Son but est d'éliminer les microorganismes pathogènes tels que les salmonelles présentes dans les ovoproduits liquides en appliquant les barèmes de 2 minutes 30 secondes à des températures comprises entre 58 à 64,4°C selon qu'il s'agit d'œufs entiers, de jaunes ou de blancs.

Les techniques employées font appel aux échangeurs à plaques, à surface raclée, tubulaires ou à des chambres chaudes pour la pasteurisation des blancs déshydratés (6 jours à 52°C).

Généralement, la pasteurisation haute diminue le pouvoir moussant des blancs et est sans effet sur la capacité émulsifiante des jaunes si ceux-ci sont préalablement salés.

Le contrôle de la pasteurisation est effectuée grâce au test alpha amylase (citer dans Annexe 1).

3.1.4 - Le salage et le sucrage

Ces opérations visent à préparer les ovoproduits aux traitements ultérieurs de façon à préserver leurs propriétés fonctionnelles et améliorer leur conservation.

Le salage est une opération préliminaire à l'extraction du lysozyme du blanc d'œuf, comme moyen d'augmenter la température de coagulation en vue de traitements thermiques plus sévères appliqués aux œufs entiers et aux jaunes. Le sucrage est employé pour les mêmes raisons.

3.1.5- Le désucrage

Il est appliqué aux blancs d'œufs pour éliminer le glucose afin d'éviter les phénomènes liés à la réaction de Maillard lors des traitements thermiques. Il s'opère soit par voie fermentaire en incorporant des bactéries soit par voie enzymatique à l'aide de la glucose oxydase et de catalase.

Généralement, le pouvoir moussant est amélioré sur les blancs d'œufs désucrés.

3.1.6- La concentration

L'ultrafiltration est la technique la plus utilisée pour concentrer les ovoproduits de 11 à 33 % d'extrait sec pour le blanc, de 24 à 48 % pour l'entier et 46 % pour le jaune. Elle est employée soit pour obtenir des produits qui seront commercialisés sous forme concentrée, soit comme étape préalable à la déshydratation. L'intérêt de ce procédé est d'être athermique et donc pratiquement non dénaturant pour les ovoproduits, hormis les blancs dans le pouvoir moussant diminue légèrement. En outre, ces produits d'œuf, liquides à humidité intermédiaire peuvent se conserver de six mois à un an à température ambiante.

3.1.7- La congélation

Elle s'applique aux trois types d'ovoproduits liquides pasteurisés au plus tard 12 h après le cassage en vue de leur conservation par voie mécanique. Elle est effectuée en cellules ou en tunnels à -45°C ou sur cylindres écailleurs permettant l'obtention de produits sous forme de paillettes d'où un dosage facile et une décongélation rapide. Du point de vue des propriétés fonctionnelles, la viscosité des jaunes et des œufs entiers augmente après décongélation rapide, alors qu'elle est pratiquement stable pour les blancs.

Le maintien de ces qualités est directement lié à la vitesse de congélation.

3.1.8- Le séchage

Il permet d'abaisser la teneur en eau des différents ovoproduits par plusieurs procédés :

- l'atomisation : elle est appliquée sur des ovoproduits préalablement concentrés, désués pour les blancs, salés ou sués pour limiter les dénaturations. L'atomisation centrifuge est généralement préférée à l'atomisation sous pression (buse) moins simple d'utilisation.
- La lyophilisation : à partir d'ovoproduit congelé, elle permet d'obtenir des produits d'une excellente qualité mais elle reste très coûteuse pour une utilisation industrielle.

Les pouvoirs émulsifiants et moussants sont affectés, les jaunes après réhydratation ont une viscosité plus élevée et la solubilité des protéines diminue au cours du stockage.

3.1.9- L'ionisation

Actuellement cette technique n'est pas autorisée mais des essais réalisés mettent en évidence son intérêt pour la réduction de la flore pathogène et pour améliorer la conservation des ovoproduits. La dose appliquée à l'aide d'accélérateurs d'électron ou de rayons γ varient de 2 à 4 KGy (kilo grays) « d'après *l'arrêté du 1 Octobre 1990 relative au traitement par rayonnement ionisants du blanc d'œuf liquide déshydraté ou congelé* ». Des défauts de goût et d'odeur apparaissent sur les ovoproduits congelés en absence d'oxygène, le pouvoir moussant des blancs tend à augmenter (LINDEN et LORIENT, 1994).

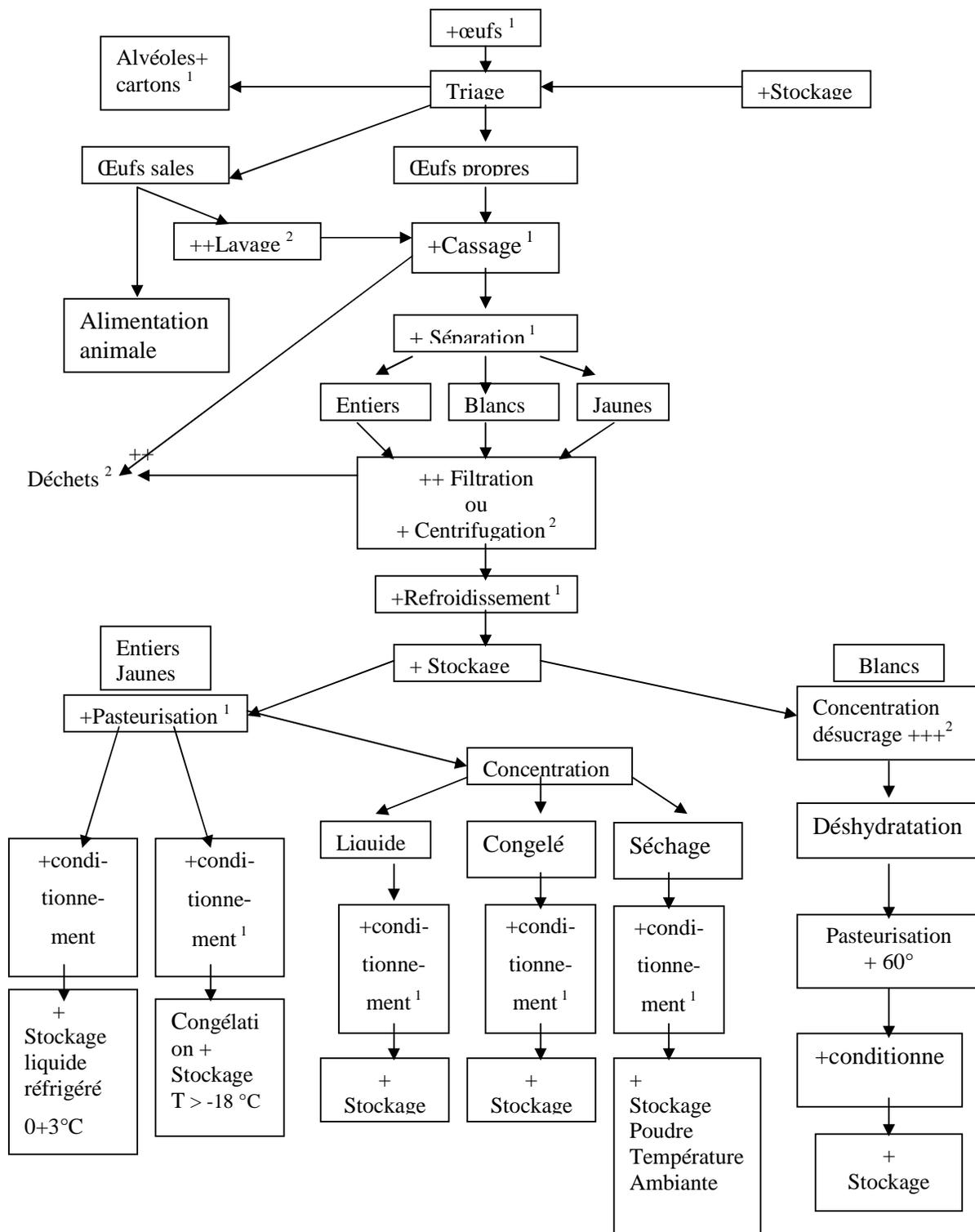


Fig 13 : Diagramme de fabrication ovoproduits. (JOUVE, 1996)

Niveau de risque : ++, + Maîtrise du risque, 1-Excellente, 2-Difficile

4- Microbiologie des ovoproduits

Le contenu de l'œuf est habituellement stérile ; toutefois, lors du cassage, les œufs en mélange vont être contaminés par différents types de micro-organismes provenant de la coquille, du matériel, de l'atmosphère, des eaux de lavage, ou encore du personnel.

Une grande partie des contaminations provenant de la coquille, les possibilités de lavage des œufs ont souvent été évoquées ; de fait le lavage et la désinfection des œufs suivis d'un séchage seraient possibles, mais le coût engendré par ces techniques a jusqu'à présent, freiné les initiatives dans ce domaine.

Font suite au cassage, une filtration et fréquemment une réfrigération dans l'attente d'un traitement thermique. Les techniques de filtration méritent d'être largement améliorées ; par ailleurs, les risques liés à des procédés tels que la centrifugation sans doute pratiquée officieusement dans certains cas dans quelques pays, pourraient être reconsidérés.

Enfin, parmi les points critiques qu'il convient de ne pas oublier, intervient le désucrage des blancs cité précédemment ; cette opération est conduite à des températures voisines de 30 °C pendant plusieurs heures ou 6 heures à 4 °C dans le cas d'utilisation de glucose oxydase.

Les barèmes de pasteurisation appliqués aux ovoproduits sont calculés de façon à détruire la flore d'altération et la flore pathogène (principalement les salmonelles), sans altérer leurs propriétés fonctionnelles. Ce compromis est difficile à tenir car les protéines des ovoproduits, celles du blanc en particulier, sont très sensibles à une dénaturation thermique ; en conséquence, un certain nombre de bactéries peuvent survivre (c'est fréquemment le cas des Salmonella dans les blancs).

La durée de vie des ovoproduits dépend de la contamination initiale des produits, du traitement thermique appliqué et, bien entendu, des conditions de stockage.

Des traitements tels que la concentration, la congélation, le séchage, permettent une prolongation de la durée de conservation.

Enfin, l'ionisation des blancs (*autorisée en France d'après l'article N°1 du J. O. du 17 Novembre 1990*), permet de résoudre un certain nombre de problèmes (JOUVE ; 1995).

4.1- Critères microbiologiques

Les groupes de produits pour lesquels des critères sont proposés correspondent aux catégories de ces produits. Il a paru intéressant de fixer des critères évolutifs (**valeur à la DLC : date limite à la consommation**) (JOUVE, 1996).

4.1.1- Ovoproduits liquides

a. Ovoproduits liquides, traités thermiquement, et destinés à l'industrie agro-alimentaire (entiers ou jaunes, avec ou sans ingrédients ou additifs) (voir en annexe 1).

b. Ovoproduits liquides traités thermiquement en petit conditionnement (1 à 5 litres), ayant une date limite de consommation supérieure à 5 jours (entier ou jaune avec ou sans ingrédients ou additifs, (voir en annexe1) (THAPON et BOURGEOIS, 1994).

4.1.2- Ovoproduits congelés ou en poudre

Les critères à J 0 sont appliqués jusqu'à la date d'utilisation, ces produits ne présentant aucune évolution au cours du stockage.

Bien entendu, tout client peut présenter son cahier des charges personnel imposant éventuellement le respect de critères microbiologiques plus nombreux ou plus sévères.

4.2- Méthodes analytiques

D'après l'arrêté du 4 Novembre 1987 relatif aux méthodes officiels d'analyse des ovoproduits (J. O. république française).

Il est obligatoire de pratiquer au minimum des autocontrôles dans un laboratoire de l'industrie des ovoproduits. Il est évident que l'équipement du laboratoire sera fonction des dimensions de l'entreprise et que certaines techniques très automatisées ne pourront pas être développées dans de petits laboratoires.

Il convient aussi de retenir que la valeur des méthodes de dénombrement microbien (J.O. du 19 janvier 1980) n'est pas absolue, quelque soit la nature des milieux de culture utilisés. Il est généralement admis que la variabilité peut atteindre $\frac{1}{2}$ log avec les milieux solides et 1 log avec les milieux liquides.

Les responsables d'établissements où sont préparés les ovoproduits doivent « *d'après l'arrêté du 15 Avril 1992, article 4* » effectuer un prélèvement par charge entre deux nettoyages de pasteurisation selon les conditions d'échantillonnage suivant :

- Dès que la charge est supérieure à 100 kgs, faire trois échantillons différents d'au moins 25 grammes chacun (qui peuvent être mélangés) ;
- Si l'on a des colis tels que des seaux de plusieurs kilos ou des paquets de 25 kgs on procède de la façon suivante :
Si $n < 100$, prélever des échantillons dans 10 % du nombre des colis ;
Si $n > 100$, analyser \sqrt{n} échantillons.

4.2.1- Les différentes flores recherchées

➤ *Flore aérobique mésophile*

Le dénombrement permet d'obtenir une idée sur les conditions d'hygiène de la préparation. La méthode utilisée sera la méthode ISO 2293 6 1988 . La méthode rapide "Pétrilim Flore totale" ayant reçu de nombreuses attestations de validation pour des produits extrêmement proches, pourrait être employée sans risques majeurs.

➤ *E. Coli*

Cette bactérie, dont certains types sérologiques sont pathogènes peut être considérée comme indicateur de la présence de bactéries pathogènes.

Le dénombrement peut être effectué dans les conditions décrites dans la norme **AFNOR NF V 08017** par comptage des colonies (**JOUBE, 1996**).

➤ *Staphylococcus aureus (coagulase +)*

La présence de ces germes dans les ovoproduits indiquera souvent une insuffisance de la pasteurisation, soit par un débit trop élevé, soit par un chambrage trop court, soit par un encrassement du pasteurisateur.

Le dénombrement peut être effectué par la méthode ISO 6888 1984 (BAIRD PARKER avec jaune d'œuf, téllurite de potassium et sulfaméthazine, 48 heures à 37°C), (**THAPON et BOURGEOIS, 1994**).

➤ *Salmonella*

Cette bactérie pathogène et dont la présence est particulièrement retrouvée dans les ovoproduits peut provenir, soit de la coquille, soit des milieux internes de l'œuf (dans les cas de transmission verticale), ou encore du matériel, du personnel,...

Le critère : non décelable dans 25 g est absolument impératif (**JOUVE, 1996**).

La recherche se fera en fonction de la norme NF V 08-013. (**THAPON et BOURGEOIS, 1994**).

La recherche des Salmonella se fera en fonction de la méthode 7577 : 1990 – on pourra utiliser toute autre méthode dont il aura été montré qu'elle fournit des résultats au moins équivalents (**JOUVE, 1995**).

➤ *Autres tests reflétant des contaminations*

Les dosages d'acide lactique ou d'acide succinique ont été choisis pour témoigner des fermentations microbiennes. Une fois produits, ces acides sont stables dans des ovoproduits naturels : les 1 000 mg d'acide lactique par kg d'extrait sec, autorisés, caractérisent des matières premières de mauvaise qualité, et les 50 mg d'acide succinique par kg d'extrait sec, souhaité par la profession, en remplacement des 25 autorisés actuellement peuvent être encore aisément trouvés dans des ovoproduits correct, mais porteurs d'une espèce microbienne spécifiquement apte à produire ce type de fermentation. Le dosage du lipopolysaccharide des bactéries Gram- avec le limulus test, semble donc pouvoir être un témoin plus judicieux. . (**THAPON et BOURGEOIS, 1994**).

NB : le critère Entérobactéries n'a pas été retenu. En effet, le milieu VRBG apparaît tout à fait inadapte au dénombrement des Entérobactéries dans les ovoproduits.

Une étude concernant les 107 colonies repiquées à partir de boîte de VRBG ensemencées avec des blancs, des jaunes, entiers à montrer que seulement 29,3% d'entre elles été effectivement des Entérobactéries (**JOUVE, 1996**).

5- Utilisation des ovoproduits en tant qu'ingrédients principaux

Les ovoproduits, en raison de leurs propriétés fonctionnelles et nutritionnelles, leurs diverses présentations (liquides, déshydratées, congelées) peuvent constituer pratiquement l'élément majoritaire dans la composition d'un produit et permettent d'envisager l'élaboration de produits comme par exemple :

- Oeufs cuits durs écalés
- Omelettes en kit, en tube, surgelées, déshydratées
- Cubes d'œufs durs pour salade d'œufs et apéritifs

- Boissons : jus d'orange mélangé à des œufs entiers liquides, liqueurs d'œufs, lait de poule
- Yaourts au blanc d'œuf
- Les « mix » prêts à l'emploi : pâte à crêpes en poudre, omelettes déshydratées et aromatisées.

