

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

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

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE  
L'UNIVERS DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



## Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité/Option : Qualité des produits et Sécurité Alimentaire

Thème :

---

---

*Evolution de la fraîcheur des œufs de consommation au cours  
de la conservation.*

---

---

Présenté par :

KAOUECHE Asma  
KAOUECHE Meriem

Devant le jury composé de :

Président	: Dr. YOUNSI Mourad	M.CB	Université de Guelma
Examineur	: Dr. DRIF Fahima	M.C.B	Université de Guelma
Encadreur	: Dr. CHEMMAM Mabrouk	M.C.A	Université de Guelma

Juin 2015

# Dedicaces

*Nous dédions ce « travail »*

*À nous-même : Meriem et Asma.*

*-À nos chère mère Djahida : symbole d'affection, d'amour et de sacrifice avec toute nous reconnaissance.*

*-À nos chér père Rabah : pour son amour, son encouragement et son soutien moral et matériel depuis notre naissance à ce jour.*

*-À nos chers frères : Khaled et Abderahim.*

*-À nos chère sœur : Khawla.*

*-À les cousins et les cousines maternelles et paternelle et surtout Kawtar et Fatima Zahra.*

*-À tous nos collègues de la spécialité et surtout notre chère amie « T. Rania »*

# Remerciements

*Avant tout, nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné la force et le courage pour accomplir ce travail.*

*Au terme de ce modeste travail  
Nous tient à remercier **Mr MABROUK, Chemmam**, qui a accepté de diriger ce travail.*

*Nos reconnaissances, nos vives gratitude et nos sincère remerciements vont à Monsieur le président **YOUNSI Mourad** et Madame l'examinatrice **DRIF Fahima** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leur propositions*

*Ainsi que nos sincères remerciements à tous les enseignants de la spécialité de qualité de produit et sécurité alimentaire.*

# SOMMAIRE

<b>Résumé en France</b>	<b>I</b>
<b>Résumé en anglais</b>	<b>II</b>
<b>Résumé en arabe</b>	<b>III</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>IV</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>V</b>
<b>Liste des photos</b>	<b>VI</b>
<b>Liste des abréviations</b>	<b>VII</b>

Premier partie : étude bibliographique

**Introduction**

## **CHAPITRE I : Physiologie de la formation de l'œuf.**

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
1.1 Formation de l'œuf	<b>3</b>
1.1.1 Au niveau de l'ovaire	
1.1.2 Au niveau de l'oviducte	
1.2 Structure interne de l'œuf	<b>6</b>
1.2.1 Le vitellus	<b>6</b>
1.2.2 L'albumen	
1.2.3 Les membranes coquillières	
1.2.4. La chambre à aire	
1.2.5 La coquille	<b>8</b>
1.2.6 La cuticule	<b>9</b>

## **CHAPITRE II : La qualité de l'œuf de consommation**

2.1. Composition de l'œuf	<b>10</b>
2.1.1 Composition de la coquille	
2.1.2 Composition du blanc	

2.1.3 Composition du jaune	11
2.2 Méthodes d'estimation de la qualité des œufs de consommation	12
2.2.1 Le mirage	13
2.2.2 Le calibrage des œufs	
2.2.3 Estimation de la qualité de la coquille	
2.2.4 Estimation de la qualité de l'albumen	
2.2.5 Estimation de la qualité du vitellus	
2.2.6 Estimation des inclusions	
2.3. Principaux facteurs de variation de la composition de l'œuf	15
2.3.1 Effets de l'âge de la poule	16
2.3.2 Effets de l'origine génétique et de la sélection	
2.3.3 Effets des techniques d'élevage	17
2.3.4 Effets du mode d'élevage	18
2.3.5 Effets de l'alimentation des poules pondeuses	
2.3.6 Effets de la productivité des pondeuses	20
2.3.7 Les résidus de l'œuf	
2.4. Evolution de la composition de l'œuf au cours de sa conservation	21
2.4.1 Dégradation de la qualité interne	
2.4.2 Dégradation de la qualité bactériologique	
2.5. Anomalies de l'œuf	23
2.5.1 Les œufs déformés	
2.5.2 Les œufs sans coquille	
2.5.3 Les œufs clairs	
2.5.4 Les œufs pré fêlés in vivo	24
2.5.5 Les œufs à coquilles crayeuses	
2.5.6 Les œufs à coquilles tachées	
2.5.7 Les œufs à coquilles rugueuses	
2.5.8 Les œufs à double jaune	
2.6. Inclusions présentes dans l'œuf	25
2.6.1 Les taches de sang	
2.6.2 Les taches de viande	

## **CHAPITRE III : Evolution de l'œuf après la ponte.**

3.1. Evolution aseptique ou vieillissement	27
3.1.1. Perte d'eau par évaporation	
3.1.2. Elimination du gaz carbonique	
3.1.3. Echanges osmotiques entre l'albumen et le vitellus	
3.1.4. Réactions enzymatiques	
3.2. Evolution septique	28
3.3. Facteurs accélérant l'évolution de l'œuf	28

## **CHAPITRE IV : Principes actifs et propriétés de l'œuf de poule.**

4.1. Les minéraux	30
4.2. Les pigments du jaune	
4.3. Les protéines	31
4.4. Les vitamines	32
4.5. Les lipides	33
4.6. Les œufs omega-3	
4.7. Les vertus thérapeutiques des œufs	

## **CHAPITRE V : réglementation des œufs en coquille destinée à la consommation humaine.**

35

## **CHAPITRE VI : Les ovoproduit.**

6.1. Les différentes catégories d'ovo produits	38
6.1.1 Les ovo produits liquides	
6.1.2 Les ovo produits congelés	39
6.1.3 Les ovo produits séchés	
6.1.4 Les ovo produits concentrés	
6.2. Composition des ovo produits	
6.3. Propriétés fonctionnelles des ovo produits	40
6.3.1 Pouvoir anti- cristallisant	

6.3.2 Pouvoir foisonnant	
6.3.3 Pouvoir aromatique...	
6.3.4 Pouvoir colorant	
6.3.5 Pouvoir émulsifiant	
6.3.6 Pouvoir coagulant	
6.3.7 Pouvoir liant	
6.4 Les différentes technologies appliquées aux ovo produits.	<b>41</b>
6.4.1 Le cassage des œufs	
6.4.2 La pasteurisation des ovo produits	<b>42</b>
6.4.3 La congélation des ovo produits	
6.4.4 Le séchage des ovo produits	
6.4.5 Les ovo produits concentrés	<b>45</b>
6.4.6 Rôles des additifs utilisés	<b>45</b>

## **CHAPITRE VII : l'œuf et salmonella**

7.1 Epidémiologie	<b>46</b>
7.1.1-volailles	
7.1.2-La salmonellose chez l'homme	<b>47</b>
7.2-Les sources de contamination	<b>48</b>
7.2.1 Pour les volailles	
7.2.2chez les humains	<b>49</b>
7.3-La pathogénèse de l'infection à salmonella chez la volaille	<b>50</b>
7.4-La contamination des œufs	<b>51</b>
7.4-1La contamination de la surface de l'œuf et la pénétration à travers la coquille	<b>52</b>
7.4-2Contamination de l'œuf pendant sa formation	
7.5-Mesures de prévention et de contrôle	<b>53</b>
7.5-1Mesures à prendre au niveau de la production	
7.5-2Mesures à prendre au niveau de la commercialisation et la consommation	<b>56</b>

## **CHAPITRE VIII : Conservation des œufs**

8.1-Au réfrigérateur	<b>57</b>
8.2-Au congélateur	<b>57</b>

## Deuxième partie : étude expérimentale

### CHAPITRE I : Matériels et méthodes

<b>1.1. Matériel biologique</b>	<b>58</b>
a. Œufs frais	
b. Œufs de commerce	
<b>1.2. Contrôles et mesures</b>	<b>58</b>
a. Examen avant cassage de l'œuf	
b. Examen après cassage de l'œuf	<b>59</b>

### CHAPITRE II : Résultats et discussion

<b>2.1. Examen avant cassage de l'œuf</b>	<b>62</b>
a. Examen visuel de la coquille	
<b>2.2. Examen après cassage de l'œuf</b>	
a. les milieux internes de l'œuf	<b>62</b>
b. Examen visuel de la structure de l'œuf dur	<b>65</b>
c. Mesure de l'indice vitellinique	<b>69</b>
d. Mesure de l'albumen	<b>70</b>

## CONCLUSION

## Références bibliographiques

## ***LISTE DES TABLEAUX***

Tableau N° 01 : Les dimensions moyennes de l'œuf de poule.	5
Tableau N° 02 : Proportions des différentes parties de l'œuf de poule.	6
Tableau N° 03 : Composition moyenne d'un œuf de poule en % de poids.	10
Tableau N° 04 : Composition des parties comestibles d'un œuf de poule de 60g.	10
Tableau N° 05 : Composition du vitellus en % de matière sèche.	11
Tableau N° 06 : Principales protéines du blanc en % de matière sèche.	11
Tableau N° 07 : Composition centésimale du jaune d'œuf de poule en pourcentage de matière sèche.	12
Tableau N° 08 : Quantités absolues de protéines et de lipides dans un jaune d'œuf de poule de 60 g.	12
Tableau N° 09 : Acides gras principaux du jaune en p.100 des acides gras totaux.	12
Tableau N° 10 : Les différentes catégories des œufs de poule.	14
Tableau N° 11 : Evolution de quelques critères de qualité avec l'âge des poules pondeuses.	16
Tableau N° 12 : Effets de la sélection sur la composition de l'œuf.	16
Tableau N° 13 : Besoins journaliers en production par poule.	20
Tableau N° 14 : Besoins de la poule en minéraux et vitamines.	20
Tableau N° 15 : Les nutriments les plus importants dans l'œuf.	30
Tableau N° 16 : Teneurs de l'œuf en minéraux.	30
Tableau N° 17 : Teneurs de l'œuf en acides aminés.	31
Tableau N° 18 : Teneurs de l'œuf en vitamines.	32
Tableau N° 19 : Réglementation Européenne sur les œufs de consommation.	35