6- Molécules à intérêt technologique et pharmaceutique

Grâce à l'utilisation et au développement des techniques de fractionnement, certaines protéines du blanc et du jaune aux propriétés biologiques intéressantes peuvent être utilisées et purifiées comme par exemple :

- Extraits du blanc

- le lysozyme : il est connu pour ses propriétés antitrypsiques et antibactériennes surtout vis-à-vis des cellules végétatives de *Clostridium butyricum* d'où son utilisation potentielle en industrie laitière et pharmaceutique
- la conalbumine : ses propriétés chélatantes permettent par exemple, d'assurer le transport des substances minérales dans l'organisme
- l'ovomucoïde, l'ovoinhibiteur : ces protéines sont essentiellement utilisées pour leurs propriétés antitrypsique
- l'avidine et la flavoprotéine : celles-ci présentent un intérêt nutritionnel car elles transportent respectivement la biotine et la riboflavine.

- Extraits du jaune

- la lécithine est utilisée dans les produits cosmétiques et alimentaires
- la phosvitine : d'une part cette protéine constitue une source de phosphore supérieure à la caséine (et directement assimilable) et d'autre part, elle possède des propriétés antioxydantes.

- Extraits des coquilles

Celles-ci ne sont pratiquement pas valorisées, d'une part, à cause de leur dispersion géographique d'où la nécessité d'un système de collecte et d'autre part, à cause des tonnages relativement faibles limitant l'intérêt économique de certaines valorisations comme :

- l'incorporation à des métaux
- l'utilisation en tant qu'engrais
- l'utilisation de la kératine présente dans la cuticule en vue de l'extraction de la cystine, déjà réalisée à partir des plumes de volailles (**LINDEN et LORIENT, 1994**).

CHAPITRE VII : ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DES ŒUFS FRAIS

1- Choix de la zone d'étude

Notre choix s'est porté sur la wilaya d'Alger car c'est certainement la région qui connaît une production et surtout une consommation importante d'œufs et donc un risque élevé des toxi-infection alimentaire notamment salmonellose ; en effet, selon les chiffres de la direction de la prévention de la santé publique (DSP), 1663 cas d'intoxications alimentaires ont été enregistrés pour seulement le premier semestre de 2004 et une grande partie d'entre elles étaient liées à la consommation d'œufs avariés.

Notre travail a été effectué au sien du laboratoire de microbiologie de l'école nationale vétérinaire d'El Harrach, Alger.

Notre étude a débuté le mois de juin 2005 et s'est poursuivie jusqu'au mois de mars 2006. Durant cette période une analyse microbiologique des œufs a été faite.

2- Matériel et Méthodes

2.1- Matériel

2.1.1- Matériel biologique

Nous avons réalisé des prélèvements sur 34 œufs en coquille de différentes régions d'Alger.

2.1.2- Matériel de laboratoire

Le matériel utilisé pour l'analyse bactériologique est le suivant :

- Flacons stériles (225 ml, 250ml)
- Fioles jaugées 250ml
- Fioles Erlenmeyer (25ml, 250ml)
- Eprouvette graduée
- Tubes stériles (tubes à essai, tubes à hémolyse).
- Pipettes graduées de 1 et 10 ml.
- Pipettes Pasteur.
- Récipients stériles.
- Boîtes de pétri à usage unique
- Anse de platine.

- Contenair métallique pour le conditionnement des pipettes.
- Bain Marie.
- Incubateur.
- Stérilisateur (en chaleur sèche) ; four Pasteur.
- Balance de précision.

2.1.3- Matériel consommable

La composition et le mode de préparation des milieux de culture utilisés, sont rapportés dans l'annexe.

Les milieux de culture choisis pour nos recherches sont ceux fabriqué par l'institut Pasteur d'Alger.

2.2- Méthodes

Le but principale de notre étude est la recherche et identification des salmonelles par la méthode classique.

En plus de cette étude, nous avons décidé identifier des autres bactéries Gram négatives, Lactose positives responsables de contamination.

En résumé, l'ensemble des réactions utilisées pour l'interprétation des essais biochimiques des salmonella est indiqué dans le **Tableau 18**.

2.2.1- Echantillonnage

L'échantillonnage a été effectué au hasard sur les œufs en coquille.

Les raisons économiques, le manque de matériel nous ont conduit à limiter le nombre de prélèvement à 34.

Nombre et nature des échantillons analysés :

- Les 17 premiers échantillons, seul le jaune a fait l'objet d'analyse.
- De l'échantillon N° 18 jusqu'à l'échantillon N°34, le jaune et le blanc ont été analysé.
- Exception faite pour les échantillons :
 - Echantillon N°30, seul le blanc a été testé.
 - Echantillon N°31, seul le jaune a été testé.

Au totale, sur les 34 échantillons prélevés, 49 prélèvements entre jaune et blanc, ont fait l'objet d'analyse.

2.2.1.1- Origine des échantillons

L'échantillon représentatif c'est l'œuf en coquille. Tous les échantillons ont été prélevés au niveau des commerces de détail de la willaya d'Alger durant la période allant du mois de juin 2005 au mois d'octobre 2005.

Les renseignements concernant les échantillons prélevés sont résumés dans le Tableau 19.

Tableau 18- Les principaux caractères biochimiques de Salmonella

Essais	Réactions + ou -
KIA :	
- Glucose (fermentation d'acide)	-
-Glucose (GAZ)	+
- Lactose	-
- H ₂ S	+
Réaction de Voges-Proskauer:	
- VP	-
- RM	+
Indole – Uréase:	
- Uréase	-
- Indole	-
Enzymes:	
- LDC	+
- TDA	-
Mannitol – mobilité:	
- Mannitol	+
- Mobilité	+

2.2.1.2- Transport des échantillons

Le transport des échantillons vers le laboratoire a été réalisé dans des conditions limitant toute altération et modification du nombre de micro-organismes présents.

Les œufs achetés du commerce sont transportés vers le laboratoire dans des sacs isothermes.

2.2.1.3- Conservation de l'échantillon

L'analyse est effectuée soit immédiatement une fois arrivée au laboratoire, soit après conservation de l'échantillon au frais pendant 1h à 1h 30 mn à une température de + 6°C (température de réfrigération des œufs selon l'arrêté interministériel du 21 novembre 1999 cité en annexe).

Tableau 19- Liste des échantillons prélevés

N° d'échantillon	Date d'échantillon	Lot	Nombres prélevés	Lieux d'échantillon
1	15/06/05	630	5	Dergana
2	28/06/05	330	4	Caroubier
3	02/07/05	150	3	Bordj-el-Kiffan
4	02/07/05	600	5	Dar El- Beida
5	02/07/05	540	5	Alger
6	05/09/05	300	3	El-Harrach
7	06/09/05	360	4	Dergana
8	07/09/05	450	4	Ain-Taya
9	07/09/05	180	3	Rouïba
10	07/09/05	96	2	Rouïba
11	07/09/05	220	3	Bordj-El-Bahri
12	10/09/05	183	3	Cinq-Maisons
13	10/09/05	270	4	Tamentfoust
14	10/09/05	300	4	Reghaia
15	10/09/05	620	5	Bab-Ezouar
16	11/09/05	270	4	Café-Chergui
17	11/09/05	150	3	Café-Chergui
18	12/09/05	120	2	Bouraoui
19	12/09/05	240	3	Reghaia
20	13/09/05	450	5	Ain-Taya
21	13/09/05	330	4	Bordj-El-Bahri
22	17/09/05	120	3	Hussein dey
23	18/09/05	600	5	Café-Chergui
24	19/09/05	390	4	Rouiba
25	20/09/05	480	5	Dergana
26	21/09/05	300	4	Bordj-El-kiffan
27	21/09/05	210	4	Ain-Taya
28	22 /09/05	510	5	Harrach
29	28/09/05	750	5	Dar-El-Beida
30	28/09/05	150	3	Bab-Ezzouar
31	28/09/05	270	4	Reghaia
32	25/10/05	690	5	Rouiba
33	25/10/05	300	4	Dergana
34	25/10/05	750	5	Bordj-El-Bahri

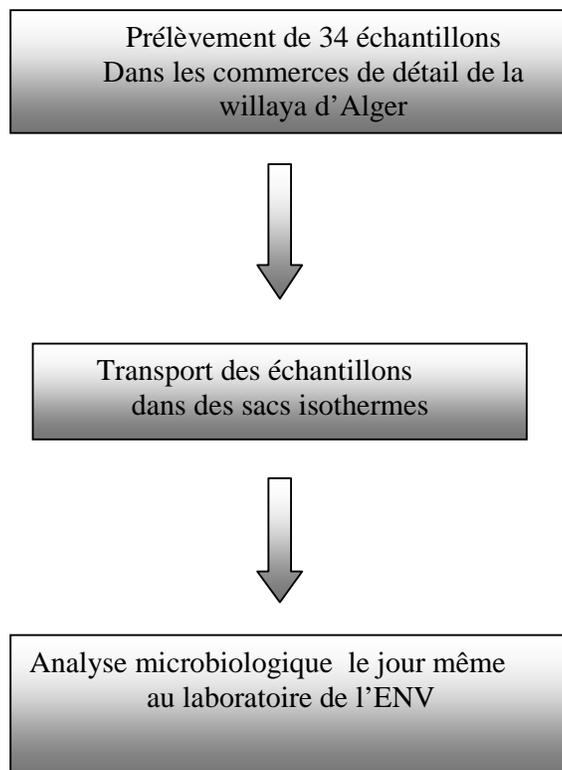


Fig 14 : Diagramme représentant les différentes étapes de l'échantillonnage

2.2.2- Recherche des salmonelles (Méthode classique),

Cette technique est référencée par :

- l'AFNOR sous l'indice de classement NF V08-052 (octobre, 1993)
- Norme EN 12824 relative à la recherche de Salmonella.
- Norme NF ISO 17025 relative aux prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnage et d'essais.

La recherche des salmonelles a été effectuée sur le jaune et le blanc d'œuf.

2.2.2.1- Mode opératoire

➤ Principe

Il s'agit d'une méthode de recherche des microorganismes formant des colonies caractéristiques sur un milieu gélosé, après deux étapes, d'enrichissement et de pré enrichissement incubé 24h à 37°C. Les colonies caractéristiques sont soumises ensuite à une série de tests pour une confirmation biochimique.

➤ Les étapes de l'analyse

A. Préparation de l'échantillon à l'analyse microbiologique

- Nettoyage de l'œuf avec de l'eau distillée puis rinçage avec de l'alcool pour éviter la contamination par la coquille lors du cassage manuel de l'œuf
- Séparation de jaune du blanc dans des récipients stériles
- Prélever 25g ou 25ml du produit à analyser (jaune/blanc) dans un sachet stérile de type Stomacher
- L'homogénéisation se fait par mélange dans un mélangeur de type Stomacher.



15- Séparation du jaune et du blanc



16- Mettre dans un sac de
type Stomacher



17- La pesé

Fig 15, 16, 17 : Différentes étapes de la préparation de l'échantillon
(Photos personnelles)

- Pour la préparation de la solution mère : les 25 ml du produit à analyser sont rajoutés à 225 ml de TSE.



18



19



20



21

Fig 18, 19, 20, 21 : Différentes étapes de la préparation de la suspension mère au 1/10ème
(Photos personnelles)

B. Analyse bactériologique

B₁ - Pré enrichissement

La phase de pré enrichissement est très importante dans la recherche des salmonelles, elle permet la revivification des bactéries altérées.

L'étape de pré enrichissement s'effectue en mettant en incubation la solution mère à 37°C±1°C pendant 24h±2h.



Fig 22 : Incubation de la solution mère (Photo personnelle)

B₂ – Enrichissement :

L'enrichissement s'effectue d'abord par une préparation composée de 1 ml de la solution mère rajouté à 9ml de bouillon sélénite cystine. Après homogénéisation, ce bouillon est mis en incubation à 37°C+/-1°C pendant 24h+/-2h.

B₃ –Isolement :

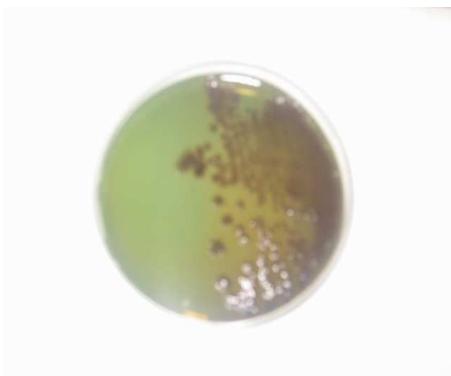
A l'aide d'une anse de platine à partir du milieu d'enrichissement, l'ensemencement est réalisé sur la surface des boîtes contenant des milieux d'isolement sélectifs : HECKTOEN et VRBL, de façon à permettre le développement de colonies bien distinctes.

L'ensemencement est réalisé en étalant l'inoculum prélevé en trois sens :

- En zigzag serré de périphérie sur 1/3 de la boîte de Pétri
- Stériliser l'anse de platine sur une flamme puis ensemenecer en zigzag éloignés perpendiculairement aux premiers ensemencements en prenant un inoculum du premier étalement (sur le deuxième 1/3 de la boîte de Pétri)
- Dans la partie restante de la boîte, étaler sous forme d'un zigzag plus lâche que le deuxième zigzag sans stériliser l'anse de platine.

L'incubation est effectuée à 37°C+/-1°C pendant 24h+/-2h.

Après l'incubation, examiner les boîtes afin de rechercher la présence de colonies typiques de salmonella : colonies verdâtres avec ou sans centre noire.



**Fig 23 : Colonies typiques de salmonella sur milieu HECKTOEN
(Photo personnelle)**

Remarque : Si le développement est faible ou s'il n'y pas de poussée bactérienne, incuber à nouveau les boîtes à 37°C+/-1°C pendant 24h+/-2h puis réexaminer.

B₄- Lecture des boîtes de Pétri : (voir Tableau 20).

B₅- Identification microscopique :

- coloration de Gram : elle permet de déterminer :
 - La morphologie des différentes souches isolées.
 - Le type de la paroi de Gram positif ou négatif (**G⁺** ou **G⁻**).



Fig 24 : Coloration de Gram de culture bactérienne ; observation au Microscope à immersion x 100 (ANONYME, 2006)

Toutes les bactéries bâtonnées Gram négative feront l'objet d'une étude des caractères biochimiques.

B₆- Conservation et purification de la souche :

Elle se fait par ensemencement d'un tube de gélose nutritive inclinée et incubé à 37°C+/-1°C pendant 24h+/-2h, puis conserver à température de réfrigération.

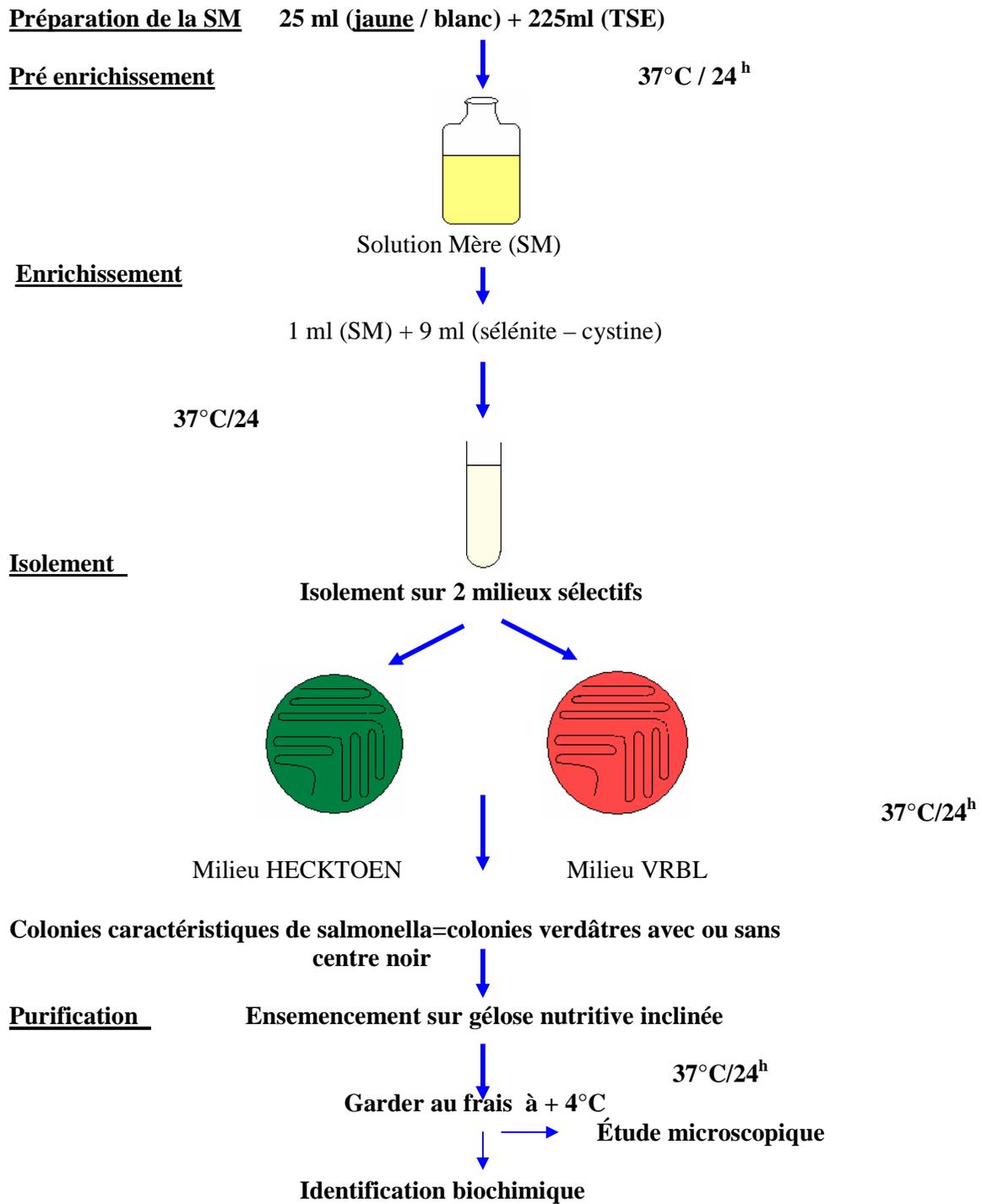


Fig 25 : Diagramme de la méthode de recherche des salmonelles

B7- Identification par les tests biochimiques :

Les caractères suivants ont été recherchés pour la détection des salmonelles:

➤ **Recherche de l'utilisation des sucres sur milieu Kligler Hajna (Lactose, Glucose, production de gaz et de H₂S)**

A l'aide d'une anse de platine stérilisée, on prélève un inoculum à partir du milieu de culture (gélose nutritive inclinée), qu'on ensemence sur le milieu Kligler Hajna (KIA) par strie sur la pente et piqûre profonde du culot.