Tableau N°20 : Normes qualitatives de commercialisation des œufs destinés à la consommation humaine.	36
Tableau N° 21 : Composition moyenne des ovo produit congelés et déshydratés Pour 100g de produit.	40
Tableau N° 22 : Nombre de bactéries trouvées dans les ovo produits congelés pasteurisés.	43
Tableau N° 23 : Proportions d'eau et de matières sèches dans les ovo produits liquides.	44
Tableau N°24 : Présence de Salmonella Enteritidis et de Salmonella Typhimurim chez les poules reproductrices en Belgique.	47
Tableau N°25 : mesure de l'indice vitellinique (Iv) en fonction de l'âge et de la température.	69
Tableau N°26 : l'indice vitellinique des œufs du Commerce.	69
Tableau N°27 : mesure de l'albumen des œufs conservé à 10c°.	70
Tableau N°28 : mesure de l'albumen des œufs conservé à 15c°.	71
Tableau N°29 : mesure de l'albumen des œufs conservé à 4c°.	71
Tableau N°30 : mesure de l'albumen des œufs conservés à température ambiante.	72
Tableau N°31 : mesure de l'albumen des œufs conservés au réfrigérateur.	72

## *Liste des figures*

Figure N° 1 : Principaux constituants de l'œuf.	5
Figure N° 2 : Œuf sans coquille.	23
Figure N° 3 : Méthode de codage des œufs.	36
Figure N° 4: Œuf pourvu d'un code d'identification selon la législation européenne.	37
Figure N° 5 : Méthode de séparation du blanc et du jaune.	42
Figure N°6: Pathogénèse d'une infection à Salmonella .	51
Figure N°7 : l'indice vitellinique en fonction de l'âge et la température.	69
Figure N° 8 : indice vitellinique des œufs du commerce.	70
Figure N°9 : mesures de l'albumen en fonction de l'âge et température.	71

## *Liste des photos*

Photo 1 : Œuf à double jaune.	25
Photo 2 : Œuf taché de sang.	25
Photo 3 : Etalement de l'œuf après cassage.	59
Photo4 : structure de l'œuf dur.	60
Photo5 : étalement de l'albumen dans le 1 <sup>er</sup> jour.	62
Photo6 : l'étalement de l'albumen dans le 25 <sup>ème</sup> jour.	63
Photo7 : homogénéisation de l'albumen.	63
Photo8 : ralentissement de l'étalement de l'albumen.	64
Photo9 : l'œuf de l'âge de moins de 10 jours.	65
Photo10 : l'œuf de l'âge de plus de 30jours.	65
Photo11 : Œuf dur entre le 1 <sup>er</sup> jour à 10jours.	66
Photo12 : œuf dur enter le 15eme jour et 20eme jours.	66
Photo13 : œuf dur enter le 15 <sup>ème</sup> jour et 30 <sup>ème</sup> jours.	67
Photo14 : œuf dur enter le 1 <sup>er</sup> jour et 15 <sup>ème</sup> jours.	67
Photo15 : œuf dur entre le 15 <sup>ème</sup> jours à 25jours.	68
Photo16 : œuf dur à 30 <sup>ème</sup> jours.	68

## *Liste des abréviations*

AAL : **A**cide **A**lpha-**L**inolénique

AFSCA : **A**gence **F**édérale pour la **S**écurité de la **C**haîne **A**limentaire

CE : **E**uropean **C**ommission

EDS : **E**gg **D**rop **S**yndrome

IV : **I**ndice **V**itellinique

O.M.S : **O**rganisation **M**ondiale de la **S**anté

TIAC : **T**oxi-**I**nfections **A**limentaires **C**ollectives

TIAC : **T**oxi-**I**nfections **A**limentaires **C**ollectives

VB : **V**aleur **B**iologique

S : **S**almonella

VCS : **V**acuole **C**ontenant des **S**almonella

## Résumé

L'œuf est une denrée alimentaire périssable. Les producteurs, commerçants et les consommateurs utilisent diverses méthodes de stockage. Nous avons mené une étude pour examiner l'évolution de la fraîcheur des œufs de consommation dans les conditions de conservation.

Examen visuel des milieux internes de l'œuf et l'examen de la structure de l'œuf dur, la mesure de diamètre de l'albumen et l'indice vitellinique ont été utilisés pour suivre l'évolution de la fraîcheur des œufs conservés, pendant 30 jours. Il ressort de cette étude que la réfrigération est le meilleur moyen de conservation des œufs. Les œufs entreposés à température ambiante, quant à eux, subissent une dégradation continue, remarquable au bout de 8 jours.

## **Abstract**

Egg is a perishable foodstuff. The producers, tradesmen and the consumers use various methods of storage. We conducted a study to examine the evolution of the freshness of eggs for consumption under the conditions of conservation.

Visual examination of the internal mediums of egg and the examination of the structure of hard-boiled egg, the measurement of diameter of endosperm and the vitellinique index used to follow the evolution of the freshness of eggs preserved, during 30 days. It comes out from this study that the refrigeration is the best means of conservation of eggs. The eggs stored with room temperature, as for them, undergo a continual, remarkable degradation at the end of 8 days.

### ملخص

البييض هو مادة غذائية قابلة للتلف. المنتجين والتجار والمستهلكين استخدموا مختلف أساليب والطرق للتخزين. لقد أجرينا دراسة لاختبار تطور نضارة بييض المائدة في ظروف التخزين.

الفحص البصري للوسط الداخلي للبيضة والفحص الهيكلي للبيضة المسلوقة، وقياس قطر السويداء ومؤشر صفار البيض، كل هاته الفحوص من اجل مراقبة نضارة البيض المحفوظ لمدة 30 يوماً. ويبدو من هذه الدراسة أن التبريد هو أفضل وسيلة او طريقة لحفظ البيض. في المقابل البيض المخزن في درجة حرارة الغرفة تطراً عليه تغيرات ملحوظة بعد 8 أيام.

# INTRODUCTION

L'œuf est connu depuis toujours comme un aliment d'une grande valeur nutritive, facile à digérer, et très utilisé en diététique humaine ; il convient donc d'exposer les connaissances acquises sur l'œuf tant sur le plan de la reproduction que sur le plan de la consommation. En effet, de part sa composition riche et variée, ce produit a pris un tel essor qu'il devient impératif de fournir des œufs de bonne qualité exempts de toute bactérie pathogène pouvant conduire à des toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) souvent graves.

La bactérie *Salmonella* constitue la cause majeure des infections du tractus digestif humain, liées à la consommation de denrées alimentaires d'origine animales. Parmi ces denrées, les produits de viande de volaille et, en particulier, les œufs sont fortement impliqués. Malgré les efforts des producteurs, le taux de contamination de la volaille vivante par *Salmonella* reste toujours très élevé. Le sérotype Enteritidis est actuellement le plus répandu dans le secteur avicole.

*Salmonella* peut infecter non seulement la coquille de l'œuf, mais aussi l'intérieur par transmission verticale au niveau des ovaires et de l'oviducte de la poule. On estime qu'actuellement jusqu'à 1 œuf sur 10 000 serait contaminé à l'intérieur de la coquille et qu'un mélange de 500 œufs représenterait un risque de 1 sur 20, puisqu'un seul œuf peut contaminer tout le mélange.

Les méthodes de production planifiée et des procédures efficaces de contrôle de la qualité permettent de limiter la variation des œufs en triant les œufs proposés au consommateur (« œuf coquille » également appelé « œuf de table ») ; elles sont donc fondamentales pour un marketing performant.

Les mesures de qualité de l'œuf ne devraient pas se limiter à informer le consommateur sur les caractéristiques macroscopiques (calibre) et l'origine de l'œuf (n° d'identification, date de ponte). Les mesures non destructives, aussi bien que destructives, peuvent en effet permettre la sélection d'œufs offrant une sécurité accrue et donc une meilleure garantie de qualité pour le consommateur. Ces mesures peuvent par ailleurs aider les producteurs, car elles fournissent des informations sur les performances globales de production incluant la qualité du produit et donc sur la gestion de l'élevage (état de santé du troupeau, conditions environnementales de l'élevage...).

C'est pour ces raisons que nous avons choisi de traiter ce sujet intitulé : « évolution de la fraîcheur des œufs de consommation au cours de la conservation ».

Ce travail est divisé en deux parties :

- ❖ la première est une synthèse bibliographique, elle présente successivement la structure et les caractéristiques des œufs, qualité des œufs de consommation et source de contamination de œuf.
- ❖ la deuxième partie rapporte l'étude expérimentale à travers le matériel et la méthodologie utilisés, les résultats, la discussion.

## **1.1. Formation de l'œuf**

### **1.1.1 Au niveau de l'ovaire**

L'ovaire est constitué par une glande unique, en grappe appendue sur le côté gauche le long de la ligne médiane de la cavité abdominale. La surface de cette glande est parsemée d'une granulation de follicules ovariens, dont chacun est destiné à constituer un œuf. Le nombre de ces follicules correspond au total d'œufs que pondra la poule au cours de son existence.

Il se chiffre en moyenne à 600, il peut s'échelonner jusqu'à 1000 (Michaux, 2005).

En période de ponte, la grappe ovarienne devient énorme et les follicules à des degrés divers de maturité apparaissent sous la forme bien connue du «jaune d'œuf» (Villate, 1997).

### **1.1.2 Au niveau de l'oviducte**

Entre l'ovulation ou émission de l'ovule et la ponte s'écoulent de 24 à 26 heures pendant lesquelles se formeront les membranes et coquilles de l'œuf. L'oviducte de poule présente plusieurs régions ayant chacune un rôle précis :

#### **1.1.2.1 L'infundibulum**

C'est à ce niveau que se déroule la fécondation si des spermatozoïdes sont présents, par des mouvements péristaltiques, l'ovule est capté à ce niveau puis franchit l'endroit en une vingtaine de minutes (Tétry ; Crimail , 1981).

#### **1.1.2.2 Le magnum**

C'est une région contournée et glandulaire, l'œuf y entre selon un grand axe et y demeure 3 heures. Il y entoure de fibres de mucine et d'albumen très dense ; la couche de blanc qui se forme ainsi est plus mince en direction du cloaque : ce sera le petit bout de l'œuf. La formation de l'albumen ou blanc commence par le dépôt de protéines visqueuses qui au fur et à mesure de la descente de l'œuf et du fait des mouvements de rotation vont prendre une disposition spiralée ; les chalazes (Tétry ; Crimail, 1981).

#### **1.1.2.3 L'isthme**

Il est moins contourné et reçoit l'œuf durant 01 heure pendant laquelle se déposent les fibres de kératine qui formeront la double membrane coquillière. Ces dernières sont encore plissées à la sortie de l'isthme, elles sont accolées sur toute leur surface à l'exception de « la chambre à air » (Tétry ; Crimail 1981).

#### **1.1.2.4 L'utérus**

L'œuf y séjournera de 20 à 22 heures, à ce niveau l'albumen est achevé par imbibition (les 50-60% restants), il y a apport d'une solution saline qui hydrate l'albumen et lui donne son volume définitif.

Les membranes coquillières sont formées en 03 couches successives :

- une couche mamillaire.
- une couche spongieuse.
- une couche cuticulaire qui peut fixer des pigments.

La coquille minéralisée se dépose, elle est composée de sels de calcium d'où l'apport important de calcium au moment de la ponte (Wolff E cité par Tétry ; Crimail, 1981).

### **1.1.2.5 Le vagin**

L'œuf y séjourne environ un quart d'heure, il assure le transit de l'œuf vers l'extérieur lors de l'oviposition (ponte).

L'évagination de cette dernière portion évite le contact direct avec les parois du cloaque et les souillures d'origine fécale (Tétry ; Crimail, 1981).

## **1.2 Structure interne de l'œuf**

L'œuf d'oiseau se caractérise par l'abondance des éléments de réserve, le jaune s'élabore au niveau de l'ovaire et le blanc et la coquille se forment autour de l'œuf pendant le passage dans l'oviducte. L'accroissement de l'ovocyte est rapide, en effet une semaine avant l'ovulation chez la poule, son poids passe de 0.2g à près de 16g, le diamètre augmente chaque jour de 04mm.

La croissance est continue ; pendant la nuit le vitellus contenant d'avantage de protéines et d'eau que de lipides forme des couches minces de vitellus clair ; dans la journée l'alimentation apportant des lipides et des pigments caroténoïdes ; il se dépose alors des couches épaisses de vitellus jaune (Gallien cité par Tétry ; Crimail, 1981).

Dans la partie centrale où se trouvait la vésicule germinative, le premier vitellus clair élaboré forme la latebra. La vésicule germinative entourée d'un peu de cytoplasme pur étant plus légère glisse vers la surface de l'œuf et l'ensemble constituera la cicatricule ou disque germinatif, la trace de ce déplacement est marquée par une traînée depuis la latebra jusqu'à un épaississement : le noyau de Pander. (Rostand J cité par Tétry ; Crimail, 1981). Les dimensions moyennes d'un œuf de poule sont résumées dans le tableau 1.

Tableau1 : Les dimensions moyennes de l'œuf de poule (web1, 2003)

poids	Grand axe	Petit axe	Grande circ.	Petite circ.	Volume	Surface
60g	5,8cm	4,2cm	16cm	13cm	55cm <sup>2</sup>	70cm <sup>2</sup>

Les principales parties de l'œuf sont dans l'ordre de leur dépôt (de l'intérieur vers l'extérieur) :

- le vitellus (ou "jaune").
- l'albumen (ou "blanc").
- les membranes coquillières.
- la coquille. Se conférer figure1.

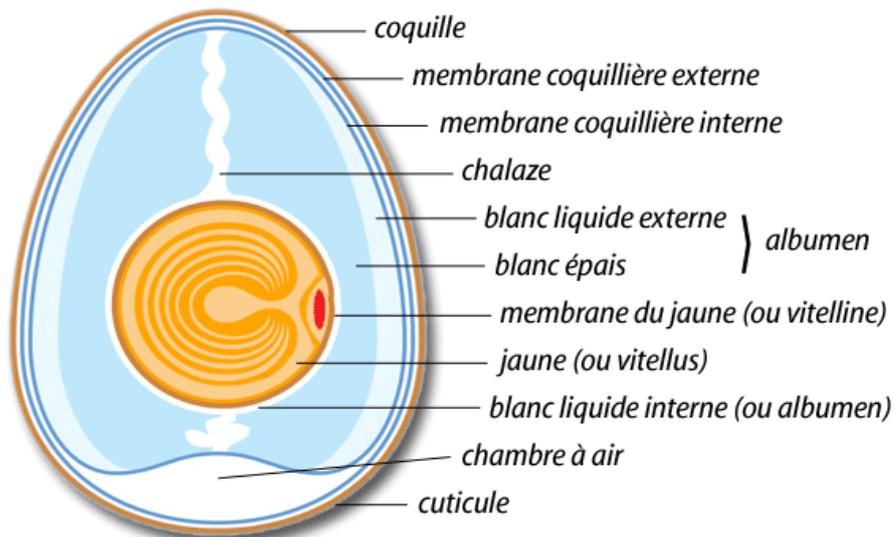


Figure 1 : Principaux constituants de l'œuf (web 2, 2000)

Les parts pondérales relatives de ces constituants de l'œuf de poule sont : coquille 9,5%, albumen 61,5%, vitellus 29%. Se conférer tableau 2.

Tableau2 : Proportions des différentes parties de l'œuf de poule (Sauveur, 1988).

Parties de l'œuf	Poids (g)	En % de l'œuf total	
	Moyennes	Moyenne	Extrêmes (°)
Coquille	5,50	9,1	8,5 -10
Membranes coquillières	0,25 :5,75	0,4 :9,5	
Blanc	37	61,5	57-65
Jaune	17,3	29	25-33
Sous-total : parties comestibles	54	90,5	89-92
Total	60	100	

### 1.2.1 Le vitellus

Le vitellus ou "jaune" est constitué d'environ 50% d'eau et 50% de solide dont 99% sont des protéines et des lipides. Les 3/5 de ces protéines sont des lipo- et phosphoprotéines. Le vitellus est également très riche en cholestérol. Rappelons que ces protéines sont d'origine hépatique et constituent la principale source nutritive de l'embryon. Son origine hépatique explique l'importance de l'alimentation tant pour la qualité et la quantité que pour la couleur du vitellus (web 1, 2003).

Le vitellus est limité par la membrane plasmique de l'ovocyte, lui-même contenu à l'intérieur d'une très fine membrane cellulaire transparente appelée membrane vitelline. Elle est très résistante et perméable à l'eau et aux sels. Elle est composée de 4 couches successives dont les deux plus internes sont d'origine ovarienne (la zona radiata et la couche périvitelline) et les deux plus externes synthétisées par l'infundibulum. A la surface du vitellus est visible un petit disque blanc : le blastodisque; lieu de division des cellules embryonnaires. Lorsque l'œuf est fécondé le blastodisque porte le nom de blastoderme (Anonyme 1, 2003) Le reste de la surface du jaune présente normalement une couleur jaune - orange sans tâche visible. Au centre se trouve la petite masse sphérique du vitellus blanc (centre de la latébra) réunie par une mince colonne (col de la latébra) à un disque conique (disque de la latébra) situé sous le blastodisque. C'est la trace de la migration du noyau de l'ovocyte (web 1, 2003).

### 1.2.2 L'albumen

L'albumen ou "blanc" n'est pas un milieu homogène, mais résulte de la juxtaposition de quatre zones distinctes physiquement (web 1, 2003).

**1.2.2.1 L'albumen liquide externe**

Il représente 23% du volume total et se trouve au contact de la membrane coquillière interne, c'est la portion qui s'étale rapidement lorsque l'œuf est cassé.

**1.2.2.2 L'albumen épais ou dense**

Il représente 57% du volume total. Il est attaché aux deux extrémités de l'œuf et se présente sous la forme d'un gel. Cet albumen épais a tendance à perdre sa structure au cours du temps ; un œuf frais pondu (quelques jours) s'étalera moins Lorsqu'il est cassé qu'un œuf pondu quelques semaines auparavant.

**1.2.2.3 L'albumen liquide interne**

Il représente 17% du volume total, il est enfermé entre le blanc épais et le vitellus.

**1.2.2.4 Les chalazes**

Ils représentent 3% du volume total, ce sont des sortes de filaments spiralés rattachant le vitellus aux deux extrémités de l'œuf. Ils assurent la suspension du vitellus au centre de la coquille.

Leur aspect torsadé provient de la progression en spirale de l'œuf dans le tractus génital et leur rupture conduit à des adhérences du vitellus à la membrane coquillière interne. Ces adhérences peuvent gêner, voire interrompre le développement embryonnaire. C'est pour cette raison, que la poule retourne régulièrement ses œufs durant l'incubation (une opération également réalisée par les couveuses automatiques) (web 1, 2003)

**1.2.3 Les membranes coquillières**

Les deux membranes coquillières ont une épaisseur totale de 70  $\mu\text{m}$  (20  $\mu\text{m}$  pour la membrane interne et 50  $\mu\text{m}$  pour la membrane externe). Chacune est formée d'une superposition de couches de fibres protéiques entrecroisées synthétisées par l'isthme. Elles sont fortement adhérentes l'une à l'autre sauf au niveau de la chambre à air qui n'existe pas au moment de la ponte mais qui apparaît par la suite lorsque le refroidissement de l'œuf après la ponte entraîne une légère contraction de ses constituants (web 1, 2003)

**1.2.4. La chambre à air**

La chambre à air n'existe pas au moment de la ponte de l'œuf, mais apparaît immédiatement après le refroidissement entraînant une légère contraction de son contenu. Le volume de la chambre à air augmente avec la durée et les conditions de conservation.

### 1.2.5 La coquille

La coquille a une épaisseur comprise entre 300 et 400  $\mu\text{m}$ . Elle est composée d'une trame protéique sur laquelle se déposent des cristaux de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ).