Incuber 24h+/-2h à 37°C +/- 1°C.

Les caractères lus sont :

- Fermentation du glucose (jaunissement du culot).
- Fermentation du lactose (jaunissement de la pente).
- Production de H₂S (dépôt noir).
- Production de gaz (poches de gaz dans le milieu).

Si les tubes donnent des résultats négatifs pour ces 4 caractères, la confirmation biochimique n'a pas besoin d'être poursuivie pour les salmonelles.

➤ **Recherche de la voie métabolique particulière dans la fermentation des Hexoses (réaction de Voges- Proskauer ou production d'Acétyl- Méthyl- Carbinol)**

Pour métaboliser certains sucres, les bactéries dites VP+ produisent de l'acetoïne (acétyl-méthyl- carbinol).

Le test est révélé par la réaction colorée de VP.

L'inoculum est ensemencé à l'aide d'une anse de platine stérilisée dans un tube contenant le milieu de CLARK et LUBS.

L'incubation se fait pendant 24 h +/-2 h à 37°C +/- 1°C.

Après incubation, le contenu du tube est divisé en deux quantités égales dans les tubes 1 et 2.

Dans le tube 1 : 4 gouttes de VPI et 4 gouttes de VPII sont rajoutés.

Dans le tube 2 : 4 gouttes du réactif RM sont rajoutés

Une réaction positive (présence d'acétoïne) se traduit par l'apparition d'une teinte rose ou rouge.

La réaction est négative en l'absence de cette coloration.

➤ **Recherche de la production d'Indole et Uréase**

La recherche a été réalisée sur le milieu Urée – Indole. Ce dernier est ensemencé par simple agitation. L'incubation se fait à $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 24 h \pm 2 h

La réaction positive de l'hydrolyse de l'urée se traduit par un virage au rose violacé alors que le milieu reste orangé pour une réaction négative.

Pour apprécier la production d'indole, 1 à 2 gouttes de réactif de KOVACS sont ajoutées dans le tube ensemencé.

Une réaction positive se traduit par l'apparition d'un anneau rouge.

➤ **Recherche d'enzymes**

Après action des bactéries sur un substrat, les enzymes sont généralement décelées par une réaction colorée.

- Décarboxylase de la lysine LDC
- Désaminases de phénylalanine ou tryptophane TDA

● Recherche de la LDC

Après avoir prélevé un inoculum d'une même souche, 2 tubes sont ensemencés : un tube témoin et un tube contenant un milieu avec de la lysine, sans trop agiter les tubes pour éviter d'apporter trop d'oxygène, puis quelques gouttes d'huile de vaseline stérile sont rajoutés dans chaque tube.

L'incubation se fait pendant 96 h \pm 2 h à $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

La coloration violette (milieu basique) est due à la dégradation de la lysine avec production de cadavérine traduit une réaction positive.

La coloration jaune du milieu est due à l'utilisation du glucose présent dans le tube est une réaction négative.

- Recherche de TDA

Un tube contenant de l'eau peptonée exempte d'indole est ensemencé.

L'incubation se fait à 37°C±1°C pendant 24 h ±2 h.

Après l'incubation, le réactif TDA est rajouté.

Une coloration brunâtre traduit une réaction positive (présence d'indole) expliquant que la bactérie a décelé le tryptophane désaminase, cette dernière transforme le tryptophane en indole.

➤ Mannitol mobilité

Le milieu mannitol mobilité est ensemencé par une simple piqûre centrale.

L'incubation se fait à 37°C±1°C pendant 24 h ±2 h.

2.2.3- Recherche et identification des autres bactéries de contaminations (Gram-, Lactose+)

Au cour de cette partie, nous nous sommes intéressés uniquement à la recherche d'E-Coli.

Cette méthode est la même que celle utilisée pour la recherche des salmonelles.

Les colonies suspectes, ont été prélevé à partir des milieux ; VRBL et HECKTOEN ayant servi pour l'isolement des salmonelles.

Toutes les bactéries Lactose+ ont fait l'objet d'une identification par les tests biochimiques déjà cités, nous avons rajouté le test de citrate de simmons.

- Citrate de simmons

Un tube contenant le citrate de simmons (vert) est ensemencé en pente.

L'incubation se fait à 37°C±1°C pendant 96 h ±2 h.

Le virage du milieu vers une coloration bleuâtre donc la bactérie utilise le citrate comme source de carbone (citrate⁺)

NB : Escherichia Coli est une bactérie citrate⁻ (le milieu reste verdâtre)

3- Résultats

Les résultats obtenus sont rapportés dans la partie ci-dessous.

3.1- Etude macroscopique et microscopique :

- Etude macroscopique

Lecture des boîtes de Pétri : les résultats sont résumés dans le tableau 20.

Tableau 20- Résultats et la lecture des boîtes de Pétri

N° d'échantillon	Nature du prélèvement	Lecture des boîtes de Pétri	
		HECKTOEN	VRBL
1	J	-	-
2	J	-	+
3	J	+	+
4	J	+	+
5	J	+	+
6	J	-	-
7	J	-	-
8	J	-	-
9	J	-	-
10	J	+	+
11	J	-	-
12	J	-	-
13	J	-	-
14	J	-	+
15	J	-	-
16	J	-	+
17	J	+	+
18	J B	+	+
19	J B	+	+
20	J B	-	-
21	J B	+	+
22	J B	-	-
23	J B	+	+
24	J B	+	+
25	J B	+	+
26	J B	+	+
27	J B	+	+
28	J B	-	-
29	J B	-	-

30	B	+	+
31	J	+	+
32	J B	- -	- -
33	J B	- -	- -
34	J B	- -	- -

J : Jaune d'œuf, B: Blanc d'œuf, +: Pousseé bactérienne (Lactose+ et Lactose-), - : Pas de pousseé bactérienne.

- **Etude microscopique**

L'examen microscopique après coloration de Gram, nous a permis de constater que les bactéries isolées étaient Gram –, sous formes de petits bâtonnets.

La confirmation de ces résultats préliminaires est apportée par l'étude détaillée des caractéristiques biochimiques.

3.2- Etude biochimique

Résultats apportés sur KIA

Notre étude biochimique a débutée par la recherche d'utilisation des sucres (Lactose, Glucose) afin de sélectionner les bactéries Lactose⁻ et les bactéries Lactose⁺.

Le tableau 21 apporte les résultats sur KIA.

Tableau 21- Résultats de l'utilisation des sucres

N°				KIA			
Tests				Lac	Glu	H ₂ S	Gaz
N° d'échantillon	Nature de prélèvement	Nombre de souche	N° de souche				
2	J	1	E ₁	-	-	-	-
3	J	2	E ₂	-	-	-	-
			E ₃	-	-	-	-
4	J	2	E ₄	-	-	-	-
			E ₅	-	-	-	-
5	J	2	E ₆	-	-	-	-
			E ₇	-	-	-	-
10	J	2	E ₈	+	+	-	+
			E ₉	+	+	-	+
14	J	1	E ₁₀	+	+	-	-
16	J	1	E ₁₁	+	+	-	-
17	J	2	E ₁₂	+	+	-	+
			E ₁₃	+	+	-	-
18	J	2	E ₁₄	-	-	-	-
			E ₁₅	-	-	-	-
	B	2	E ₁₆	-	-	-	-
			E ₁₇	+	+	-	+
19	J	2	E ₁₈	+	+	-	-
			E ₁₉	+	+	-	-
21	J	2	E ₂₀	+	+	-	-
			E ₂₁	+	+	-	-
23	J	2	E ₂₂	+	+	-	-
			E ₂₃	+	+	-	+
24	J	2	E ₂₄	+	+	-	+
			E ₂₅	+	+	-	+
25	J	2	E ₂₆	-	-	-	-
			E ₂₇	-	-	-	-
26	J	2	E ₂₈	+	+	-	+
			E ₂₉	+	+	-	+
	B	2	E ₃₀	-	-	-	-
			E ₃₁	-	-	-	-
27	J	2	E ₃₂	-	-	-	-
			E ₃₃	-	-	-	-
	B	2	E ₃₄	-	-	-	-
			E ₃₅	-	-	-	-
30	B	2	E ₃₆	-	-	-	-
			E ₃₇	-	-	-	-
31	J	2	E ₃₈	+	+	-	-
			E ₃₉	+	+	-	-

J: jaune d'œuf, B: blanc d'œuf, E: souche bactérienne, Lac :Lactose, Glu : Glucose

- D'après le Tableau 21:

Toutes les souches qui sont Lactose- \longrightarrow suspicion des Salmonelles

Les souches qui sont Lactose⁺ \longrightarrow suspicion d'Escherichia Coli

- A la suite de ces résultats, malgré que les souches étaient glucose⁻, les autres tests biochimiques ont été poursuivi apportés dans le tableau 22.

Tableau 22- Résultats des différents tests biochimiques utilisés pour la recherche des salmonelles.

N°souche Tests	Uréase	Indole	TDA	LDC	VP	RM	Mannitol	Interpre- -tation
E ₁	-	-	-	+	-	+	-	absence
E ₂	-	-	-	+	-	+	-	absence
E ₃	-	-	-	+	+	-	-	absence
E ₄	-	-	-	+	-	+	-	absence
E ₅	-	-	-	+	+	-	-	absence
E ₆	-	-	-	-	-	+	-	absence
E ₇	-	-	-	+	-	+	-	absence
E ₁₄	-	-	-	+	-	+	-	absence
E ₁₆	-	-	-	+	-	+	-	absence
E ₁₅	-	-	-	-	-	+	-	absence
E ₂₁	-	-	-	+	-	+	+	absence
E ₂₆	+	-	-	-	-	+	-	absence
E ₂₇	+	-	-	-	-	+	+	absence
E ₃₀	-	-	+	-	-	+	-	absence
E ₃₁	-	-	+	-	-	+	-	absence
E ₃₂	-	-	+	-	-	+	-	absence
E ₃₄	-	-	+	-	-	+	-	absence
E ₃₃	-	-	+	-	-	+	-	absence
E ₃₅	-	-	-	+	-	+	-	absence
E ₃₆	-	-	-	+	-	+	-	absence
E ₃₇	-	-	-	+	-	+	-	absence
Totale : 21								



Fig 26 : Résultats sur indole (Photo personnelle)

- Le Tableau 23 résume les résultats des différents tests biochimiques utilisés pour la recherche de l'Escherichia- Coli.

- **Tableau 23- Résultats des différents tests biochimiques utilisés pour la recherche de l'Escherichia- Coli.**

N°souche Tests	Uréase	Indole	TDA	LDC	VP	RM	Mannitol	Citrate de simmons	Interpr -etation
E ₈	-	-	+	+	-	+	+ mob-	-	
E ₉	-	-	+	-	-	+	+ mob-	-	
E ₁₀	-	-	+	-	-	+	+mob-	-	
E ₁₁	-	-	-	+	-	-	-	-	
E ₁₂	+	-	-	+	-	-	-	-	
E ₁₃	-	-	-	-	-	-	+mob-	+-	
E ₁₇	-	-	+	-	-	-	+mob+	+-	
E ₁₈	+	-	+	-	-	-	-	-	
E ₁₉	-	-	-	-	-	-	+mob+	+-	
E ₂₀	+	-	-	-	-	-	+mob+	+	
E ₂₂	+	-	++	-	-	-	+mob-	+-	
E ₂₃	-	-	-	-	-	-	+mob-	-	
E ₂₄	-	+	-	-	-	+	+mob-	-	E-Coli
E ₂₅	-	+	++	-	-	-	+mob+	+	
E ₂₈	-	+	+	-	-	-	+mob-	-	
E ₂₉	-	+	+	-	-	+	+mob+	-	E-Coli
E ₃₈	-	-	+	-	-	+	+mob-	+	
E ₃₉	-	-	-	-	-	+	+mob-	+	
Totale : 18									

mob : mobilité

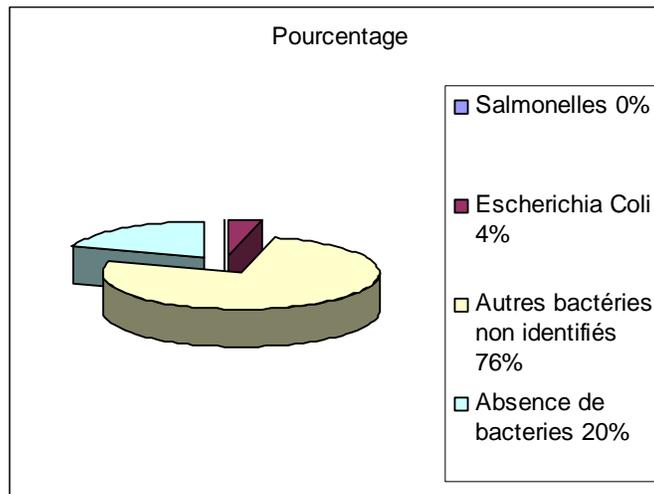


Fig 27 : Diagramme représentatif du résultat global de l'identification biochimique

4 - Interprétation et discussion

Les prélèvements utilisés au cours de notre étude pour l'isolement des salmonelles étaient tous constitués d'œuf en coquille.

Le jaune et le blanc ont été testés tous les deux séparément.

Les 49 prélèvements étudiés ont donné 21 souches suspectes de contamination par les salmonelles (Tableau 22),

Après confirmation de ces résultats préliminaires par l'étude détaillée des caractères biochimiques des salmonelles, tous les prélèvements effectués au cours de notre étude se sont avérés négatifs, correspondant à un taux de contamination de 0%.

Notre travail ne s'est pas limité seulement à la recherche des salmonelles, les bactéries lactose + ont fait l'objet d'une suspicion d'Escherichia – Coli.

18 souches ont été suspectées (Tableau 23).

Deux résultats positifs d'E-coli ont été enregistré, ce qui représente un pourcentage de 4%. Les deux souches positives à E-coli sont la souche E₂₄ isolée sur milieu Hecktoen à partir du jaune d'œuf, et la deuxième souche E₂₉ qui à été isolée dans le milieu VRBL à partir du jaune d'œuf .

Donc La figure 27 illustre les résultats que nous avons obtenus ;

Nous avons enregistré un pourcentage de 20% d'échantillons non contaminés et un pourcentage de 80% d'échantillon contaminés.

Sur ces 80% d'échantillons :

- aucune contamination par salmonelles n'a été détectée ;
- Par contre nous avons isolé deux souches d'Escherichia Coli correspondant à un taux de 4%.
- 76% échantillons n'ont pas fait l'objet d'identification.

Au cours de cette étude, aucune salmonelle donc n'a été isolée dans tous les échantillons que nous avons effectués.

Plusieurs hypothèses pourraient expliquer cela :

- En premier lieu, l'absence réelle de ces micro-organismes dans nos échantillons.
- En second lieu, la faiblesse de notre échantillonnage pourrait expliquer cela, mais il faut noter que:
- D'une part, tous les œufs testés ont été achetés par nos soins.
- D'autre part, l'insuffisance de moyens et de matériel consommable (milieux de culture et petit matériel) au niveau du laboratoire de microbiologie ne nous a pas permis d'agrandir notre échantillonnage.
- Il faut noter aussi l'absence d'une règle spécifique de plan d'échantillonnage des œufs en Algérie.
- Le diagnostic bactériologique des salmonelles étant toujours très difficile car les bactéries sont toujours en présence d'autres flores abondantes et concurrentielles (JOUBBERT en 1966 cité par HADDOUCHE).
- L'insuffisance de certains tests biochimiques importants pour identifier les salmonelles tels que le test à l'ONPG.
- Et l'indisponibilité de moyens plus précis d'identification tels que les galeries API (système API 20E de bio Mérieux, Auto- Microbic System de bio Mérieux).