Cette trame protéique est synthétisée par l'utérus et comprend deux zones : (web 1, 2003)

#### 1.2.5.1 La couche mamillaire

C'est une juxtaposition de protubérances coniques (mamelons) dont la pointe est constituée de fibres très entremêlées avec celles de la membrane coquillière externe. Ceci permet d'assurer l'adhérence de la coquille à la membrane coquillière externe. Au centre de chaque mamelon se trouve un nodule protéique bien individualisé, le noyau mamillaire, sur lequel débute la calcification (web 1, 2003)

#### 1.2.5.2 La couche spongieuse

C'est un réseau de fibres protéiques disposées parallèlement à la surface de l'œuf. La partie minérale de la coquille peut être divisée de la même façon en 04 couches :

- Le capuchon basal des cristaux : c'est la partie minérale qui entoure le noyau mamillaire. Elle y est accrochée par une association de type "bouton pression" et est la première à se déposer.
- La couche des cônes cristallins : c'est la partie qui poursuit le capuchon basal vers l'extérieur. Elle se dépose sur les fibres de la couche mamillaire.
- La couche palissadique : La calcification se poursuit vers l'extérieur Cette couche présente un développement linéaire parallèle à la surface de l'œuf et se dépose sur les fibres de la couche spongieuse.
- La couche amorphe : C'est une fine couche minérale qui se dépose à l'extérieur de la couche palissadique. Elle ne possède aucune trame protéique et est formée en partie de phosphate tricalcique. La distribution des noyaux mamillaires engendre des défauts linéaires de Calcification.

Les pores Ils sont plus particulièrement nombreux au gros pôle de l'œuf où se forme la chambre à air. Ils assurent la respiration de l'embryon durant son développement.

Le calcium nécessaire à la constitution de la coquille provient des ions  $\text{Ca}^{++}$  du sang. La calcémie augmente en période de ponte (de  $\pm 100$  à  $250 \text{ mg/litre}$ ) sous l'effet des œstrogènes.

Ces ions  $\text{Ca}^{++}$  proviennent de la mobilisation du calcium lié aux protéines sanguines et du calcium osseux mais surtout du calcium alimentaire dont l'efficacité de l'absorption intestinale

est augmentée. La coquille renferme 1,6% d'eau et 3,3% de protéines. La partie minérale (95,1%) est essentiellement composée de carbonate de calcium :  $\text{CaCO}_3$ .

La pigmentation de la coquille est assurée par des pigments dérivés de l'hémoglobine.

Les ooporphyrines : Ce sont les cellules de l'utérus qui les élaborent et les déposent sur la coquille (minoritairement au sein de la couche palissadique et plus abondamment au niveau de la couche amorphe et de la cuticule).

Le contrôle de la couleur et de la distribution de ces pigments est génétique et est souvent une caractéristique d'espèce. Contrairement à la croyance populaire, la valeur nutritive d'un œuf de poule coloré est, à poids égal, identique à celle d'un œuf blanc (web 1, 2003).

### **1.2.6 La cuticule**

Toute la surface de l'œuf est recouverte d'une cuticule organique sécrétée par l'utérus, elle possède une épaisseur de moins de 10  $\mu\text{m}$ , elle limite les pertes d'eau de l'œuf (web 1, 2003).

## 2.1. Composition de l'œuf :

### 2.1.1 Composition de la coquille

Elle renferme 1.6% d'eau et 3.3% de protéines qui constituent sa trame, la partie minérale qui représente 95.1% est essentiellement composée de carbonate de calcium (93.6%) sous forme de calcite ainsi que du carbonate de magnésium et du phosphate tricalcique (0.8% chacun) Se conférer tableau 3.

Tableau 3: Composition moyenne d'un œuf de poule en % de poids (Gilbert,1971 cité par Protais,1988).

	Coquille	Albumen	Vitellus
Eau	1	88,5	47,5
Protéines	4	10,5	17,4
Lipides	-	-	33,0
Glucides	-	0,5	0,2
Minéraux	95	0,5	1,1
Autres	-	-	0,8

### 2.1.2 Composition du blanc

Le blanc d'œuf est composé presque exclusivement d'eau et de protéines avec quelques minéraux, en effet 90% de la matière sèche sont représentées par des protéines. Se conférer tableau 4 et tableau 5.

Tableau 4 : Composition du vitellus en % de matière sèche (Gilbert, 1971 cité par Protais , 1988)

Protéines	33-34%	Lipides	62-63%
-Livétines	10%	-Triglycérides	40%
-Phosvitine	4%	-Phospholipides	19%
-HDL (Vitelline)	12%	-Cholestérol	2.5-3%
-LDL (Vitellénine)	7.25%		

Tableau 5 : Principales protéines du blanc en % de matière sèche (Gilbert, 1971 cité par Protais, 1988).

Protéine	Quantité	Propriétés
Ovalbumines	54.0	Dénaturées par la chaleur, elles acquièrent une grande rigidité après chauffage.
Les conalbumines	13.0	Elles fixent le fer sur les flavoprotéines
Les ovomucoïdes	11.0	Ce sont des inhibiteurs de la trypsine
Les ovoglobulines	8.0	Elles permettent la formation de mousse lorsque les œufs sont battus en neige.
Le lysozyme	3.5	Il est responsable de la formation de la mousse après battage et responsable de la structure en gel du blanc épais.
L'ovomucine	1.5-2.9	Elle est responsable de la structure en gel du blanc épais avec le lysozyme.
La flavoprotéine	0.8	Responsable de la saveur.
L'avidine	0.05	C'est une anti-biotine mais à l'état cru seulement.

NB : Sur le plan biochimique, toutes ces protéines sont des glycoprotéines acides à l'exception de l'avidine qui est une glycoprotéine basique et du lysozyme qui est une holoprotéine basique (Sauveur, 1988).

Le blanc d'œuf renferme également du glucose libre qui est la première source d'énergie utilisable par l'embryon (Sauveur, 1988) Se conférer tableau 6

Tableau 6 : Composition des parties comestibles d'un œuf de poule de 60 g (Sauveur, 1988)

	En g par œuf			En g par 100g de chaque partie		
	Entier	Blanc	Jaune	Entier	Blanc	Jaune
Total	53,5-55	35-37	17-18,5	100	100	100
Eau	39,5-41,5	30-33	8,0-9,2	74,0-75,5	87,0-89,0	46,5-49,0
Matière sèche	13 - 14,3	3,8 - 4,5	8,7 - 10,0	24,5 - 26,0	11,0 - 13,0	51,0 - 53,5
Protéines	6,4 - 7,0	3,3 - 4,0	2,7 - 3,2	12,0 - 12,8	9,5 - 11,5	16 - 17
Lipides	6,1 - 6,9	--	6,0 - 6,8	11,8 - 12,3	--	33 - 34
Saturés	2,3 - 2,5	--	2,1 - 2,4	4,3 - 4,5	--	11,2 - 11,7
Insaturés	3,5 - 4,0	--	3,3 - 3,8	6,7 - 7,0	--	18,2 - 19,0
Cholestérols	0,24 - 0,27	--	0,24 - 0,27	0,47 - 0,50	--	1,31 - 1,38
Glucides	0,15 - 0,20	0,12 - 0,16	0,03 - 0,05	0,3 - 0,4	0,4 - 0,5	0,15 - 0,25
Cendres	0,45 - 0,55	0,16 - 0,24	0,2 - 0,3	0,8 - 1,0	0,5 - 0,7	1,1 - 1,6
Calories	88 - 95	14 - 18	74 - 80	160 - 180	40 - 55	380 - 400

### 2.1.3 Composition du jaune

Le jaune d'œuf est essentiellement composé de lipides et de protéines. Ces derniers doivent être considérés ensemble, tous les lipides (phospholipides et triglycérides) sont associés à au moins

02 protéines (vitelline et vitellénine). Les lipides du jaune sont représentés à 65-70% de graisses neutres (triglycérides) et à 25-30% de phospholipides. Se conférer tableau 7 et tableau 8.

Tableau 7 : Composition centésimale du jaune d'œuf de poule en pourcentage de matière sèche (Sauveur, 1988).

Glucose libre	0,4
Minéraux	2,1
Vitamines	1,5
Lipides	63
Protéines : dont	33
Livétines	4 à 10
Phosvitines	5 à 6
Vitelline	4 à 15
Vitellénine	8 à 9

Tableau 8 : Quantités absolues de protéines et de lipides dans un jaune d'œuf de poule de 60 g (Sauveur, 1988)

Protéines : 3,2 g		Lipides : 6,4 g	
Dont :		Dont :	
Livétines (hydrosolubles)	0,4 à 1,0	Triglycérides	4,1
Phosvitines	0,5	Phospholipides	1,9
Vitellines (dans H.D.L)	0,4 à 1,5	Cholestérol	0,25
Vitellénine (dans L.D.L)	0,9	Vitamines	0,13

La composition en acides gras de ces lipides peut varier légèrement en fonction de la nature de l'aliment ingéré par la poule, mais il faut quand même souligner que les phospholipides sont plus riches en acides gras insaturés, mais que les acides gras saturés contenus dans les triglycérides représentent la fraction la plus constante (Sauveur, 1988) Se conférer tableau 9.

Tableau 9 : Acides gras principaux du jaune en p.100 des acides gras totaux (Sauveur, 1988)

Acides gras saturés (palmitique – stéarique)	35-40 (assez constant)
Acides gras mono – insaturés (oléique et palmitique)	40-50 (peu constant)
Acides gras di-insaturés (linoléique)	10-40 (peu constant)
Acides gras poly-insaturés	3-4 (assez constant)

## 2.2. Méthode d'estimation de la qualité des œufs de consommation

La qualité des œufs de consommation va dépendre dans un premier temps du poids des volailles atteint à la fin de la période d'élevage, et surtout de l'uniformité du troupeau de pondeuses.

Un élevage de poules pondeuses arrivé en période de maturité sexuelle en même temps va donner des œufs d'une qualité constante.

Ainsi, il est important que l'uniformité individuelle des volailles s'approche du poids moyen du troupeau et il est souhaitable que 80% des poules aient un poids individuel qui ne s'écarte pas du poids moyen du troupeau dans une proportion de 10% (web 3, 2004).

### **2.2.1 Le mirage**

Les œufs sont classés et commercialisés en fonction de leur qualité au mirage d'une part, et de leur poids d'autre part.

Le mirage permet d'observer :

- 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 (taches de sang et/ou de viande)

Durant cette manipulation, les œufs présentant des coquilles fêlées, tachées de sang ou de déjections seront déclassés ou écartés et destinés aux casseries (Protais , 1988).

### **2.2.2 Le calibrage des œufs**

C'est la génétique qui généralement détermine le poids d'un œuf, cependant on peut dans une certaine mesure agir sur le poids de l'œuf pour répondre aux besoins particuliers du marché. Ainsi, certains éléments de contrôle méritent une attention particulière :

#### **a. Le poids à maturité**

Plus la poule est lourde à la ponte de son premier œuf, plus les œufs seront gros sa vie durant. Afin d'optimiser le poids des œufs, il ne faut jamais stimuler le lot avant que le poids de la poule n'atteigne 1550-1600 g (web 3, 2004).

#### **b. La maturation sexuelle**

Le poids moyen de l'œuf augmente lorsqu'on retarde la maturation sexuelle. On peut se servir de l'éclairage pour agir sur la maturation sexuelle, en effet une diminution progressive de l'éclairage durant la croissance retardera le processus de maturité et augmentera en moyenne la grosseur de l'œuf (web 3, 2004).

### c. La nutrition

Le poids de l'œuf est grandement influencé par la consommation de protéines brutes, d'acides aminés spécifiques tels que la méthionine et la cystine, d'énergie, et des acides gras essentiels tels que l'acide linoléique. On augmentera en conséquent la quantité de ces éléments nutritifs afin d'améliorer le poids des œufs pondus précocement, et en contrepartie, on en diminuera la consommation pour exercer un contrôle sur les œufs pondus tardivement (web 3, 2004).

Dans le commerce, les œufs de poule sont répartis en catégories de poids et par conséquent de taille. Se conférer tableau 10

Tableau 10 : Les différentes catégories des œufs de poule (web 1, 2003)

Catégorie	Poids (grammes)
A+	> 70 g
A	65 - 70 g
B	60 - 65 g
C	55 -60 g
D	< 55 g

Seules les trois catégories supérieures sont généralement proposées au consommateur, les deux dernières sont utilisées par l'industrie alimentaire (biscuiteries, plats préparés, ...) Les œufs de la catégorie A ou frais doivent présenter les particularités suivantes :

- avoir une chambre à air immobile dont la hauteur ne dépasse pas 6mm (les œufs extra frais A+ présentent une chambre à air dont la hauteur est inférieure à 04mm).
- répondre à un certain nombre de caractères concernant la coquille, la cuticule, le blanc, le jaune et le germe.
- n'avoir subi aucun nettoyage avec un procédé sec ou humide.
- n'avoir subi aucun traitement de conservation.
- avoir été stockés à une température d'au moins 08°C, ils peuvent être maintenus à une température moindre si la durée du séjour ne dépasse pas les 03 jours (Protais, 1988).

#### 2.2.3 Estimation de la qualité de la coquille

Quatre paramètres permettent d'apprécier la qualité de la coquille, ce sont la propreté, la couleur, la solidité et la forme :

- ✓ La propreté est mesurée par le pourcentage d'œufs sales c'est à dire présentant des souillures d'origine intestinale (fèces), génitale (taches de sang) ou poussières.

- ✓ La couleur de la coquille est appréciée au gros bout de l'œuf à l'aide d'un réflectomètre.
- ✓ La forme de la coquille est représentée par un indice de forme qui correspond au rapport (largeur/longueur)  $\times 100$ , il varie entre 65 pour un œuf allongé et 82 pour un œuf arrondi (Protais, 1988).
- ✓ La solidité de la coquille peut être appréciée soit en exerçant une force ne provoquant pas la rupture de la coquille (méthode indirecte), soit en exerçant une force entraînant la fracture de la coquille (méthode directe). Les méthodes non destructives sont les plus employées, mais dans les 02 cas on cherche à évaluer le taux de casse des œufs (Hamilton, 1982 cité par Protais, 1988).

#### **2.2.4 Estimation de la qualité de l'albumen**

La qualité de l'albumen est en général estimée par les unités Haugh qui traduisent la relation existant entre l'albumen dense et la qualité du blanc

Le pH de l'albumen se situant entre 7.8 et 8.2 le lendemain de la ponte, il croit avec le vieillissement de l'œuf (Haugh, 1937 cité par Protais, 1988).

#### **2.2.5 Estimation de la qualité du vitellus**

La coloration du vitellus est appréciée à l'aide d'un éventail colorimétrique dont les valeurs s'échelonnent entre 6 (jaune clair) et 13 (jaune orangé) L'index vitellenique correspond au rapport (hauteur du vitellus/ largeur du vitellus), il est situé entre 40 et 45 pour un œuf frais (Protais, 1988).

#### **2.2.6 Estimation des inclusions**

Les inclusions peuvent être observées durant le mirage, mais celui-ci ne permet pas d'apprécier le pourcentage des grosses taches, la casse des œufs est donc obligatoire dans ce cas (Protais, 1988).

### **2.3 Principaux facteurs de variation de la composition de l'œuf**

Les travaux entrepris par Jacquot et Adrian (1954) ont démontré que les teneurs en eau, en protéines, en acides aminés, en lipides totaux et en macro minéraux étaient relativement fixes par rapport aux teneurs en Ogllo- éléments minéraux et vitaminiques, les acides gras et les lipides qui eux varient en fonction de la nature de l'aliment ingéré (Jacquot et Adrian , 1954 cités par Sauveur, 1988).

### 2.3.1 Effets de l'âge de la poule

L'âge des pondeuses constitue le principal facteur influençant la qualité initiale de l'œuf qui tend à se dégrader au cours de la ponte et surtout après le 9<sup>ème</sup> mois de production (Lahellec, 1965 ; Protais, Bougon, 1985 cités par Protais, 1988). On observe l'apparition de coquilles de plus en plus fragiles ainsi que l'augmentation de la fréquence des inclusions. Se conférer tableau 11.

Tableau 11 : Evolution de quelques critères de qualité avec l'âge des poules pondeuses (Protais ; Bougon, 1985 cités par Protais, 1988)

Critères étudiés	Age en semaines						
	25	32	44	51	57	61	68
Poids de l'œuf (g)	52,8	58,5	62,9	63,9	64,5	65,0	65,8
Unités Haugh	90,7	85,1	73,4	70,8	73,2	70,1	66,7
% des inclusions	37,5	32,6	27,6	34,0	37,8	42,4	61,1
Déformations de la Coquille	22,1	22,5	22,0	23,5	24,0	23,3	28,0
% de coquille	9,94	9,74	9,66	9,52	9,53	9,48	9,18
% d'œufs fêlés	1,76	2,84	2,35	3,47	5,51	5,49	25,33
% d'œufs sales	1,18	1,70	0,59	0,69	0	4,64	5,68
% du vitellus	23,03	25,90	27,54	27,85	28,59	28,16	-
% d'albumen	67,03	64,34	62,83	62,62	61,87	62,35	-

Les résultats de plus de 10 expériences ont démontré que lorsque la poule vieillit le poids de l'œuf augmente, cet accroissement se traduisant par une augmentation de la part relative du jaune et une diminution de celle du blanc (Fletcher et al, 1983 cité par Sauveur, 1988).

### 2.3.2 Effets de l'origine génétique des animaux et de la sélection

Une sélection visant à augmenter le nombre d'œufs va se traduire par une légère diminution de la part du jaune et une légère augmentation de celle du blanc (Washburn, 1979 cité par Sauveur, 1988) (Se conférer tableau 12).

Tableau 12 : Effets de la sélection sur la composition de l'œuf (Akbar et al, 1983 cités par Sauveur, 1988).

	Poids de l'œuf (g)	Part de chaque Constituant (p.100)			Teneurs en extrait sec (p.100)		
		jaune	blanc	Coquille	jaune	Blanc	Jaune + Blanc
Lignées témoins Anciennes	59,8	30,1	60,7	9,13	52,1	11,4	24,8
Lignées sélectionnées sur la ponte	60,4	28,2	62,6	9,23	52,0	11,6	24,1

### 2.3.3 Effets des techniques d'élevage

Le choix de l'âge de l'entrée en ponte est déterminant pour la qualité future des œufs, cet âge est déterminé génétiquement à 18 semaines et implique un poids minimum de 1500 g, un poids inférieur des poulettes à l'entrée en ponte donnera des œufs plus petits que la normale et un poids supérieur (une entrée en ponte tardive) donnera des œufs plus gros mais en nombre moins important (web 3, 2004).

Certaines recherches ont démontré clairement qu'une entrée en ponte trop précoce va provoquer une diminution de la qualité des œufs se traduisant par une diminution des unités Haugh, un accroissement du nombre de taches de sang et une augmentation du nombre d'œufs fêlés (Protais, 1988).

La densité importante des cages conduit à une réduction du poids des œufs (la poule ne pouvant plus se nourrir correctement), un accroissement du taux de mortalité et une dégradation de la qualité de l'œuf (augmentation du nombre d'œufs fêlés, sales).

Lorsque la température augmente, la poule diminue sa consommation d'aliment et par conséquent celle du calcium, mais elle augmente son rythme respiratoire et sa consommation en eau, il s'en suivra une baisse de poids des œufs due à une dégradation de la qualité de la coquille et de l'albumen (Protais, 1988).

L'emploi de programme lumineux fractionnés semble agir favorablement sur la qualité de la coquille : coloration plus importante, déformations plus faibles, réduction du nombre d'œufs déclassés (Sauveur et Picard, 1987 cités par Sauveur, 1988).

De plus, la production des œufs est étroitement liée aux changements d'éclairage quotidiens auxquels les poules sont exposées, donc, un programme lumineux approprié peut agir favorablement sur le nombre et la grosseur des œufs, ainsi que sur le taux de viabilité des poules et leur rendement, pour cela, certaines règles de base de l'éclairage doivent être respectées :

- ✓ Eclairer les poussins 24h/24h pendant les 02 premiers jours d'âge, de 02 jours à 03 semaines réduire l'éclairage d'une demi-heure par jour jusqu'à atteindre 15 heures à une intensité de 05 lux. De 03 à 18 semaines maintenir un éclairage quotidien constant de 10 à 12 heures, à 18 semaines éclairer les poules au moins pendant 13 heures par jour puis augmenter l'éclairage de 15 à 30 minutes par semaine jusqu'à atteindre 16 heures

par jour. Idéalement, cette durée d'éclairage devrait se poursuivre jusqu'au pic, et l'intensité devrait aussi être augmentée de 10 à 20 lux (web 3, 2004).