Parmi les références bibliographiques se rapportant à notre sujet, nous avons retrouvé une seule étude réalisée à l'échelle nationale :

Cette étude réalisée par l'institut Pasteur d'Alger en 2004 a porté sur 329 prélèvements d'œufs, elle montre que :

-13 prélèvements sur les 329 prélèvements étaient contaminés par différentes flores, ce qui correspond à un taux de contamination de l'ordre de 4%.

- Parmi les 13 prélèvements positifs, 2 étaient positifs à salmonelles et 2 positifs à E-Coli correspondant à un taux de contamination identique de 0,6%.**(TARIL, 2004).**

Les résultats obtenus au cours de notre étude concordent avec les résultats obtenus par l'équipe de l'IPA en 2004 pour les salmonelles.

Par contre, concernant le taux de contamination par l'E-Coli, nos résultats estimés à 4% du taux de contamination s'avèrent nettement supérieur au taux avancé par l'étude réalisée par l'IPA.

Nous pensons que l'absence de salmonelles, ou l'absence de confirmation des souches suspectes de salmonelles dans nos prélèvements relèverait de la qualité des moyens mis à notre disposition au niveau du laboratoire de microbiologie de l'ENV.

CHAPITRE VIII : RAPPORT DE STAGE : TRANSFORMATION ET PASTEURISATION DES OEUFS

1- Présentation de l'unité industrielle

Le complexe industriel de transformation et de pasteurisation des œufs situé dans la commune de Bordj El Kiffan (Alger), qui a démarré en Septembre 2004, est la première usine de ce genre dans le monde arabe et en Afrique. Il est constitué d'un bâtiment administratif : 3 niveaux de 100 m² d'une unité de transformation de 800 m² et d'un terrain de stationnement. Sa superficie globale est d'environ 4000 m² et sa capacité de production est de 3000 tonnes par an.



Fig 28 : Vue du Complexe (Photo personnelle)

Alors que ce procédé technologique est intégré et maîtrisé dans les pays industrialisés depuis déjà des années (45 grands complexes aux Etats- Unis, 60 en France et 30 en Italie), les pays en voie de développement n'en possèdent pas la technologie.

Notre stage s'est déroulé du 13 /09/2005 au 28/09/2005 et 03/06/2006 au 05/06 / 2006 nous avons suivi toutes les étapes en commençant par la réception des oeufs jusqu'au stockage des ovoproduits.

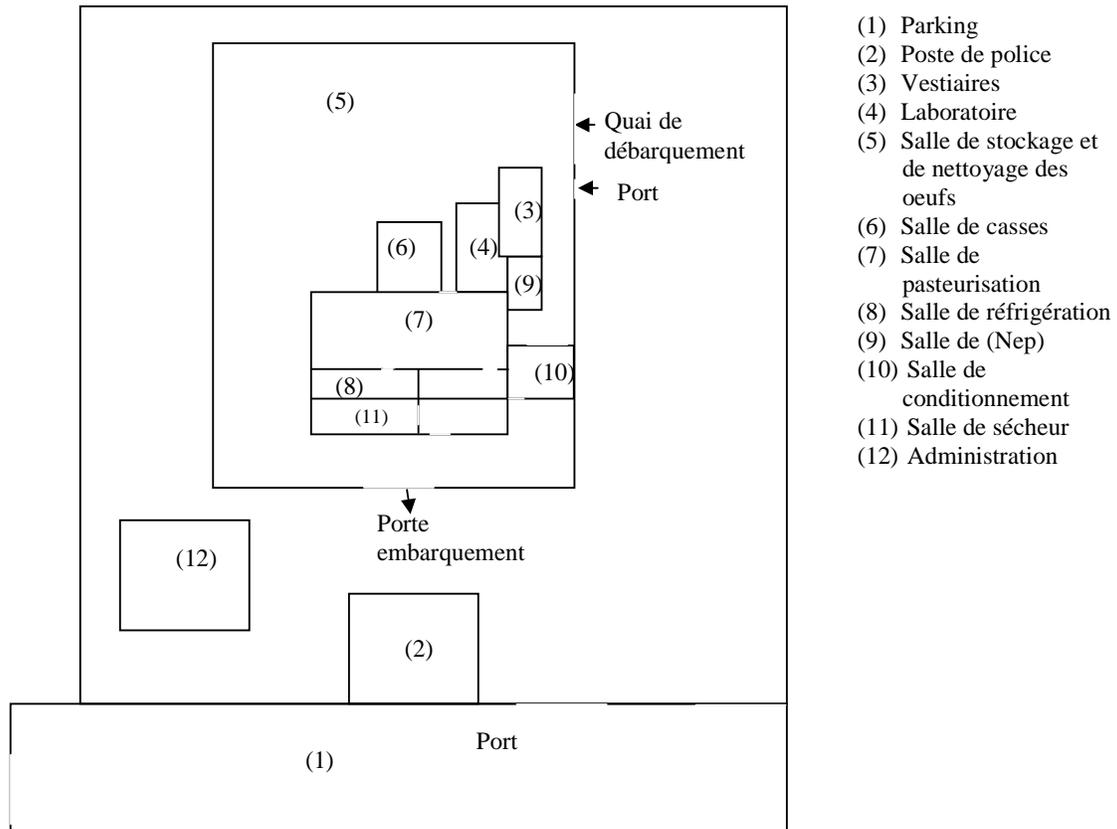


Fig 29 : Plan du complexe

Nous présenterons successivement les différentes étapes de transformation et de pasteurisation des œufs en coquilles selon le principe de la marche en avant.

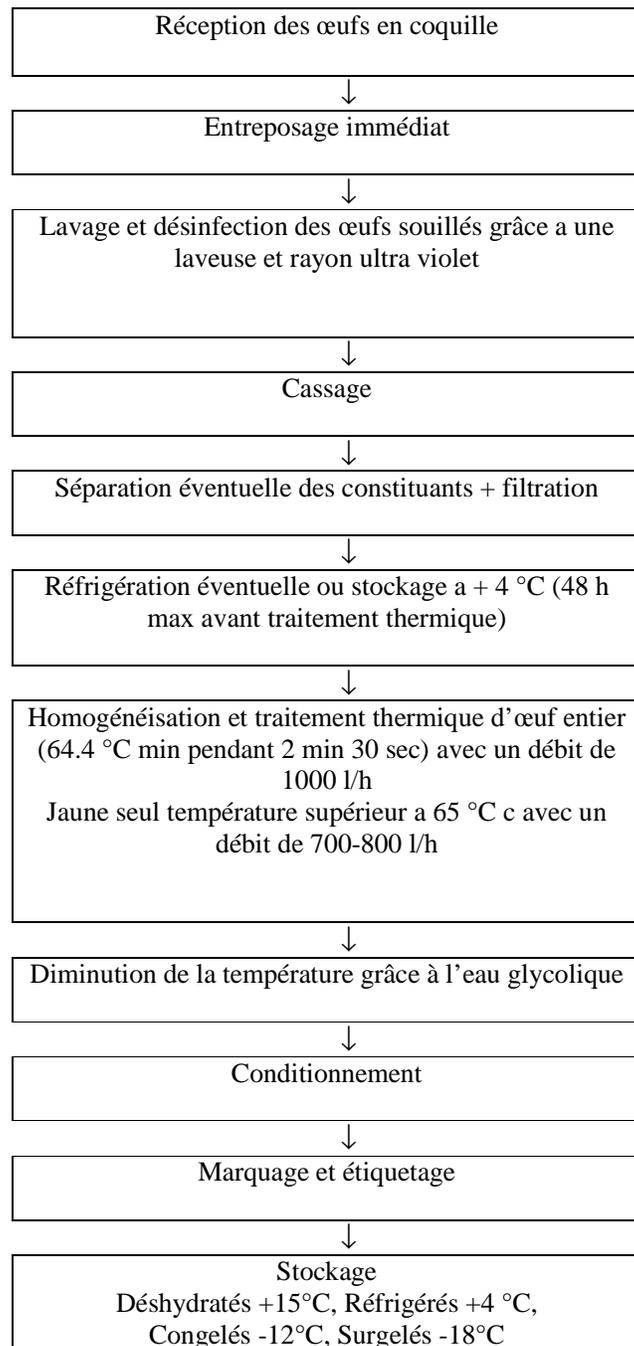


Fig 30 : Diagramme représentatif de la chaîne de transformation

2- Les différentes étapes de la Chaîne de transformation de « l'œuf à l'entier »

2.1- Salle de stockage de la matière première

Après le contrôle visuel et la pesé de la matière première (les œufs en coquille) et le remplissage des formulaires (voir annexe 2) les œufs sont stockés dans une grande salle maintenue à une température de 10 à 15°C grâce à des ventilateurs à l'abri des intempéries, de la lumière, de la chaleur et du froid excessifs.



Fig 31 : Salle de stockage des œufs (Photo personnelle)

Avant et après chaque *casse* (ou production), un nettoyage des salles et des parties externes des machines est effectué grâce à un canon à mousse à base de produit désinfectant (bactéricide) et aussi démarrer la procédure **Nep** (*nettoyages en place*) des machines, grâce à un écran de commande qui se trouve dans la salle du pasteurisateur.

Les oeufs sont posés dans une machine destinée à nettoyer leurs coquilles avant de passer dans la casseuse à l'aide de 30 ventouses. Les œufs sont ensuite posés sur une bande roulante pour être rincé avec de la soude (NaOH), à une concentration minimale et réglée grâce à une pompe doseuse, et dont la température ne doit pas être trop élevée afin de ne pas cuire les œufs. Enfin le processus se termine par un passage aux rayons ultra violet (UV), pour minimiser la contamination superficielle.

Cette opération joue un rôle important dans l'obtention d'ovoproduit de bonne qualité bactériologique puisque elle permet la disparition des souillures de la coquille (fiente, paille, écoulement d'œufs cassée....) pouvant contaminer les ovoproduits lors du cassage.



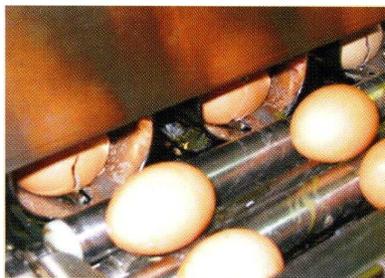
Fig 32 : Nettoyages des œufs (Photo personnelle)

2.2- Salle de casse (la casseuse)

La salle de casse est séparée de la salle de stockage et sa température est maintenue à 2°C. Pour y accéder, il faut se nettoyer les mains avec un produit désinfectant spécial et porter une tenue spéciale, des gants, une charlotte sur la tête et des chaussettes en plastique.

Le rôle de la casseuse est de casser la coquille d'œuf, de récupérer le jaune et le blanc d'œuf alors que la coquille vide est jetée dans un broyeur. Ensuite, la pompe spéciale entier va aspirer le mélange (jaune+ blanc) et aussi filtrer le contenu pour éviter la présence des corps étrangers. Ensuite, le mélange est refroidi, par un contact de surface, à l'aide de l'eau glycolique qui circule dans l'échangeur de chaleur avant de passer dans les tanks.

Les tanks son maintenus a une température de +2 °C leur rôle et le stockage en attendant la pasteurisation.

**Fig 33** : Casseuse de la coquille d'œuf**Fig 34** : Séparation de jaune du blanc**Fig 35** : Stockage du produit dans des tanks

Remarque : Il existe trois types de pompes destinées respectivement à aspirer soit la partie «jaune d'œuf », soit la partie « blanc d'œuf » soit le mélange des deux « entier ».

2.3- Standardisation des ovoproduits

Cette directive indique la marche à suivre et la quantité d'ovoproduit à ajouter lors de la standardisation de la matière sèche. L'intérêt de la standardisation est d'avoir un taux de matière sèche qui dépend de chaque client vu que le taux de matière sèche change d'un œuf à un autre.

Deux cas peuvent se présenter :

1 /la matière sèche est trop élevée

Nous pouvons standardiser notre matière sèche en ajoutant une quantité de blanc d'œuf ou de l'œuf entier parce que leur portion en eau est élevée.

Exemple 1

Si nous avons 500 Kg d'entier avec une matière sèche de 22% et que notre client demande une matière sèche de 21%, nous allons standardiser par exemple avec du blanc de matière sèche de 12%

$$\frac{22\% - 21\%}{21\% - 12\%} \times 500 \text{ Kg} = \frac{1\%}{9\%} \times 500 \text{ Kg} = 0.11 \times 500 \text{ Kg} = 55,55 \text{ Kg}$$

Il faut donc ajouter 55,55 Kg de blanc pour obtenir une matière sèche de 21% dans l'entier.

Exemple 2

Si nous avons 1500 Kg de jaune avec une matière sèche de 42% et que notre client demande une matière sèche de 40%, nous allons standardiser par exemple avec de l'entier de matière sèche de 24.5%

$$\frac{42\%-40\%}{40\%-24.5\%} \times 1500 \text{ Kg} = \frac{2\%}{19.5\%} \times 1500 \text{ Kg} = 153,85 \text{ Kg}$$

Il faut ajouter 153,85 Kg d'entier pour obtenir une matière sèche de 40% dans le jaune.

2/ la matière sèche est trop basse

Dans ce cas on standardise en ajoutant une quantité de jaune parce que leur portion en eau est faible.

Exemple 3

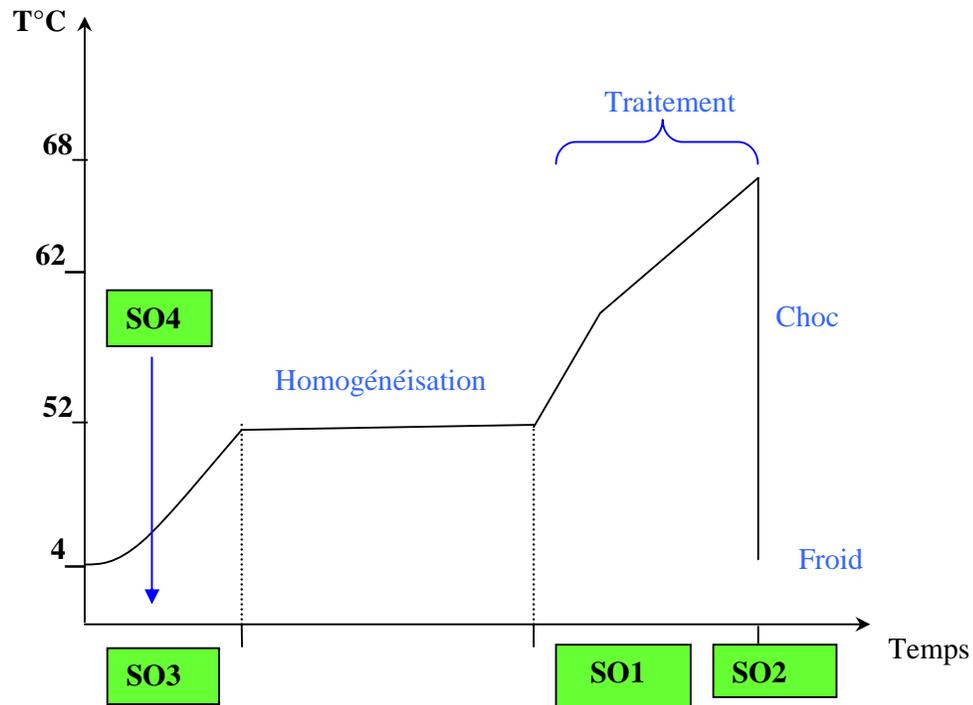
Si nous avons 1500 Kg de l'entier avec une matière sèche de 22% et que notre client demande une matière sèche de 24%, nous allons standardiser par exemple avec du jaune d'œuf avec une matière sèche de 40%

$$\frac{24\%-22\%}{40\%-24\%} \times 1500 \text{ Kg} = \frac{2\%}{16\%} \times 1500 \text{ Kg} = 0.125 \times 1500 \text{ Kg} = 187.5 \text{ Kg}$$

2.4- Salle de pasteurisation

Cette salle contient quatre tanks, un pasteurisateur, un écran de commande et un homogénéisateur. Chaque tank comprend une hélice et deux récepteurs de niveau (un en bas et l'autre en haut) et aussi deux gicleurs de la **Nep**. L'ouverture et la fermeture du tank sont commandées à partir de l'écran grâce à des valves pneumatiques qui fonctionnent avec de l'air. Lorsque les tanks sont bien remplis, le mélange est refroidi grâce au liquide réfrigérant représenté dans ce cas par de l'eau glycolique qui circule dans les parois et le produit est acheminée vers le pasteurisateur dans le compartiment SO3 en augmentant la température de 4°C à 52°C, puis vers l'homogénéisateur avec une température de 52°C.