- ✓ Plusieurs types d'éclairage par intermittence ont été essayés, le plus courant consiste à faire alterner 15 minutes d'éclairage et 45 minutes d'obscurité (15é/45o) à chaque heure d'éclairage prévu de la journée en commençant progressivement par 15é/45o la première semaine, puis 30é/30o la semaine suivante pour enfin atteindre 15é/45o, ce système d'éclairage a été utilisé avec succès puisqu'il a permis une amélioration de la solidité de la coquille, une réduction de la morbidité et de la mortalité résultant du stress causé par la chaleur, et une réduction du cannibalisme et des frictions entre les pondeuses (web 3, 2004).

Il est très important de faire muer les poules vers l'âge de 65 semaines car après 60 semaines d'âge, la qualité de la coquille et de l'albumen se dégradent rapidement mais cette qualité est heureusement restaurée en seconde ponte et reste acceptable au moins pendant 20 semaines (Decuypere ; Huyghebaert et Verheyen, 1987 cités par Protais, 1988).

Les mauvaises conditions sanitaires et les maladies qui en découlent influent énormément sur la qualité de l'œuf ;

- ✓ les effets de la bronchite infectieuse sont bien connus : diminution de la pigmentation et de la solidité de la coquille, liquéfaction importante de l'albumen, augmentation du pourcentage des inclusions et du pourcentage d'œufs à coquilles déformées (Protais, 1982 cité par Protais, 1988)
- ✓ lorsque la coquille n'est plus intacte elle va permettre la pénétration de plusieurs bactéries notamment les Escherichia Coli et les Salmonelles (Spackman, 1987 cité par Protais, 1988).

#### **2.3.4 Effets du mode d'élevage**

Une dizaine d'études effectuées entre 1975 et 1985 en Europe ont démontré que le mode de production n'affecte pratiquement pas la composition de l'œuf, les œufs fermiers peuvent avoir des caractéristiques organoleptiques variables mais pas forcément meilleures, en plus ce sont eux qui présentent la qualité bactériologique la moins bonne (Sauveur, 1988).

#### **2.3.5 Effets de l'alimentation des poules pondeuses**

Grâce à l'apport de calcium qu'elle procure, il est évident que l'alimentation influe directement sur la qualité de la coquille.

Pour obtenir des œufs plus gros, on peut augmenter la ration en protéines/poule présente en rapport avec la consommation de méthionine + cystine et d'énergie (web 3, 2004).

Il est conseillé de distribuer 4g de calcium par poule et par jour en plus du carbonate de calcium incorporé dans l'aliment, cette distribution s'avère être d'autant plus efficace lorsqu'elle est effectuée le soir permettant à la poule de consommer du calcium indépendamment des autres aliments (Bougon et al, 1986 cités par Protais, 1988).

La nature de l'aliment fournit aux volailles et surtout sa composition vont influencer directement sur la qualité de l'œuf, voici quelques exemples :

-un abaissement du taux protidique alimentaire va entraîner une réduction du poids de l'œuf portant d'avantage sur le blanc (Sauveur, 1988).

-un régime déficient en lipides et notamment en acide linoléique peut faire diminuer le poids de l'œuf de 10g, les besoins de la poule sont couverts par un apport quotidien de 01g (Sauveur, 1988).

-l'incorporation de sucre en substitution d'amidon permet d'augmenter significativement le poids du jaune (Sauveur, 1988).

-la supplémentation des régimes en magnésium, manganèse, zinc, iode, sélénium peut augmenter la teneur du blanc en ces éléments alors que la teneur en fer est plus stable (Sauveur, 1988).

-la teneur en pigments du régime alimentaire contrôle directement la coloration du vitellus, et en fonction de la préférence des consommateurs les degrés de pigmentation peut être choisi en fonction de la quantité mais aussi de la nature des caroténoïdes choisis (Protais, 1988).

-les vitamines subissent beaucoup de variations au niveau de l'œuf, elles concernent aussi bien les vitamines hydrosolubles, que les vitamines liposolubles.

-le transfert de certaines vitamines (A et B) à l'œuf semble être légèrement augmenté par l'utilisation de certains antibiotiques (Bacitracine et Flavomycine), à l'opposé il est réduit en présence de grandes quantités de pigments (Naber EC, 1979 cité par Sauveur, 1988).

-un régime hyper calorique (+ de 315kcal) va entraîner une augmentation du poids des poulettes, la quantité d'œufs pondus (1.3œuf pour une saison de ponte) et un coût nettement supérieur, par contre pour un régime faible en calories (- de 315 kcal), la poule va être difficile à vendre car trop légère, et la quantité d'œufs produits va diminuer (web 3, 2004).

Les besoins de la poule en nutriments sont exprimés dans les tableaux 13 et 14.

Tableau 13 : Besoins journaliers en production par poule (web 3, 2004)

	32 sem	32-44 sem	44-55 sem	55 sem +
Protéines, g/poule	18.0	17.50	17.0	16.0
Méthionine, mg/poule	460	460	440	420
Méthionine+cystine, mg/poule	760	760	725	690
Lysine, mg/poule	930	910	880	860
Tryptophane, mg/poule	190	185	180	170
Calcium, g/poule	3.9-4.1	4.0-4.2	4.1-4.3	4.2-4.4
Phosphore (total), g/poule	0.70	0.66	0.61	0.56
Phosphore (dispo), g/poule	0.44	0.41	0.38	0.34
Sodium, mg/poule	180	180	180	180
Chlorure, mg/poule	170	170	170	170

Tableau 14 : Besoins de la poule en minéraux et vitamines (web 3, 2004)

	Période d'élevage	Période de ponte
Minéraux ajoutés par tonne :	1.000 g	1.000 g
Manganèse (g)	66	66
Zinc (g)	66	66
Fer (g)	33	33
Cuivre (g)	4.4	8.8
Iode (g)	0.9	0.9
Sélénium (g)	0.3	0.3
Vitamines ajoutées par tonne :		
Vitamine A (IU)	8.800000	7.700000
Vitamine D3 (IU)	3.300000	3.300000
Vitamine E (IU)	6.600	6.600
Vitamine K (mg)	550	550
Riboflavine (g)	4.4	4.4
Vitamine B12 (mg)	8.8	8.8
Acide panthoténique (g)	5.5	5.5
Acide folique (mg)	220	110
Biotine (mg)	+	+
Niacine (g)	27.5	22
Choline (g)	275	275

+ : Avec une alimentation à base de maïs, on ne devrait pas utiliser de biotine dans la ration des poules pondeuses (web 3, 2004).

### 2.3.6 Effets de la productivité des pondeuses

Une étude a démontré qu'en présence du lot le plus productif de la même lignée, on constate que la qualité de la coquille est réduite, par contre la qualité de l'albumen mesurée en unités

Haugh est améliorée ce qui confère à l'œuf un pouvoir moussant plus stable (Bougon et al, 1981 cités par Protais, 1988).

### **2.3.7 Les résidus de l'œuf :**

Ce sont les résidus d'antibiotiques qui vont poser problème, il faut distinguer :

-Les antibiotiques qui sont utilisés en additif alimentaire comme facteurs d'efficacité, ceux-ci traversent peu ou pas la barrière intestinale donc on ne peut les trouver dans les œufs.

-Les antibiotiques qui sont utilisés dans un but curatif, leur passage dans l'œuf peut être non négligeable mais en raison de leur demi-vie courte (1 jour à 1 jour et demi) ils devraient cesser d'apparaître rapidement après la fin du traitement.

-Le problème de résidus est également lié à la présence de pesticides ou insecticides qui peuvent dégrader la qualité de la coquille, des études ont démontré un taux de contamination qui avoisinerait les 90%, heureusement les doses rencontrées n'ont jamais dépassé les taux fixés par l'organisation mondiale de la santé (O.M.S) (Spackman, 1987 cité par Protais, 1988).

-Les résidus de coccidiostatiques vont également poser problème, en effet une contamination croisée accidentelle lors de la préparation de la nourriture, peut être à l'origine de résidus dans les œufs (Huyghebaert et al, 2005).

## **2.4. Evolution de la composition de l'œuf au cours de sa conservation**

Durant le moment qui s'écoule entre la ponte et la consommation de l'œuf, celui-ci subit une série de modifications qui vont concerner les propriétés physico-chimiques et la qualité bactériologique du produit, les caractéristiques nutritionnelles sont très peu altérées (Sauveur, 1988).

### **2.4.1 Dégradation de la qualité interne :**

Elle se traduit par :

- des modifications au niveau de la coquille qui peut être de couleur plus claire si les œufs sont exposés à une lumière naturelle, ou tachetée s'il y a répartition inégale d'humidité (Protais et al, 1981 cités par Protais, 1988).
- une perte d'eau par évaporation à travers les pores de la coquille qui va engendrer une perte de poids de l'œuf et une augmentation de la hauteur de la chambre à air, cette

perte de poids peut être estimée à 2.7% à 18°C et 60% d'humidité relative (Protais et al, 1981 cités par Protais, 1988).

- une perte de gaz carbonique qui fait augmenter le pH de l'albumen (il passe de 7.6 à 9.3 en 02 jours de stockage puis évolue peu).
- l'apparition d'odeurs due aux mauvaises conditions de stockage (devant désinfectants, nourriture...).
- une dégradation de l'albumen (modification du complexe ovomucine- lysozyme), les unités Haugh diminuent au fur et à mesure que la température de stockage augmente, cette dégradation se traduit par un aplatissement du blanc dense et une liquéfaction progressive de l'ensemble (Protais et al, 1981 cités par Protais , 1988).
- une dégradation du vitellus liée au transfert entre l'albumen et le vitellus d'eau, de minéraux et d'acides aminés libres, elle se traduit par un aplatissement du vitellus et une altération de la membrane vitelline (Protais et al, 1981 cités par Protais, 1988).

#### 2.4.2 Dégradation de la qualité bactériologique :

L'albumen contrairement au vitellus est un milieu défavorable au développement des bactéries du fait de sa composition protéique et sa richesse en substances actives (lysozyme, conalbumine, avidine, ovomucoïde...).