Après l'homogénéisation, le produit sort de l'homogénéisateur vers le compartiment SO1 où le traitement est effectué et la température augmente de 52°C à 62°C, progressivement jusqu'à 68°C dans ce compartiment, puis le produit subit un choc thermique au niveau du compartiment SO2 où la température chute de 68°C à 4°C.



SO1, SO2, SO3, SO4: compartments (chambers)

SO3: Préchauffage

SO1: Traitement thermique

SO2: Choc thermique

SO4: Compartiment qui compense les pertes thermiques de SO3

Fig 36 : Processus de pasteurisation des Ovoproduits.



Fig 37 : Les quatre tanks (photo personnelle)

Le but de la pasteurisation est la destruction des germes contenus dans les œufs liquides occasionnant soit des altérations chimiques, soit des intoxications.

La pasteurisation est réalisée grâce à un pasteurisateur tubulaire et un autre à plaque et cela à une température respectivement de 64,4 °C avec un débit de 1000 litres /heure pour l'entier et de 65 °C avec un débit de 700 à 800 litres /heure pour le jaune et de 56 °C pour le blanc.



Fig 38 : Pasteurisateur (Photo personnelle)

2.5- Salle de conditionnement

Cette salle est très sensible au risque de contamination aussi il faut la maintenir dans une hygiène très stricte.

Dans cette salle sont effectuées les opérations de remplissage du produit fini dans des sachets (bag in box) en plastique stérile de 5 et 10 Kg, vient ensuite l'emballage suivi du marquage et enfin l'étiquetage par le passage dans le dateur qui va mentionner la date de fabrication et la date de péremption qui sera de 25 jours après la date de fabrication lorsque la température de conservation du produit est de 4 à 6 °C.

Entre chaque opération de remplissage, le produit qui arrive avec un grand débit est récupéré dans des cuves stériles pour être ensuite rempli dans les bag in box de manière manuelle.

Remarque : Avant le stockage, deux échantillons prélevés respectivement **du BiB** et de **la cuve** sont envoyés au laboratoire pour des analyses et un troisième échantillon va servir de témoin en cas des éventuelles réclamations des clients.

2.6- Salle de stockage (chambre de froid)

Si le produit n'est pas utilisé, il peut être conservé à une température de 2 à 4 °C pendant 25 jours au maximum, si non il doit être conservé à une même température pendant 7 jours au maximum après l'ouverture des sachets (bag in box)



Fig 39: Salle de stockage pour le produit fini (chambre froide)

(Photo personnelle)

Remarque : Les machines sont en inox car ce matériau est un bon conservateur thermique et facile à nettoyer. Le nettoyage en place par la **Nep** utilise la soude NaOH à une température de 80 °C ensuite le rinçage à l'eau et finalement le passage de l'acide. A cause de l'inox, le nettoyage en place à l'eau de javel est à éviter.

- Les normes pour le produit liquide

Les normes AFNOR pour le produit liquide œuf entier, jaune et blanc d'œuf sont établies comme suit :

Oeuf entier liquide	Jaune d'œuf liquide	Blanc d'œuf liquide
Extrait sec : 22% - 24% PH : 7,2 - 7,8	Extrait sec : 40% - 42% PH : 6,2 - 6,8	Extrait sec : 11% - 13% PH : 8 - 9

3- Analyses physico- chimiques et bactériologiques du produit

Le matériel de laboratoire utilisé pour les analyses

- Pipette en plastique de 1ml et de 25ml.
- Des tubes stériles.
- Des pétrifilms.
- Etuve.
- L'eau distillée.
- Coupelle en aluminium.
- Une balance de 1/10 ème de mg.
- Dessiccateur.
- Balance **Sartorius MA 45**.
- pH mètre.
- Un agitateur (vortex).
- Une pince et un diffuseur en plastique.
- TSE (tryptone sel eau) tubes de 250 ml

3.1- Analyses physico-chimiques

3.1.1 - Contrôle de la matière sèche « méthode officielle »

- Mode opératoire

- Peser une coupelle aluminium à vide (m_0 le poids de la coupelle), ajouter environ 5 g du produit à analyser (m_1 le poids de l'ensemble), bien rétablir l'échantillon sur toute la surface.

- Placer le tout a l'étuve à 103 °C pendant 24 heures (minimum 5 heures) laisser refroidir au dessiccateur et peser .soit (m_2) le poids obtenu.

- **Interprétation des résultats**

La matière sèche est donnée par la relation suivante :

$$\text{Matière sèche \%} = (m_2 - m_0) \times 100 / (m_1 - m_0)$$

3.1.2 - Contrôle de la matière sèche « méthode rapide »

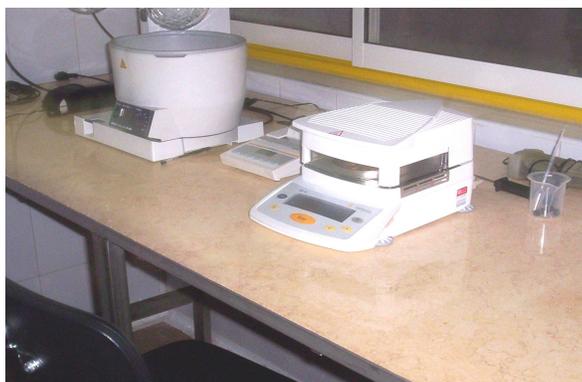


Fig 40 : l'appareil Sartorius MA45 (Photo personnelle)

- **Mode opératoire**

Le prélèvement s'effectue à l'aide d'une seringue ou d'une louche (port du masque obligatoire) dans les cuves avant ou après la pasteurisation. Le produit doit être homogène.

- Démarrer l'appareil (**MA45**) en appuyant sur la touche ON.
- Soulever le couvercle et placer une nouvelle coupelle d'aluminium.
- Appuyer sur ENTER pour faire la tare de la coupelle.
- Attendre que l'appareil indique 0 g.
- Déposer 3 g de produit et l'étaler sur toute la surface de la coupelle.
- Attendre que le poids se stabilise.
- Baisser le couvercle et attendre environ 15 minutes pour une température de 200 °C.
- Appuyer sur le bouton défilement jusqu'à avoir l'indication rapport R pour calculer l'extrait sec.
- La fin de la mesure est indiquée par plusieurs bips et indication END sur l'écran.
- Le taux est indiquée en pourcentage, ex : 22,58%.

- **Utilisation des résultats**

Les résultats de l'analyse de la matière sèche sont reportés sur la fiche de pasteurisation. (Voir annexe 2).

3.1.3- Calcul du pH



Fig 41 : l'Appareil pour calculer le pH (Photo personnelle)

Protocole : nettoyage de la sonde du PH mètre après allumé l'appareille et mettre la sonde au centre de l'échantillon et attendre environ 15 minutes après, la lecture des résultats se fait sur l'écran.

3.2- Analyses bactériologiques

Après avoir récupéré au hasard un échantillon du produit (représentatif d'un lot entier) soit au début ou au milieu ou à la fin du conditionnement, nous procédons à des analyses chimiques sur des paillasse nettoyées avec de l'eau de javel. On allume le bec benzène pour créer un champ stérile.



Fig 42 : Laboratoire d'analyse chimique (Photo personnelle)

- Protocole de pré enrichissement

Ce protocole à suivre est comme suit : prendre 25ml de l'échantillon avec la pipette + 225ml de TSE (tryptone sel eau) et les mettre à l'incubateur à une température de 37°C pendant une durée de 16 à 20 heures. C'est le pré enrichissement pour la détection des salmonelles.

3.2.1- Recherche des germes aérobies de la flore mésophile totale

Le protocole à suivre est comme suit :

- Prendre 1ml d'ovoproduits et l'introduire dans un tube contenant 9 ml de TSE.
- Agiter le tube au vortex.
- Soulever le film supérieur du pétrifilm (milieu de culture a base de PCA+un indicateur tétrazlium). déposer 1ml de la dilution au centre du pétrifilm.
- Recouvrir délicatement l'échantillon avec le film supérieur afin d'éviter de piéger les bulles d'air.
- Répartir l'échantillon uniformément à l'aide du diffuseur en plastique coté creux en exerçant une légère pression et laisser reposer une minute pour permettre la solidification du gel.
- Incuber les tests dans l'incubateur à 30°C pendant 72 heures.

- Interprétation des résultats

Compter toutes les colonies rouges (m leur nombre) quelque soit leur taille ou leur densité puis multiplier le résultat par 10.

Norme : (m) inférieur ou égal à 10000 dans 1 ml ou 1 g



**Fig 43 : Inoculation sur test pétrifilm aérobies de la flore mésophile totale
(Photo personnelle)**

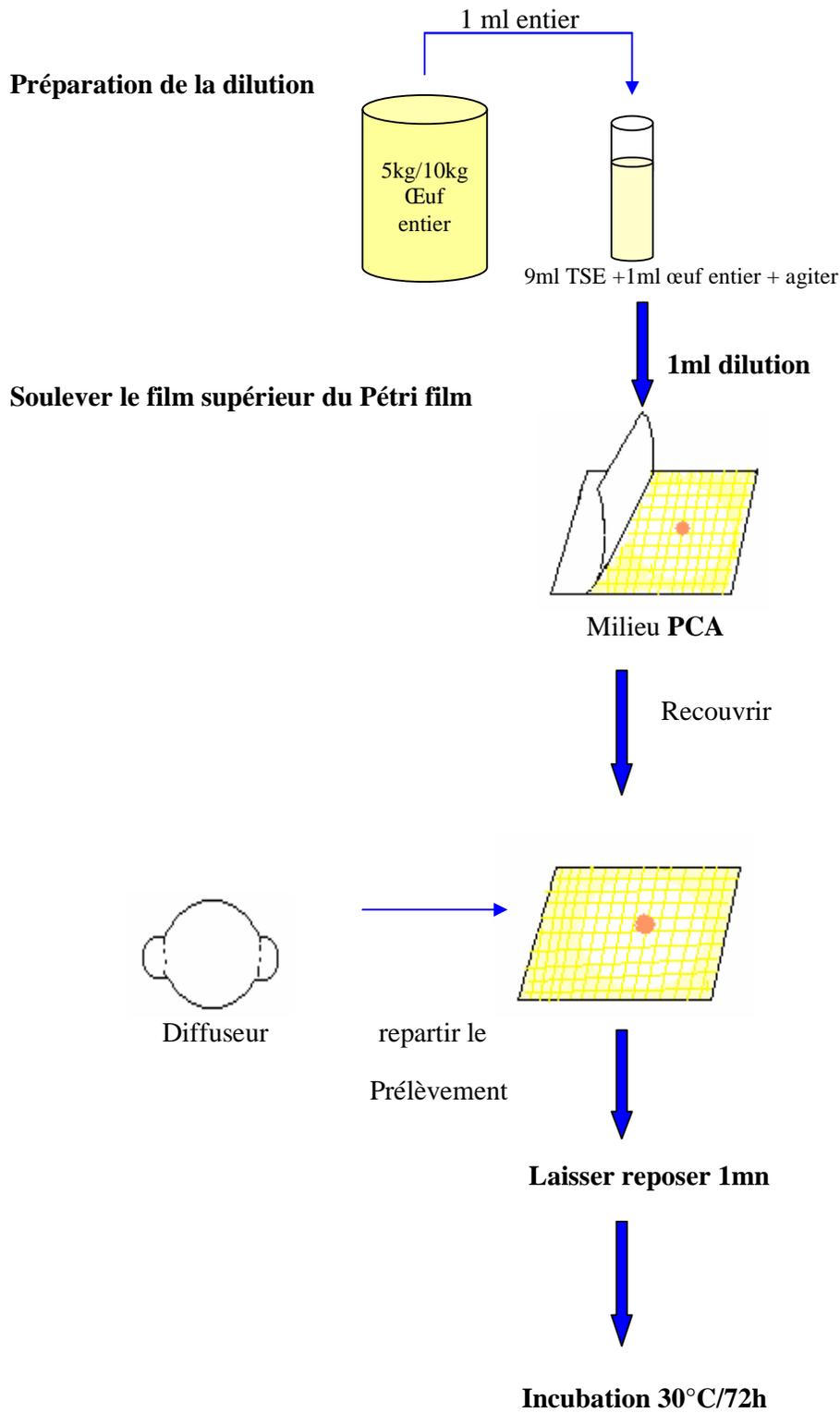


Fig 44: Diagramme de recherche des germes aérobies de la flore mésophile totale

3.2.2- Recherche des Entérobactéries

Le protocole à suivre est comme suit :

- Prendre 1ml d'ovoproduit et l'introduire dans un tube qui contient 9 ml de TSE.
- Agiter le tube au vortex.
- Soulever le film supérieur du pétrifilm (qui contient un milieu de culture a base de VRBG), déposer 1ml de la dilution au centre du pétrifilm.
- Recouvrir délicatement l'échantillon avec le film supérieur afin d'éviter de piéger les bulles d'air.
- Répartir l'échantillon uniformément à l'aide du diffuseur en plastique (approprié aux entérobactéries) coté creux en exerçant une légère pression et laisser reposer une minute pour permettre la solidification du gel.
- Incuber les tests pétrifilms dans le portoir à 37°C pendant 24 heures.

- **Interprétation des résultats**

Sont considérées comme entérobactéries les colonies entourées d'une zone jaune et /ou les colonies rouge associées à des bulles de gaz.

Compter toutes ces colonies caractéristiques et multiplier le résultat par 10.

Norme : (m) inférieur ou égal à 10 dans 1 ml ou 1 g

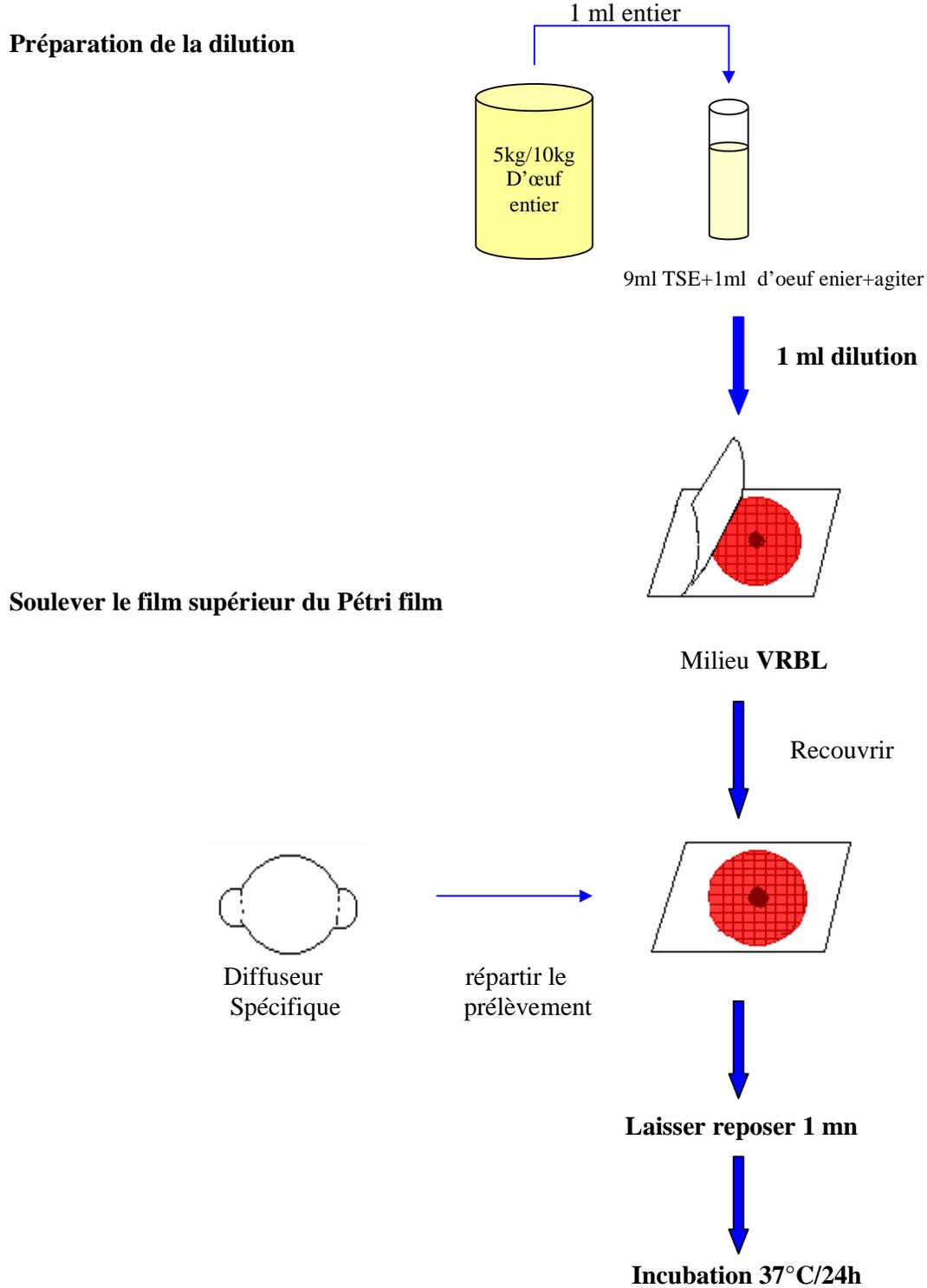


Fig 45 : Diagramme de recherche des entérobactéries

3.2.3- Recherche des staphylococcus aureus

Le protocole à suivre est comme suit :

- Prendre 1ml d'ovoproduit et l'introduire dans un tube contenant 9 ml de TSE.
- Agiter le tube au vortex.
- Soulever le film supérieur du pétrifilm (milieu de culture base de BAIRD PARKER+ un système de détection a otoluidine). Déposer 1ml de la dilution au centre du pétrifilm.
- Recouvrir délicatement l'échantillon avec le film supérieur afin d'éviter de piéger les bulles d'air.
- Répartir l'échantillon uniformément à l'aide du diffuseur en plastique spécial staphylocoques aureus coté creux en exerçant une légère pression et laisser reposer 1 minute pour permette la solidification du gel.
- Incuber les tests pétrifilms dans le portoir à 37°C pendant 72 heures.

Interprétation des résultats

Les colonies caractéristiques sont noires ou grises, brillantes, convexes et entourées d'une zone d'éclaircissement

Norme : (m) absence dans 1 ml ou 1 g.

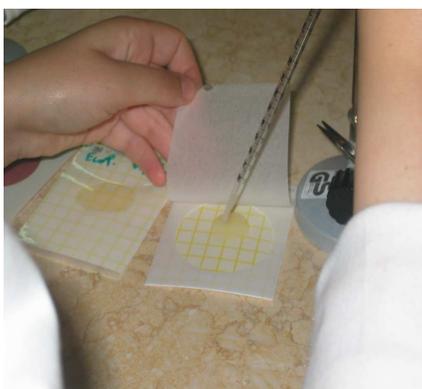


Fig 46 : Inoculation sur test pétrifilm

Staphylococcus aureus

(Photo personnelle)

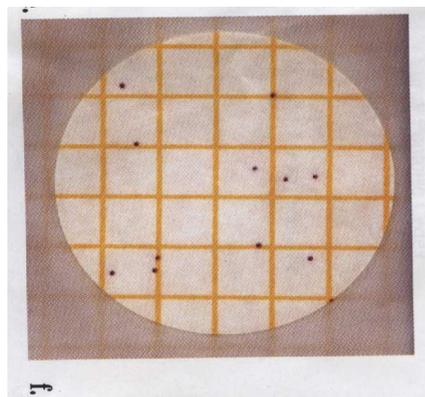


Fig 47 : Test pétrifilm

Staphylococcus aureus après

incubation (Photo personnelle)

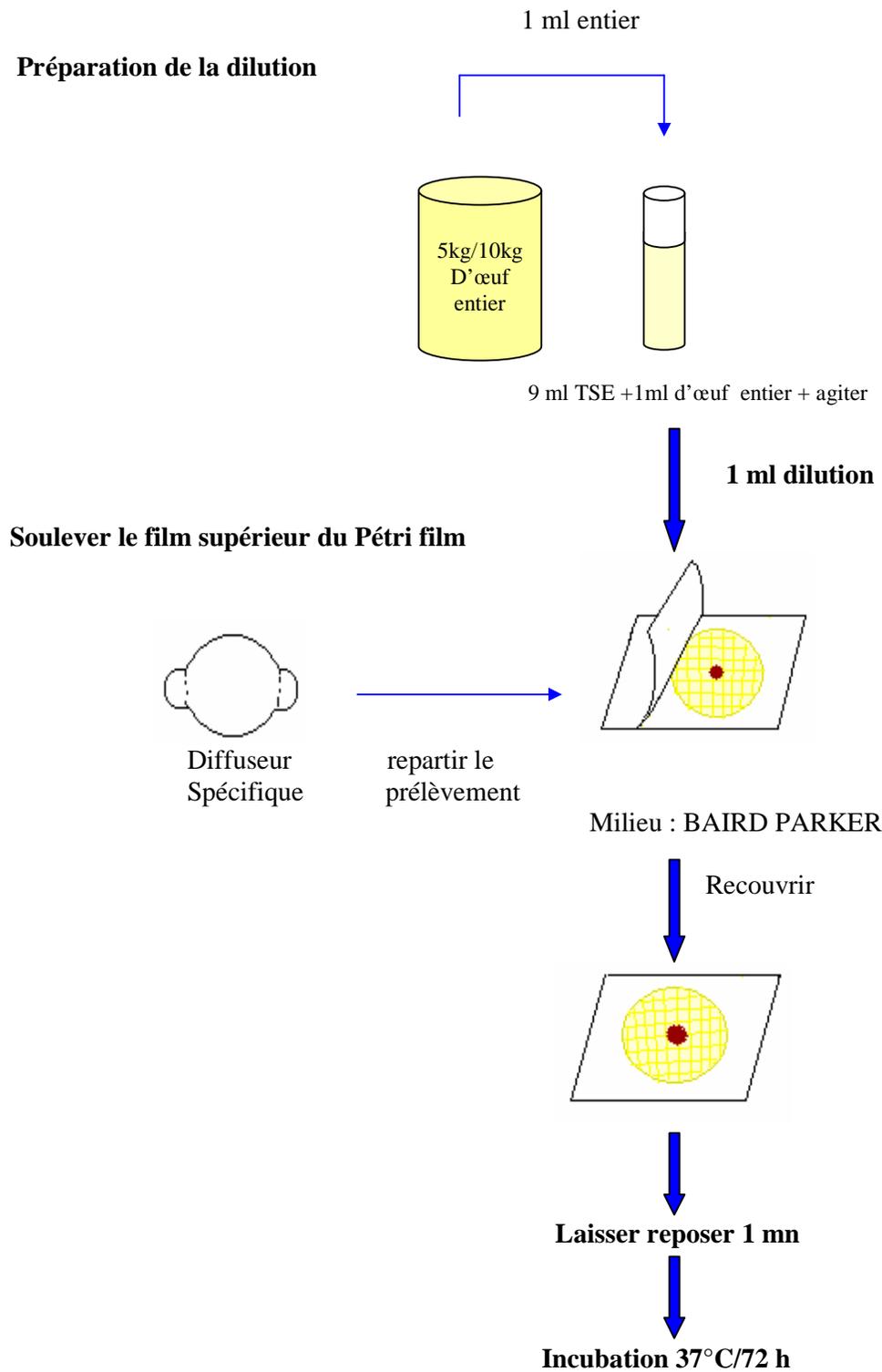


Fig 48 : Diagramme de recherche des staphylococcus aureus

3.2.4- Recherche des salmonelles

Après la préparation de la solution de pré enrichissement (solution mère) et après l'incubation à 37 °C pendant 24 heures, nous effectuons le test du TECRA UNIQUE spécifique à la recherche des salmonelles qui utilise un ensemble de 6 tubes plus un stick.

Le protocole à suivre est comme suit :

- A l'aide d'une pipette on prélève 1ml de la solution mère.
- Mettre le stick dans le tube 1.
- Incuber à 37 °C pendant 30 minutes.
- Rincer le stick 4 fois dans le tube 2.
- Mettre le stick dans le tube 3.
- Incuber à 37 °C pendant 4 à 5 heures.
- Mettre le stick dans le tube 4.
- Incuber à 37 °C pendant 30 minutes.
- Rincer 5 fois dans le tube 5.
- Mettre le stick dans le tube 6.
- Incuber à 20-25 °C 10 à 20 minutes sur la paillasse.
- Lire le résultat sur le stick qui est gradué de 1 à 4.

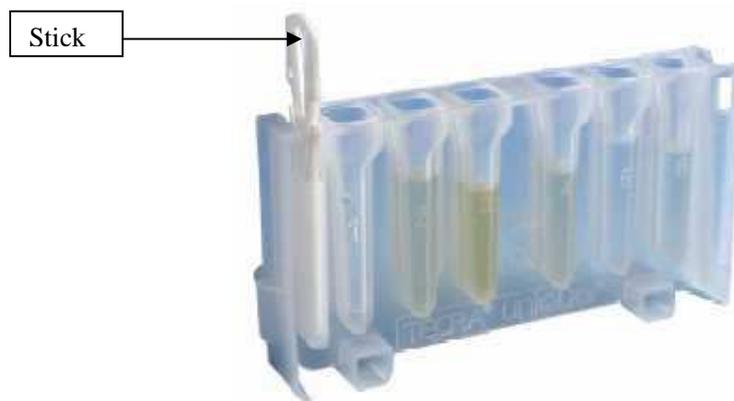


Fig 49 : Test TECRA UNIQUE (Photo personnelle)

- **Interprétation des résultats**

- La graduation 1 signifie une bonne manipulation.
- La graduation entre 2 et 3 signifie une mauvaise manipulation.
- La graduation 4 signifie la présence des salmonelles.

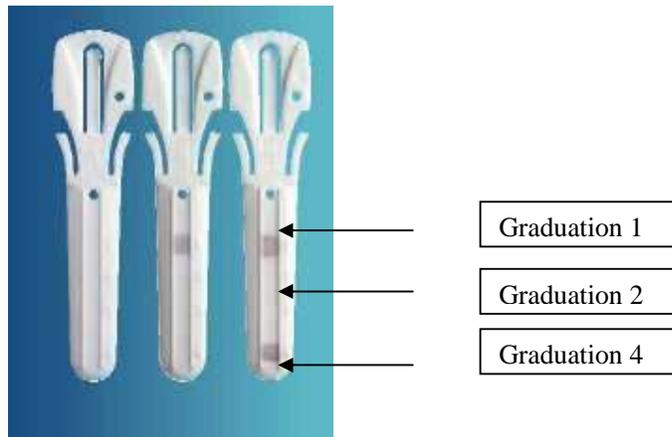


Fig 50 : Le Stick (Photo personnelle)

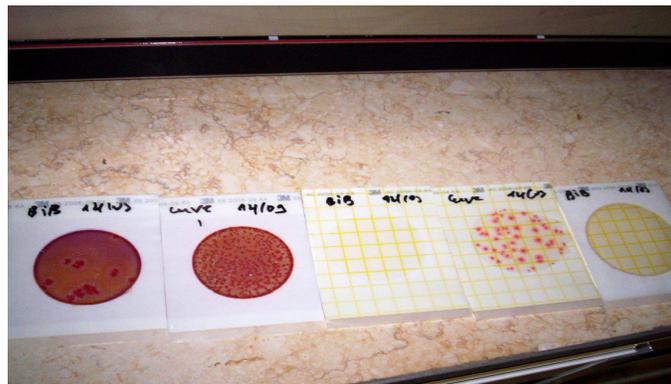
Norme : m absence de salmonelles sur 25 ml ou 25 g

4- Résultats et discussions

D'après les résultats indiqués dans le Tableau 24, toutes les productions présentent une absence des salmonelles, le taux des germes recherchés, le PH et l'extrait sec sont également conformes aux normes. Toutefois, il est à noter que les résultats de la production en date du 14/09/2005 ont été faussés à cause du mauvais passage du liquide de la **Nep** dans les conduits pour le nettoyage due à la fermeture d'une valve.

Tableau 24 : Résultats des différentes productions

	Produit entier 10kg (BiB)	Produit entier 10kg (cuve)	Produit entier 10kg (BiB)	Produit entier 10kg (BiB)	Produit entier 10kg (BiB)
Date de production	14/09/2005	14/09/2005	27/09/2005	04/06/2006	05/06/2006
Dates de péremption	08/10/2005	08/10/2005	21/10/2005	29/06/2006	30/06/2006
Dates analyses	14/09/2005	14/09/2005	27/09/2005	04/06/2006	05/06/2006
pH	7.71	7.71	7.65	7,53	7,27
Extrait sec	24.12%	24.12%	23.63%	23,75%	23 ,62%
Germes aérobies de la flore totale	Absence	570	Absence	absence	Absence
Entérobactérie	10/g	320/g	3/g	absence	Absence
Staphylococcus	Absence	Absence	Absence	absence	Absence
Salmonelles	Absence	Absence	Absence	absence	Absence

**Fig 51 : Résultats de la production 14/09/2005 (Photo personnelle)**

5- La déshydratation (sécheur)

Ce procédé a pour but d'enlever par vaporisation la majeure partie de l'eau d'un aliment liquide ou solide.

- Les normes pour le produit déshydraté

Les normes AFNOR pour le produit en poudre œuf entier, jaune et blanc d'œuf sont établies comme suit :

Œuf entier poudre	Jaune d'œuf poudre	Blanc d'œuf poudre
Humidité : 4% max	Humidité : 4% max	Humidité : 8% max.
Extrait sec : 96% min	Extrait sec : 96% min	Extrait sec : 92% min
pH : 7,5-9	pH : 6 – 7	pH : 6- 8

5.1- Fonctionnement de la machine

Après le nettoyage de la machine avec la **Nep**, la machine est mise en fonctionnement à l'aide d'une boîte de commande qui contient également les indicateurs des constituants (air comprimé, de température d'entrée et de sortie, enregistrement des signaux, arrêt de secours, indicateur de la brosse, du ventilateur aspirant et de refoulement, indicateurs du vibreur et compresseurs, ...) de la machine.

Après, on met la matière première (entier, blanc ou jaune), qui a déjà subi la pasteurisation et le contrôle physico chimique, dans un bac où elle va être aspirée et ensuite poussée grâce à une pompe doseuse dans la chambre à séchage sous forme de jets grâce à deux buses qui fonctionnent grâce à un compresseur.

L'air chaud dans la chambre de séchage vient de l'air du milieu extérieur qui est chauffé grâce à l'eau glycolique et aussi grâce à son passage dans les quatre chambres de résistances pour atteindre une température entre 145°C -165°C pour l'entier et 120°C- 135°C pour le jaune.

Dans la chambre de séchage, il existe aussi des petits grains, appelés tiffans, qui sont conservateurs de température. Leur rôle principal est d'empêcher l'accolement de la matière première sur la paroi grâce à leurs mouvements agités provoqués par un vibreur et le contact

avec l'air. La matière première va donc subir un choc thermique et se transformer très rapidement en poudre et qui va être récupérée à travers deux cyclones dans des bacs.

Remarque 1 : Il faut vérifier que la température de l'air qui sort soit entre 60°C et 70°C pour que la matière première ne soit ni grillée ni pâteuse.

Remarque 2 : Il ne faut pas fermer directement les bacs mais attendre que la température soit un peu descendue pour éviter l'augmentation de l'humidité.

5.2- Avantages et inconvénients de cette méthode

➤ Avantages

- 1- Diminution de la teneur en eau ce qui permet de diminuer la multiplication des bactéries.
- 2- Augmentation de la durée de stockage d'un an à un an et demi.
- 3- Facilité du transport.
- 4- Conservation à une température ambiante entre 20 °C et 25°C.

➤ Inconvénients

- 1- Diminution de la qualité organoleptique a cause de la température élevée.
- 2- Destruction de nombreuse propriété des œufs liquides.
- 3- Dénaturation protéiques surtout pour le blanc.
- 4- Dans le cas des jaunes et de l'entier, le glucose se combine avec la cephaline créant des défauts de saveurs.

CONCLUSION GENERALE

En Algérie, la direction de la prévention de la santé publique (DSP) a enregistré un chiffre de 1663 cas d'intoxications alimentaires pour seulement le premier semestre de 2004 et une grande partie d'entre elles étaient liées à la consommation d'œufs avariés.

Selon un récent rapport de l'USFDA, 128 000 à 640 000 toxi-infections par *Salmonella* sont associées tous les ans à la consommation d'œufs contaminés par *Salmonella enteritidis*, et le CDC estime que 75% de toutes les poussées de *Salmonella* ont pour origine des œufs entiers en coquille de catégorie A, crus ou manquant de cuisson.

En 2002, plus de 15 000 cas de toxi-infection alimentaires ont été enregistrées aux Etats-Unis. *Salmonella* a été détecté dans 22 % des isolats humains responsable des TIA.

Bien que limitée dans le temps et avec un échantillonnage réduit en nombre, soit 49 prélèvements à partir du jaune/ blanc d'œuf en coquille et un stage de 18 jours, notre étude nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

- Pour les *œufs en coquilles*, nous avons enregistré un taux de contamination de 0% par les salmonelles et un taux de contamination de 4% par *Escherichia Coli*, ce qui nous permet de conclure que tous les prélèvements analysés étaient de bonne qualité bactériologique.
- Pour les *ovoproduits*, nous avons enregistré un taux de contamination de 0% par les salmonelles, un pH et un extrait sec conformes aux normes, ce qui nous permet de conclure que tous les prélèvements analysés étaient de bonne qualité bactériologique et physico-chimique.

Toutefois pour garantir une meilleure sécurité pour le consommateur, le recours à des traitements thermiques est jugé nécessaire pour éliminer totalement ces risques, néanmoins il est conseillé de prendre plusieurs précautions citées dans les recommandations.