Malgré toutes les barrières qui peuvent empêcher la pénétration de certains micro-organismes à l'intérieur de l'œuf (coquille, cuticule, membranes coquillières), bactéries, champignons et levures ont déjà été identifiés dans ce produit :

- ✓ *Pseudomonas fluorescens*, *Proteus hauseri* et *Serratia marcescens* sont les bactéries que l'on retrouve le plus souvent au niveau de l'œuf.
- ✓ La présence de champignons a déjà été signalée sous la coquille au niveau de la chambre à air (Protais et al, 1981 cités par Protais, 1988).

Pour éviter tous ces problèmes, un certain nombre de paramètres sont à respecter au niveau des locaux de stockage :

- ✓ La température doit être comprise entre 10 et 12°C afin de limiter les évaporations d'eau et de gaz carbonique, un bâtiment isolé thermiquement est indispensable pour lutter contre les hautes températures l'été et les basses températures l'hiver.
- ✓ L'humidité relative doit être comprise entre 80 et 85% pour ne pas affecter l'évaporation.

- ✓ La ventilation est très importante pour éviter les condensations sur les œufs, source de croissance microbienne.

Toutes ces précautions doivent être complétées par un ramassage quotidien des œufs, et surtout ne jamais pratiquer de nettoyage humide ou à sec sur des coquilles car ceci favoriserait la pénétration et même le développement de micro-organismes à l'intérieur de l'œuf (Protais et al, 1981 cités par Protais, 1988).

## 2.5 Anomalies de l'œuf

### 2.5.1 Les œufs déformés

Le pourcentage d'œufs déformés augmente avec l'âge de la poule, les deux courbures de l'œuf deviennent à peu près similaires ; en effet il devient plus difficile de distinguer le gros bout de l'œuf. La déformation des coquilles des œufs est courante lors de la maladie de Newcastle et lors de bronchite infectieuse (Vanmarcke, 1997).

### 2.5.2 Les œufs sans coquille

Ils représentent 3-4% d'une production et sont apparemment dus soit à des stress divers soit ils sont d'origine infectieuse ; l'affection mise en cause est le syndrome de chute de ponte ou EDS (Egg drop syndrome) .Les premiers signes sont une chute de ponte de l'ordre de 20-30% se situant presque toujours en début de ponte, puis pendant que certaines poules arrêtent complètement de pondre, d'autres pondent des œufs à coquille très mince sans déformations ou des œufs sans coquilles ,se conférer la figure 2



Figure 2 : Œuf sans coquille (web 4, 2000)

La bactérie mise en cause est un Adénovirus sérotype 127 (Vanmarcke. 1997).

### **2.5.3 Les œufs clairs**

Ce sont des œufs sans jaune ; un corps étranger ou un parasite (ascaridia par exemple) peut lors de remontée intempestive provoquer la sécrétion d'albumen, des membranes coquillières et la coquille qui va l'emprisonner (Villate , 1997).

### **2.5.4 Les œufs « pré fêlés » in vivo**

Ce sont des œufs dont la coquille a été brisée pendant sa formation in utéro puis plus ou moins bien réparée par la suite, l'œuf portera souvent des cicatrices qui le rendront moins résistant.

Ce phénomène est dû à des agitations exagérées de la poule, pour cela il est préférable de diminuer la densité des cages et surtout de limiter la durée d'éclairement à 15heures par jour (Sauveur, 1988).

### **2.5.5 Les œufs à coquilles crayeuses**

Ce sont des œufs qui présentent un grand danger à la consommation humaine puisque leur coquille étant dépourvu de cuticule organique va constituer une porte d'entrée à de nombreux micro-organismes pathogènes (Sauveur, 1988).

### **2.5.6 Les œufs à coquilles tachées**

Les taches claires en question sont dues à la présence d'eau dans la coquille, cette eau provenant soit de l'intérieur de l'œuf suite à des altérations de la trame protéique de la coquille qui vont permettre à l'eau du blanc de migrer vers la coquille, soit de micro fêlures internes dues à une pression exercée sur l'œuf (Sauveur, 1988).

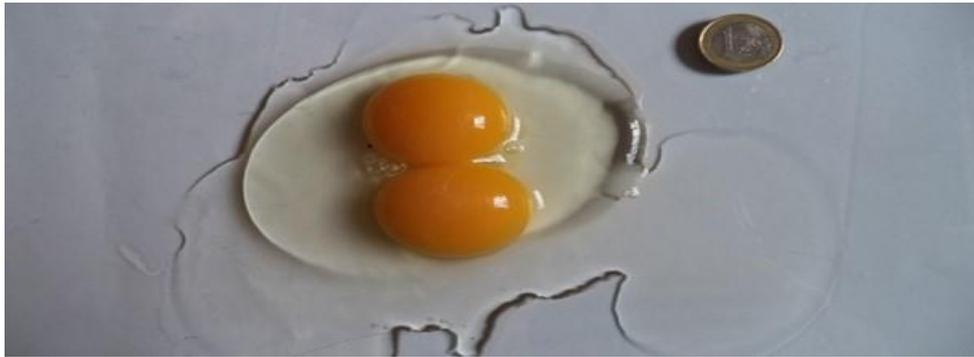
### **2.5.7 Les œufs à coquilles rugueuses**

Ce sont des œufs qui présentent à la surface de la coquille des dépôts de corps étrangers dus à la fixation de débris tissulaires pendant la formation de la coquille, ces débris sont ensuite recouverts de calcaire.

Ce phénomène souvent superficiel est augmenté avec l'âge de la poule et ne présente pas d'incidence sur la qualité de la coquille (Sauveur, 1988).

### **2.5.8 Les œufs à double jaune**

Deux jaunes dans une même coquille est due, soit à une ovulation précoce, soit à un retard du jaune dans sa progression jusqu'à la membrane de l'oviducte, ces œufs sont sans valeur pour la reproduction, les naissances gémellaires sont impossibles (web 4, 2000).se conférer la photo1



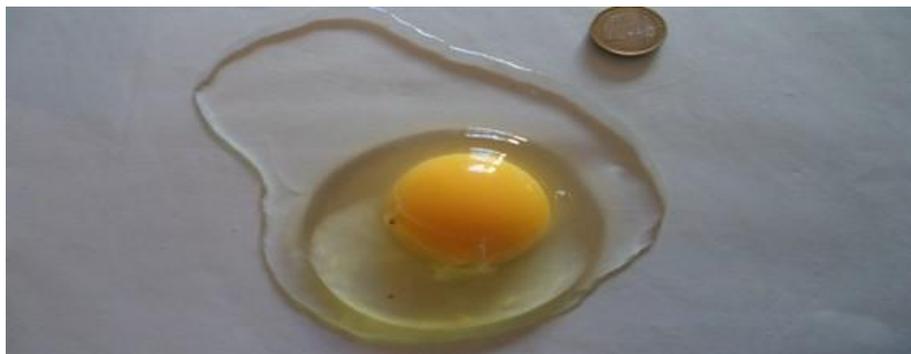
**Photo 1 :** Œuf à double jaune (Kaoueche, et Kaoueche,, 2015).

## 2.6 Inclusion présentes dans l'œuf

Il s'agit le plus souvent des taches de sang et des taches de viande

### 2.6.1 Les taches de sang

Elles se trouvent à la surface du jaune, et sont souvent dues soit à une fragilité capillaire soit à une augmentation de la pression artérielle qui vont provoquer l'apparition de petites hémorragies au niveau de l'ovaire. se conférer la photo2



**Photo 2 :** Œuf taché de sang (Kaoueche et Kaoueche , 2015)

Ce phénomène est accentué avec le vieillissement de la poule, et serait directement lié avec la composition de l'aliment distribué ; ainsi dans 14 à 18% des cas, un régime sur dosé en protéines va être directement responsable de l'apparition de taches de sang à la surface du jaune (Salichon , 1973 cité par Sauveur , 1988).

Ces œufs peuvent être consommés, mais sont à retirer de la mise en incubation (web 4, 2000).

### 2.6.2 Les taches de viande

Ce sont généralement des fragments d'oviducte, de follicules atresiques ou de membranes vitellines qui forment ces débris.

Des débris d'utérus riches en calcium et en pigments porphyriques peuvent se trouver à la surface de l'albumen (Salichon, 1973 cité par Sauveur, 1988).

L'œuf subit une évolution après la ponte. Celle-ci peut être septique ou aseptique.

### **3.1. Evolution aseptique ou vieillissement.**

Du fait de ses moyens de défense physiques (cuticule, coquille, membranes coquillières) et chimiques (facteurs anti-microbiens naturels de l'albumen), l'œuf se conserve très bien à l'état naturel (MBAO, 1994).

L'évolution ou vieillissement de l'œuf est régie par quatre principaux mécanismes qui sont l'évaporation, l'élimination du gaz carbonique, les échanges osmotiques entre l'albumen et le vitellus, ainsi que les réactions enzymatiques.

#### **3.1.1. Perte d'eau par évaporation**

Au cours du vieillissement de l'œuf, la cuticule recouvrant la coquille forme au niveau des pores des plaques parcourues de fissures qui s'élargissent permettant ainsi les échanges gazeux entre l'œuf et le milieu ambiant. Ce phénomène s'accélère en fonction de la dégradation de la cuticule. La perte d'eau par évaporation est fonction de la température, du degré hygrométrique et de la porosité de la coquille, ce qui se traduit par une perte de poids. Il s'en suit une augmentation de la concentration des milieux intérieurs de l'œuf (albumen surtout) et un agrandissement de la chambre à air, facilement appréciable au mirage. Il faut noter que les pertes de poids par évaporation au cours de la conservation sont proportionnellement plus importantes avec les petits œufs qu'avec les gros, car le rapport surface de la coquille /poids de l'œuf est plus grand chez les petits œufs (THAPON. et al ., 1994).