RECOMMANDATIONS

Pour assurer la salubrité alimentaire et lutter efficacement contre les toxi-infections dues à des salmonelles dans les œufs et les ovoproduits il faudrait prendre une série de mesures préventives en amont et en aval.

- Eviter d'importer des poussins infectés.
- Eviter toute infection des poules apportées par la contamination de l'aliment, de boisson et la litière.
- Effectuer trois analyses d'eau par an dans les poulaillers.
- Il est recommandé de déclarer les foyers infectés à la DSV
- Respecter les conditions de ramassage des œufs (hygiène et le ramassage quotidien après la ponte).
- Eviter le lavage et le frottement des œufs.
- La conservation des œufs dans des conditions propres qui ne favorisent pas la multiplication des salmonelles jusqu'à des niveaux potentiellement dangereux.

Afin de conserver au moins la qualité initiale de l'œuf obtenue au moment de la ponte, il est vivement conseillé d'entreposer les œufs dans un local propre, aéré, sombre, tempéré dans lequel sont maintenues les conditions suivantes :

- Une température comprise entre 10 °C et 15 °C pour limiter les pertes d'eau et de gaz carbonique.
- Un bâtiment isolé thermiquement pour le stockage des œufs s'avère indispensable pour lutter contre les températures élevées de l'été et basses de l'hiver.
- Une humidité relative de 80-85 % pour ne pas affecter l'évaporation.
- Une ventilation appropriée pour éviter les condensations sur les œufs, favorables aux croissances microbiennes.

Enfin pour que toutes ces précautions soient efficaces, elles doivent être mises en œuvre dès que possible après la ponte.

- Eviter de consommer des œufs crus ou insuffisamment cuits.
- Introduire des règles appropriées en Algérie.

- Hygiène du matériel et du personnel en industrie.
- Vérification de l'efficacité de la pasteurisation (test à l'alpha-amylase).
- Utilisation de méthodes analytiques efficaces et rapides.
- Respecter la chaîne du froid.
- Eviter l'ultra pasteurisation qui dénature le lysozyme.

Il est impératif de veiller à une bonne hygiène tout au long de la filière par une application des bonnes pratiques d'hygiène (GBPH) et une mise en place d'un système HACCP au niveau de chaque unité de production.

BIBLIOGRAPHIE

- **ANONYME**, 1986. L'œuf de consommation. Poussin d'un jour. Tome 1. Fascicule de l'Institut de Technologie Agricole. ITELVE d'Alger, page : 20-30.
- **ANONYME**, 1991. La pondeuse. Première édition .ITAVI.28, rue de rocher 75008. Paris. Page : 123-147.
- **ANONYME**, 2000. Comprendre la formation de la coquille de l'œuf (page consultée le 02.01.2006) Adresse URL : <http://www.inra.fr>.
- **ANONYME**, 2000. Conseils sur les œufs, (page consultée le 21.01.2006) Adresse URL: http://www.nutri-oeuf.com/Français/conseils_oeufs/index.asp.
- **ANONYME**, 2001. Oeuf : leçon de choses, (page consultée le 15.12.2005) Adresse URL http://www.ceres.m.u/html_fr/science.htm.
- **ANONYME**, 2001. Oeuf, (page consultée le 23.11.2005) Adresse URL : http://www.servicevie.com/01_Alimentation/aliment_vedette/.AVF_HTML/HTML.800A/811A.html.
- **ANONYME**, 2006. Anatomie de l'œuf, (page consultée le 27.02.2006) Adresse URL : <http://www.laroche.lycée.Frée.fr.../image007.gif>.
- **ANONYME**, 2006. Les salmonelles (page consultée le 10.01.2006) Adresse URL : http://www.inremer.fr.../labo_microbiologie.html.
- **ABEDSMED. D**, 2005. Etude de la qualité des œufs de deux élevages de poules pondeuses dans la région de Batna. Université de Batna.
- **AUDIOT.V, THAPON.J-L**, 1994. Composition de l'œuf de poule. In : THAPON.J-L ; BOURGEOIS.C-M. L'œuf et les ovoproduits. Technique et documentation Lavoisier. Paris. page : 6-20.
- **BAERDEMAEKER. J et KETELAERE. B**, 2005. Nouveaux systèmes pratiques pour mesurer la qualité des œufs 6^{ème} J.R .A, page: 138-444.
- **BOAR**, 1966. Microbiologie de l'œuf. In : BOURGEOIS .C.M, MESCLE .J-L et ZUCCA.J, 1990. Microbiologie alimentaire .Tome 1.Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Ed Lavoisier, page : 222-223.
- **BOURGEOIS .C.M, MESCLE .J-L et ZUCCA.J**, 1990. Microbiologie alimentaire .Tome 1.Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Technique et documentation Lavoisier, page : 200-230.
- **BOURGEOIS .C.M, MESCLE .J-L et ZUCCA.J**, 1996. Microbiologie alimentaire .Tome 1.Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. 2^{ème} édition. Technique et documentation Lavoisier. Paris, page : 296-309.

- **COHEN.B**, 2005. L'œuf extraordinaire, la valeur nutritive de l'œuf, (page consultée le 23.11.2005) Adresse URL :http://www.candaegg.ca/Français/educat_nutritive.html.
- **COHEN.B**, 2005.Oeufsanatomie, (page consultée le 22.11.2005) Adresse URL:<http://www.canadaegg.ca/Français/educat/oeufsanatomie.html>.
- **DUPHIN.H et ABRALIARRI.J**, 1992. Source et apport nutritionnel pour la production française.édition INRA.Paris.
- **ERICKSON .J-P et JENKINS.P**.1992. Behavior of psychotropic pathogen *Listeria monocytogenes*, *Yersinia Enterocolitica*, and *Aero-monas hydrophila* in commercially pasteurized eggs haled at 2, 6, 7, and 12,8 °C.J, of food protection.55, page: 8-12.
- **FROM** ,1963. Microbiologie de l'oeuf. In : **BOURGEOIS .C.M, MESCLE .J-L et ZUCCA.J**, 1990. Microbiologie alimentaire .Tome 1.Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Ed Lavoisier, page : 222-223.
- **GABRIEL.L** ,1987.Poule et l'œuf, Flammarion, la maison rustique, page : 118.
- **GARIBALDI. J-A**, 1975. Death of staphylococcus aureus in liquid whole egg near pH 8. Applied Microbiology.29, page : 782-786.
- **GAST.R.K; BEARD .C.W**; 1992. Detection and Enumeration of Salmonella enteridis in Fresh and Stored Eggs Laid by Experimentally Infected Hens. J, of Food Protection.50, page: 152-156.
- **J.O.R.F** : Journal officiel de la république française du 9septembre 1995.Hygiène alimentaire .Oeufs et ovoproduits.
- **JOUVE.J-L**, 1995.La qualité microbiologique des aliments. Ovoproduits.2ème édition. Polytechnica. Paris, page : 363-369.
- **LEASOR. S.F; FOEGEDING. P.M**, 1989. Microbiologie des œufs et ovoproduits. In : **THAPON J-L ; BOURGEOIS C-M**, 1994. L'œuf et les ovoproduits. Techniques et documentation Lavoisier, page : 117-119.
- **LINDEN.G et LORIENT.D**, 1994. Ovo produit. Biochimie agro industriel, valorisation alimentaire de la production agricole. Edition Masson, Milian Barcelone. Paris, page:121.137.
- **MAYES et TAKABALLI** ,1974 . Microbiologie de l'oeuf. In : **BOURGEOIS .C.M, MESCLE .J-L et ZUCCA.J**, 1990. Microbiologie alimentaire .Tome 1.Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Ed Lavoisier, page : 222-223.
- **MOORE. J; MADDEN. R.H**, 1993. Microbiologie des œufs et ovoproduits. In : **THAPON J-L ; BOURGEOIS C-M**, 1994. L'œuf et les ovoproduits. Techniques et documentation Lavoisier, page : 117-119.

- **NEYRAT. P**, 2001.Oeuf de poule, (page consultée le 25.10.2005) Adresse URL : [http : www.e-sante.be/guide/article_1653_892.html](http://www.e-sante.be/guide/article_1653_892.html).
- **NYS. Y**, 2004. Qualité des produits avicoles.INRA, (page consultée le 28.02.2006) Adresse URL : <http://www.tours.inra.fr>.
- **O.M.S, F.A.O**, 4 novembre 2005, Note d'information I.N.F.O.N N°7/2005(Rev.1, 5 décembre)- Grippe aviaire.
- **PELLEGRINA. A ; GROB.K et VONFELLNER. R**, 1990. Identification of bacterial component active against gram-positive and gram-negative bacteria in commercial ovopromuoides on ovoinhibitor as lysozyme. Letter in Applied Microbiology, page: 201-204.
- **PERSSON.J**, 2005. Les œufs, (page consultée le 23.11.2005) Adresse URL : <http://www.ornithomedia.com/pratique/debuter/debut-art27-1.htm>.
- **PORTAIS.J ; LAHAELLE. C et BENNEJEAN.G**, 1989. Transmission des salmonelles chez la poule : exemple de salmonella enteridis. Bulletin d'information de la Station d'aviculture de ploufragan.29, page : 37-39.
- **PORTAIS.J**, 1995. Etude relative à l'évolution de la qualité de l'œuf au cours de la saison de ponte .Bull .int. Station .exp.L'aviculture de ploufragan. 21, page : 139-141.
- **SAINT-PIERRE.M**, 2004. Comprendre la formation de la coquille de l'œuf ;(page consultée le25.11.2005) Adresse URL : http://www.tours.inra.fr/sra/internet/résultat/actuels/coquille_oeuf.html.
- **SAUVER.B** ,1988.Reproduction des volailles et production d'œufs. Ed, INRA. Paris, page : 374-436.
- **SAUVER.B** ,1994 . Variations initiales de la composition de l'œuf. In : **BOURGEOIS .C.M, MESCLE .J-L et ZUCCA.J**, 1990. Microbiologie alimentaire .Tome 1.Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Ed Lavoisier, page : 222-223.
- **THAPON J-L et BOUREOIS.C.M** ,1994. L'œufs et les ovo produits .Ed Lavoisier. Paris, page : 110-122.
- **TARIL.A**, 2004.Rapport d'activité .Institut Pasteur d'Alger .1,rue du Dr Laveran,El Hamma,Alger ,page 244.
- **THAPON.J-L**.1981. Effet de divers facteurs sur la propriété physicochimique et fonctionnelle du blanc d'œuf. Thèse de Docteur Ingénieur .ENSA : Université rennes.

- **TRENTER H.S; BOARD. R.G**, 1984 the influence of incubation temperature and pH on the antimicrobial properties of hen egg albumen. *Journal of Applied Microbiology*.5, page: 359-395.
- **VALENTIN .K, ANTONINI. G et VISCA. P**, 1983. Studies on the antimicrobial activity of ovotransferrin. *International Journal of Tissue React*.5, page: 97-105.
- **VIERLING.E**, 2003 .Aliment et boissons. Biosciences et technique. Doin éditeurs.26, avenue de l'Europe 78140 Vélizy, page: 108-113.
- **WASSERFALL.F et TEUBER.M**, 1979.Action of egg white lysozyme on *Clostridium tyrobutyricum*. *Applied Environmental Microbiology*.38, page: 197-199.

Annexe 1 :

Partie bibliographique

LES PROTEINES DU BLANC D'ŒUF

Protéines	Protéines du blanc en %	phi isoélectrique	Structure, propriétés biologiques et fonctionnelles utilisées en technologie
OVALBUMINE	54	4,5	Phosphoglycoprotéine (3,5% glucides et 2 résidus phosphates). Fraction prosthétiques sont faible .donc on l'assimile à une holoprotéine. elle est facilement dénaturée sous sa forme native a 72°C .elle contient 2 ponts disulfure et 4 groupe thermostable, Ses propriétés gélifiantes baissent, elle est moins apte à former des mousses l'albumine native est facilement dénaturée en surface : après chauffage court, elle stabilise les mousses formées A froid.
OVOCONALBUMINE (conalbumine ou ovotransferrine)	13	6,65	Glycoprotéine formée de 2 sous- unités. dénaturée à partir de 57°C. cogélifie à partir 60 c avec l'ovalbumine, complexe. Les cation plurivalents (dont le cuivre des récipients culinaires) ce qui la stabilise .A des protéine antimicrobiennes.
OVOMUCOIDE	11	4,1	Glycoprotéine (25% de dérivés glucidiques).peu dénaturée à 100c. inhibiteur de la trypsine .très allergisante
OVOGLOBULINES (G2,G3)	8	5,6	Phosphoglycoprotéines (4% de glucides,1,7% de phosphore) ;ont fort pouvoir moussant.
LYSOZYME	3,5	10,7	A un fort pouvoir moussant. Par son activité enzymatique □ glucosaminidasique a des propriétés antimicrobiennes vis-à-vis de certaines bactéries cram+.Extraite du blanc d'œuf par précipitation au Phi avec du NaCL .est ajoutée à certains laits pédiatriques.
OVOMUCINE	3,5	4,7	Phosphoglycoproteine(25% de glucides : riche en acide silique ; 2,3% de phosphore) formée de 2 sous- unités .Elle est responsable de la viscosité du blanc Elle est assez thermorésistant mais facilement dénaturée à la surface. Donc stabilise les mousses à froid. Elle forme avec le lysozyme un complexe peu soluble dans l'eau responsable de la gélification du blanc dense .Lorsque le pH du blanc s'élève lors de l'entroposage. Le complexe est modifié et le blanc se liquéfie, la sous unité □ pauvre en résidus glucidiques se séparant du complexe.
FLAVOPROTEINE	0,8	4,1	Fixe la riboflavine (vitamine B2) et forme avec elle un complexe très stable qui sera dissocié par l'acide chlorhydrique stomacal.
OVOMACRO-CLOBULINE	0,5	4,5	Est très fortement antigénique .A un pouvoir moussant élevé.
COMPLEXE INHIBITEUR D4ENZYMES	0,1	5,2	Inhibe les protéases dont la trypsine.
ANTIBIOTINE (Avidine)	0,05	10	Constituée de 5 sous unités fixent chacune une molécule biotine .A des propriété très antimicrobiennes.

DEFINITIONS DE CERTAINS PRODUITS D'ŒUF DE POULE DESTINES A L'INDUSTRIE ALIMENTAIRE (d'après les norme C.C.E-ONU, No63)

Oeuf entier :

Produits homogène obtenu à partir du contenu complet d'oeufs de poule en coquille cassés conformément aux bonnes pratiques de fabrication. De petites quantités de blanc d'œuf ou de jaune d'oeuf peuvent être ajoutées à l'oeuf entier afin de normaliser le produit pour le rendre conforme aux critères de composition indiqués à la section III.

Jaune d'oeuf :

Produit homogène obtenu par séparation du jaune des oeufs de poule en coquille cassés, conformément aux bonnes pratiques de fabrication. De petites quantités de blanc d'oeuf peuvent être ajoutées au jaune d'oeuf afin de normaliser le produit.

Blanc d'oeuf :

Produit homogène obtenu par séparation du blanc d'oeuf de poule en coquille cassés, conformément aux bonnes pratiques de fabrication.

Ovoproduit liquide :

Produit liquide obtenu à partir d'oeufs entiers, de jaune d'oeuf ou de blanc d'oeuf sans addition ni extraction d'eau.

Ovoproduit congelé :

Produit obtenu à partir d'un ovoproduit liquide qui a été congelé ou surgelé et maintenu dans cet état-

Ovoproduit séché :

Produit obtenu à partir d'un ovoproduit liquide dont l'eau a été extraite par dessiccation pour obtenir un produit pulvérulent ou granulé.

TESTE D'ALPHA AMYLASE

Définition : l'efficacité de la pasteurisation est déterminée par l'absence ou la présence d'alpha amylase active que la méthode indiquée permet de mettre en évidence.

Principe : la présence d'alpha amylase active (que l'on trouve dans les ovoproduits non soumis à un traitement thermique ou insuffisamment pasteurisés) est révélée par son aptitude à décomposer l'amidon ajouté de sorte qu'elle empêche la formation d'un composé d'iodure d'amidon si l'on ajoute ensuite une solution d'iode .

CRITERES MICROBIOLOGIQUES

a. Ovoproduits liquides, traités thermiquement, et destinés à l'industrie agro-alimentaire (entiers ou jaunes, avec ou sans ingrédients ou additifs).(voir tableau N° 3 en annexe)

	Valeur m à J 0	Valeur m à J+5
-Flore aérobie mésophile	10^4 /g ou ml	10^5 /g ou ml
-Coliformes thermotolérants	10/g ou ml	10^2 /g ou ml
-Staphylococcus aureus (coagulase+)	10^2 /g ou ml	10^2 /g ou ml
-Salmonella	non décelable dans 25g ou ml	non décelable dans 25g ou ml

b. Ovoproduits liquides traités thermiquement en petit conditionnement (1 à 5 litres), ayant une date limite de consommation supérieure à 5 jours (entier ou jaune avec ou sans ingrédients ou additifs).

	Valeur m à J 0	Valeur m à la DLC
-Flore aérobie mésophile	10^4 /g ou ml	3.10^5 /g ou ml
-Coliformes thermotolérants	10/g ou ml	10^2 /g ou ml
-Staphylococcus aureus (coagulase+)	10^2 /g ou ml	10^2 /g ou ml
-Salmonella	non décelable dans 25g ou ml	non décelable dans 25g ou ml

Annexe 2

Partie expérimentale

COLORATION DE GRAM

- Microscope biologique avec immersion.
- Culture (ou prélèvement) bactérienne.
- Lames dégraissées.
- Pince à lames
- Bec Bunsen (ou bien lampe à alcool)
- Pissette d'alcool absolu ou alcool-acétone.
- Pissette d'eau.
- Colorants.

Protocole

1. ÉTALEMENT.

L'étalement doit se faire en couche mince, sur une lame dégraissée.

2. DESSICCATION.

Laisser sécher à l'air.

3. FIXATION.

Passer trois fois rapidement dans la flamme du bec Bunsen la face de la lame opposée à l'étalement. Ne pas trop insister sous peine de carboniser le prélèvement.

On peut également fixer en laissant évaporer quelques gouttes d'alcool méthylique versées directement sur le prélèvement.

A ce stade les germes ne sont plus considérés comme contaminants.

4. COLORATION de GRAM.

1. Déposer quelques gouttes de Violet
2. Laisser agir 4 à 6 secondes
3. Égoutter sans rincer.
4. Déposer quelques gouttes de Lugol
5. Laisser agir 4 à 6 secondes.
6. Égoutter et recommencer avec le Lugol.
7. Égoutter.

8. Faire couler sur la lame (pas sur l'étalement) l'Alcool ou l'Alcool-Acétone.
Jusqu'à disparition du Violet.
9. Laisser agir quelques gouttes de Fuchsine 25 secondes.
10. Laver.
11. Sécher.

5. **EXAMEN.**

Examiner à l'objectif à immersion.

Colorants

- Violet phéniqué (Nicole)
 - **Violet de gentiane (cristal violet) 1 gramme**
 - **Alcool absolu..... 10 ml**
 - **Eau phéniquée à 1%..... 90 ml**
- Liquide de Lugol (IKI)
 - **Iode 1 g**
 - **Iodure de potassium... 2 g**
 - **Eau distillée..... 300 ml (200 g d'après Nicole)**
- Solution de Fuchsine
 - **Solution de fuchsine saturée dans l'alcool 10 ml**
 - **Eau distillée90 ml**
- Alcool Absolu. **ou bien**
- Alcool Acétone (Nicole)
 - **Alcool Absolu 5 Volumes Acétone1 Volume**

COMPOSITION DES MILIEUX DE CULTURE

Milieu TSE : Tryptone sel eau

Tryptone 1 g
Chlorure de sodium8,5 g
Eau distillée1000 ml.
pH = 7
Autoclavage 120° C pendant 20mn

Bouillon au sélénite de sodium

Peptone.....5g
Lactose4g
Sélénite de Na..... .4g
Phosphate dipotassique3,5 g
Phosphate monopotassique.....6,5 g
Eau distillée.....1000 ml

Bouillon au sélénite + Cystine

Peptone tryptique de caséine8 g
Lactose8 g
Phosphate disodique.....20 g
Sélénite acide de Na10g
Cystine0,02 g
Eau distillée 1000 ml
.pH=7

Gelose Hecktoen

Proteose peptone	12 g
Extrait de levure	3 g
Chlorure de sodium	5 g
Thiosulfate de sodium	5 g
Sels biliaries.....	9 g
Citrate de ter ammoniacal	1,5 g
Salicine.....	2g
Lactose	12 g
Saccharose	12 g
Fuschine acide	0,1 g
Bleu de bromothymol	0,065 g
Agar.....	14 g
Eau distillée	1000 ml

.pH= 7,5

Gelose Nutritive

Extrait de viande	1g
Extrait de levure	2 g
Chlorure de sodium	5 g
Agar	15 g
Eau distillée	1000 ml

pH= 7,4

Autoclaver à 121 °C pendant 15 mn

Milieu Kliglereler hajna (KIA)

Extrait de viande de boeuf	3 g
Extrait de levure	3g
Peptone	20g

Chlorure de sodium5 g
Citrate ferrique 0,3 g
Thiosulfate de sodium0,3 g
Lactose10g

Glucose1g

Rouge de phénol0,025 g

Agar12g

Eau distillée1000 ml

pH = 7,4

Autoclaver 20 mn à 115°C

Milieu Urée - Indole

L. Tryptophane3 g

Phosphate monopotassique1 g

Phosphate bipotassique1 g

Chlorure de sodium5 g

Uree 20 g

Alcool à 95°10 ml

Rouge de phénol 0,025 g

Eau distillée 1000 ml

Mannitol mobilite

Peptone trypsique de viande20 g

Mannitol2g

110 31 g

Rouge de phénol à 1 %4 ml

Agar4 g

Eau distillée 1000 ml

Ajuster le pH à 8,1

Autoclaver 15 mn à 120°C

Milieu clark et Tubs

Peptone 10 g

Glucose 5 g

Phosphate bipotassique 2 g

Ajuster à pH 7

Autoclavage à 120°C pendant 20 mn

Milieu molles lysine

Peptone trypsine de viande 5 g

Extrait de viande 5 g

Bromocresol pourpre 0,01 g

Rouge de crésol 0,005 g

Glucose 0,5 g

Pyridoxal 0,005 g

Eau distillée 1000 ml

Ajuster à pH 6

Ajouter 1% de L. lysine

Autoclaver à 120°C pendant 10 mn

Eau peptonée

Peptone tryptique 15 g

NaCl 5 g

Eau distillée 1000 ml

Ajuster le pH à 7,6

Stériliser à 115°C pendant 20 mn

Bouillon nutritif

Peptone 5 g

Extrait de viande 1 g

Extrait de levure 2 g
NaCl 5 g
Eau distillée 1000 ml
pH = 7,4
Autoclaver à 115 °C pendant 20 mn

Gelose muler - hilton

Infusion de viande de bœuf300 g
Hydrolysai de caséine 17,5 g
Amidon 1,5 g
Agar 17 g
Eau distillée 1000 ml .

pH 7,4

Milieu citrate de simons : en g /L d'eau distillée :

Sulfate de magnésium.....0.2.
Phosphate mono –ammoniaque1.
Phosphate bi potassique.....2.
Citrate de sodium.....5.
Bleu de bromothymole.....0.08
Agar.....15

La formule proposée par diagnostic Pasteur que 1g%

Eau physiologique

NaCl 8,5g
Eau distillée1000 ml.
Autoclaver à 120°C pendant 20 mn

REACTIFS

Solution d'indicateur de pH

Rouge de phenol 0,2g

Soude N/10..... 5 ml

Eau distillée..... 9,5 ml

Réactif de kovacs

Paradimethyl amino-benzaldehyde5 g

Alcool amylique75 ml

HCl pur25 ml

- Réactifs de voltes proskauer : VP

VP 1 : Hydroxyde de potassium40 g

Eau distillée 1000 ml

VP 2 : Alpha naphthol6 g

Ethanol..... 1000 ml

CRITERES MICROBIOLOGIQUES DES OVOPRODUITS,
DES PATISSERIES ET DES CREMES PATISSIERES

PRODUITS	n	c	m	M
1. oeufs en coques :				
-salmonella	5	0	absence	absence
2. Pâtisseries et crème pâtissières :				
-germes aérobies à 30°C.	5	2	3.10^5	10^7
-coliformes.	5	2	10^2	3.10^3
-coliformes fécaux.	5	2	10	30
-Staphylococcus aureus	5	2	10^2	10^3
-salmonella.	5	0	absence	absence
3. Pates aux œufs et mélanges pour gâteaux contenant des œufs :				
-Staphylococcus aureus	5	2	10^2	10^3
-moisissures	5	2	10^2	10^3
-salmonella	5	0	absence	absence

Interprétation des résultats d'analyse microbiologique

En matière d'échantillonnage et l'interprétation des résultats d'analyse. il est tenu compte dans la présente annexe. des travaux menés en la matière au sein des organisations internationales .

2.2- Plan à trois classes :

Ce plan est ainsi désigné parce que les résultats des examens interprétés sur cette base, permettent de fixer trois classes de contamination, à savoir :

* celle inférieure ou égale au critère « m »

* celle comprise entre le critère « m » et le seuil « M »

* celle supérieur au seuil « M ».

Les critères qualitatifs «m » et « M » expriment le nombre de germes présents dans un gramme (g) ou un millilitre (ml) d'aliment et dans 25 grammes d'aliment pour les salmonella.

m : le seuil au-dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante . Tous les résultats égaux ou inférieurs à ce critère sont considérés comme satisfaisants ;

M : seuil limite d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants, sans pour autant que le produit soit considéré comme toxique ;

n : nombre d'unités composant l'échantillon ;

c : nombre d'unités de l'échantillon donnant des valeurs situées entre « m » et « m » .

2.1.2 - Application pratique

Conformément aux dispositions des articles 4 et 5 du présent arrêté ; la qualité microbiologique du lot est considérée :

2.1.2.1 - Comme satisfaisante lorsque les résultats obtenus sont inférieurs ou égaux à « m »

2.1.2.2 - Comme acceptable lorsque les résultats obtenus sont compris entre « m » et « M » et c n est inférieur à „5 avec le plan n 5 et c 2 ou c/n est inférieur à 3/5 avec le plan n = 5 et c = 3.

2.1 2 - Comme non satisfaisante :

a) Lorsque c/n est supérieur à 2/5 avec le plan n =5 et c = 2 et lorsque c /n est supérieur à 3/5 avec le plan n - 5 et c=3

b) Dans tous les cas où les résultats obtenus sont supérieurs à M.

Cependant le seuil de dépassement pour les micro-organismes aérobies à plus (+) 3°C alors que les autres critères sont respecté, doit faire l'objet d'une interprétation notamment pour les volailles, les viandes et les produits crus .

Toutefois, le produit doit être considéré comme toxique ou corrompu lorsque la contamination atteint une valeur microbienne limite « S » qui est fixée dans le cas général à :

$$S = m \cdot 10^3$$

Dans le cas, des staphylococcus auréus. la valeur « S » ne doit jamais excéder $5 \cdot 10^4$ germes par gramme de produit.

2 - Plan à deux classes :

Ce plan est ainsi désigné car les résultats des examens interprétés sur cette base permettent de déterminer deux classes de contamination.

Ce type de plan qui n'accepte aucune tolérance, même de caractère analytique, correspond souvent aux expressions :

- « absence dans » : le résultat est considéré comme satisfaisant

- « présence dans » : le résultat est considéré comme non satisfaisant ; dans ce cas, le produit est déclaré impropre à la consommation.

- « présence dans » : le résultat est considéré comme non satisfaisant : dans ce cas, le produit est déclaré inipraprc à la consommation.

Le plan à deux classes répartit les unités d'échantillon en deux catégories :

- catégorie satisfaisante si le résultat d'analyse est inférieur à « m », le produit est propre à la consommation.

- catégorie nuit satisfaisante lorsque le résultat d'analyse est supérieur à « m » ; le produit est déclaré impropre à la consommation.

Remarque :

Ce plan est applicable aux contaminations par les salmonella en particulier.

2.3 - Cas particulier des conserves

Lorsque les conserves ne répondent pas aux épreuves de stabilité telles que fixées dans le présent arrêté, la transposition, au lot d'origine ne pourra intervenir que dans la mesure où un plan d'échantillonnage préalablement défini aura été mis en œuvre.

**FICHE DE CONTROLE DES ŒUFS A LA
RECEPTION**

Nom du fournisseur	
Date de réception	
N° de palette	

Contrôle du transporteur

Propreté intérieur du camion : satisfaisante moyenne médiocre

Camion frigorifique : oui non

Contrôle des œufs

Aspect des œufs : satisfaisante moyenne médiocre

Propreté des œufs : satisfaisante moyenne médiocre

Œufs cassés : beaucoup peu néant

Poids du plateau : supérieur à la moyenne inférieur à la moyenne

Nom et signature du réceptionnaire :

FEUILLE D'ENREGISTREMENT DE LA MATIERE PREMIERE
--

Nom du Fournisseur	
Date de Réception	
Horaire de Réception	
Quantité Reçue	
Poids Net	
Tare	
Date de Ponte	
Catégorie	
N° de Palette	

Nom et signature du réceptionnaire :

Bulletin Analyse

Date de fabrication :

Date de péremption :

Date d'analyse :

	Résultats	Norme AFNOR
Contenances		
Corps étranger		
Qualité organoleptique		
Extrait sec		22% -24%
PH		7,2 -7,8
Taux staphylocoque aureus		Absence dans 1ml ou 1 g
Taux de germes aérobies totaux		Inférieure a 10000 dans 1ml
Taux des entérobactéries		inférieure où égale 10 dans 1ml
Taux des salmonelles		Absence dans 25 g

Conclusion : on mentionne si le produit est bon à la consommation ou non et aussi on mentionne sa qualité organoleptique.

Nom et signature du responsable :

*Mieux vaut pour l'œuf
de ne pas se heurter à la
pierre*



Introduction générale

PREMIERE PARTIE

*SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE*

DEUXIEME PARTIE

ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre I

RAPPELS SUR LES OEUFS



Chapitre II

CLASSIFICATION DES OEUFS



Chapitre III

MICROBIOLOGIE DE L'ŒUF



Chapitre IV

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'ŒUF



Chapitre V

FACTEURS DE VARIATION DE LA QUALITÉ DE L'ŒUF



Chapitre VIII

RAPPORT DE STAGE : TRANSFORMATION ET PASTEURISATION DES OEUFES



Chapitre VII

ANALYSES

MICROBIOLOGIQUES

DES ŒUFS FRAIS



Chapitre VI

LES OVOPRODUITS



Conclusion Générale

Bibliographie

Annexes

Recommandations

Résumé

L'œuf et ses dérivés sont des denrées alimentaires qui connaissent une consommation accrue par la population du fait de leurs valeurs nutritives et leurs prix relativement bas par rapport aux autres sources de protéines. Néanmoins, ils peuvent parfois être à l'origine de graves toxi-infections; ce qui nous a poussé à effectuer des analyses bactériologiques par la méthode classique pour les œufs frais et des analyses bactériologiques et physico-chimiques par des méthodes rapides pour les ovoproduits.

Nos résultats ont montré que la qualité bactériologique de nos prélèvements concernant les œufs frais était de qualité satisfaisante (0% de salmonelle) mis à part deux prélèvements où nous avons relevé la présence d'Escherichia Coli (4%). La qualité des ovoproduits était très satisfaisante puisque aucun échantillon n'a présenté de résultats positifs pour l'ensemble des germes recherchés.

Mots clés

Œuf, Toxi-infections, Analyses Bactériologiques, Analyses Physico-chimiques, Ovoproduits, Salmonelle, Escherichia Coli.

Summary

The egg and its derivatives are foodstuffs which know an increased consumption by the population because of their food values and their relatively low prices compared to the other sources of proteins. Nevertheless, they can sometimes be at the origin of serious food-poisonings; which incite us to carry out bacteriological analyses by the traditional method for fresh eggs and bacteriological and physicochemical analyses by fast methods for the egg-products.

Our results showed that the bacteriological quality of our samples concerning fresh eggs were satisfactory (0% of salmonella) except two samples which were contaminated by Escherichia Coli (4%). The quality of the egg-products was very satisfactory since no sample had positive results for the whole of the required germs.

Key words Egg, food-poisoning, bacteriological analysis, physicochemical analysis, egg-products, Salmonella, Escherichia Coli.

ملخص

يعتبر البيض ومشتقاته من بين المواد الغذائية الأكثر استهلاكاً ، نظراً إلى قيمتها الغذائية وسعرها المعقول بالمقارنة مع المواد البروتينية الأخرى ، إلا أنه يمكن أن تكون مصدراً للتسمم الغذائي الخطير على صحة المستهلك.

هذا ما دفعنا إلى القيام بالتحاليل البكتيرية بالتقنيات المتداولة للبيض الطازج. ومن خلال التحاليل البكتيرية الفيزيو كيميائية باستعمال الطرق السريعة لمشتقات البيض تبين لنا و أن النوعية الإجمالية للعينات التي قمنا بتحليلها هي ذات نوعية جيدة ، لعدم وجود " سالمونيلا " بنسبة 0 % باستثناء عينتين أظهرتا وجود بكتيريا من نوع " اشريشيا كولي " بنسبة 4 % . نوعية مشتقات البيض كانت جد مرضية ، وهذا نظراً لعدم وجود أي نتيجة ايجابية للبكتيريا التي كنا نبحث عنها.

مفتاح الكلمات: البيض،

مشتقات البيض، سالمونيلا، اشريشيا كولي تسمم الغذائي، التحاليل البكتيرية ، التحاليل

الفيزيو كيميائية