#### **3.1.2. Elimination du gaz carbonique**

Le gaz carbonique contenu dans le vitellus au moment de la ponte est sous deux formes : la forme dissoute (4 à 5 mg), et la forme combinée, sous forme de bicarbonate (100 mg) (TREMOLIERES . , 1996). Plus les jours passent, plus le CO<sub>2</sub> se dégage et franchit les pores de la coquille. Cela est fonction de la solubilité du CO<sub>2</sub> dans le vitellus. Ainsi, si la solubilité est faible, les pertes en CO<sub>2</sub> sont plus rapides. Ces pertes occasionnent une augmentation du pH du vitellus.

#### **3.1.3. Echanges osmotiques entre l'albumen et le vitellus**

Il y a échange entre le blanc et le jaune du fait de leur différence de pression osmotique. Ainsi, on observe un transfert d'eau et des minéraux du blanc vers le jaune au cours de la conservation de l'œuf. Ce transfert est dû à une forte pression osmotique du jaune par rapport au blanc et une

perte de l'intégrité de la membrane vitelline. En effet, les protéines du jaune sont peu hydratées et par conséquent elles attirent fortement l'eau du blanc, d'où un aplatissement du jaune (THAPON ., BOURGEOIS. 1994).

#### **3.1.4. Réactions enzymatiques**

Au cours de la conservation de l'œuf, il est possible d'avoir des anomalies de goût et de couleur dues à un dégagement de gaz volatils à la suite de réactions d'hydrolyse de lipides par les lipases et les phosphatases. En outre, il peut apparaître des réactions anaphylactiques dues à la présence d'amines de décarboxylation (TREMOLIERES . ,1996).

Ainsi, au cours de la conservation de l'œuf, les mécanismes de vieillissement entraînent des conséquences diverses qui peuvent se trouver sur l'ensemble de l'œuf, sur le vitellus, sur l'albumen ou sur la coquille et la chambre à air. Cependant, l'œuf peut subir des contaminations lors de son entreposage et, dans ce cas, l'évolution sera septique.

### **3.2. Evolution septique**

L'évolution septique n'apparaît qu'en cas de rupture ou d'atteinte des défenses naturelles de l'œuf. Elle dépend alors des conditions d'élevage. Au cas où elles sont mauvaises, une microflore de la coquille ou une absence de la cuticule facilite la contamination microbienne, tandis que si la coquille est intacte, les micro-organismes ne peuvent pénétrer dans l'œuf que par les pores (TREMOLIERES. ,1996).

### **3.3. Facteurs accélérant l'évolution de l'œuf**

L'évolution de l'œuf est accélérée principalement par deux facteurs qui sont la température et le degré hygrométrique de l'air. La température et le degré hygrométrique agissent en indépendance sur le vieillissement de l'œuf par le fait qu'ils induisent la perte d'eau par évaporation et par conséquent les pertes de poids. De ce fait, on constate que la perte de poids varie exponentiellement avec la température pour une humidité relative donnée (THIEULIN ;et al ., 1976). Les fortes températures (25° à 30°C) accélèrent le vieillissement alors que les basses températures (voisines de 1°C) le ralentissent (THAPON., BOURGEOIS . 1994).

Quand l'humidité est forte, il peut y avoir un développement de moisissures à la surface de la coquille entraînant par hydrolyse la destruction de la cuticule et l'agrandissement des pores. Ces deux facteurs facilitent l'entrée des bactéries dans le milieu intérieur de l'œuf, provoquant

une altération de la qualité de l'œuf et un risque pour le consommateur (TREMOLIERES, 1996).

Bon nombre de méthodes sont utilisées pour conserver les œufs, dans le souci d'offrir au consommateur la meilleure qualité. Nous pouvons citer à ce titre l'humidification, la ventilation, la réfrigération, l'évaporation et bien d'autres.

L'œuf représente une source riche en phosphore, fer (surtout au niveau du jaune d'œuf, il couvre 30% des besoins quotidiens de l'homme pour cet élément) et vitamines, mais à l'opposé il est déficient en glucides, calcium et vitamine C. Se conférer tableau 15

Tableau 15 : Les nutriments les plus importants dans l'œuf (Desaulniers ; Dubost , 2003).

Volume/poids	Deux œufs, calibre gros, bouillis (à la coque ou durs) /100 g
Calories	155 calories
Protéines	12,6 g
Glucides	1,1 g
Lipides	10,6 g
Fibres alimentaires	0

Du fait de sa relative richesse en sodium, le blanc peut être conseillé dans les régimes hyposodés (Sauveur, 1988).

#### 4.1. Les minéraux

L'œuf est riche en phosphore, en fer et en soufre, et seuls le sodium, le potassium, et le chlore y sont présents à l'état libre, tous les autres minéraux sont liés aux protéines ou phospholipides. Se conférer tableau 16.

Tableau 16 : Teneurs de l'œuf en minéraux (Sauveur, 1988).

	Contenu total moyen (mg / œuf de 60 g)			Valeur relative extrême (mg / 100 g de poids frais)		
	Œuf entier sans coquille	Blanc	Jaune	Œuf entier sans coquille	Blanc	Jaune
Sodium	72	62	10	135	140-200	40-70
Potassium	73	53	20	135	30-170	90-130
Chlore	93	62	31	170	150-180	150-180
Calcium	29	3	26	55	7-15	100-190
Magnésium	6	4	2	11	10-12	10-12
Phosphore	120	5	115	220	10-15	550-650
Fer	1,1	3	1,1	2-3	3	5-10
Soufre	90	60	30	170	160-200	160-180

#### 4.2. Les pigments du jaune

Ce sont des pigments d'origine alimentaire de la famille des caroténoïdes très proches dans leur structure de la vitamine A.

Beaucoup d'entre eux sont des pigments xanthophylles, les plus fréquemment rencontrés sont la lutéine provenant essentiellement des pigments de la luzerne et des pigments du maïs jaune, et la zéaxanthine retrouvée essentiellement dans les pigments du maïs. La lutéine et la

zéaxanthine sont retrouvées à des proportions de 13-15 microgrammes/jaune d'œuf. Plusieurs résultats de recherches ont établi la possibilité que la lutéine et la zéaxanthine puissent protéger contre l'apparition de cataractes et de dégénérescence maculaire laquelle est la première cause de cécité chez les personnes âgées. La lutéine et la zéaxanthine se retrouvent dans d'autres aliments, comme les épinards, mais leur absorption est supérieure lorsqu'elles sont tirées des œufs (Baribeau, 2004).

### 4.3 Les protéines

De très haute valeur biologique, l'œuf est non seulement une excellente source de protéines, mais celles-ci sont à tel point d'excellente qualité, qu'on utilise l'œuf comme mesure de référence pour juger de la qualité des autres sources de protéines. La qualité des protéines est exprimée par un chiffre que l'on appelle valeur biologique (VB), elle est très élevée pour l'œuf du fait de la complémentarité existant entre les protéines du jaune et celles du blanc et surtout de l'équilibre entre les acides aminés de ces protéines (Baribeau, 2004) Se conférer tableau 17.

Tableau 17 : Teneurs de l'œuf en acides aminés (en mg par œuf de 60g) (Sauveur, 1988).

	Blanc	Jaune	Œuf entier
Acide aspartique	380	250	630
Acide glutamique	480	340	820
Alanine	210	150	360
Arginine	210	200	410
Cystine	105	50	155
Glycine	125	85	210
Histidine	80	75	155
Isoleucine	190	155	345
Leucine	300	250	550
Lysine	235	220	455
Méthionine	140	70	210
Phénylalanine	200	120	320
Proline	150	120	270
Sérine	240	240	480
Thréonine	160	150	310
Tryptophane	60	45	105
Tyrosine	150	130	280
Valine	240	170	410

La VB des protéines de l'œuf est de 93,7 % (poulet : 80 %; poisson : 78 %). La VB d'une protéine détermine son efficacité à réparer et à fabriquer de nouveaux tissus. Ainsi, plus la VB est élevée, plus les protéines de l'aliment en question sont efficaces, indépendamment de la quantité de protéines contenues dans l'aliment.

Il faut également noter que les protéines du blanc sont peu digestibles (50%) à l'état cru du fait de la présence de facteurs anti-trypsiques et surtout parce que le blanc cru stimule peu les sécrétions de sucs gastriques ou pancréatiques, par contre les protéines du jaune sont-elles très bien digérées à l'état cru et c'est la cuisson excessive qui va diminuer son utilisation digestive (Sauveur, 1988).

#### 4.4 Les vitamines

Elles sont plus abondantes dans le jaune que dans le blanc et leur présence reflète l'ingéré de la poule, les teneurs de l'œuf en vitamines sont exprimées dans le tableau 18.

Tableau 18 : Teneurs de l'œuf en vitamine (Sauveur, 1988).

	Contenu total moyen (mg / œuf de 60 g)			Valeurs relatives extrême (mg / 100 g de poids frais)		
	Œuf entier sans coquille	blanc	Jaune	Œuf entier sans coquille	Blanc	Jaune
<b>Vitamines liposolubles</b>						
A (UI)	150-40	--	150-400	250-700	--	800-2500
D (UI)	20-80	--	20-80	35-150	--	110-450
E (mg)	0,6-2	--	0,6-2	1,1-3,5	--	3,5-10
K (mg)	1,01- 0,03	--	0,01-0,03	0,02-0,06	--	0,05-0,15
<b>Vitamines hydrosolubles</b>						
Choline (mg)	225	--	225	410	--	1250
Thiamine(B1) (ug)	52	1,5	50	95	3,5	275
Riboflavine(B2) (ug)	200	120	80	300-350	300-450	400-500
Nicotinamide (ug)	43	33	10	60-80	85-95	40-70
Pyridoxine(B6) (ug)	68	8	60	150-200	25	300-350
Acide pantothénique (ug)	830	80	750	1200-1700	190-250	3500-4500
Biotine (ug)	10	2	8	15-20	5-7	30-60
Acide folique (ug)	15	0,5	15	15-35	1	50-105
B12 (ug)	0,5	--	0,5	0,7-1,2	--	2,1-3,5

L'œuf est une excellente source de choline, contenue dans la lécithine. La choline favorise un développement normal du cerveau. L'Académie des Sciences et Santé du Canada ont récemment reconnu la choline comme un élément nutritif essentiel. Bien que le corps soit en mesure de fabriquer de la choline, il en fabrique de façon insuffisante de sorte que l'apport provenant des œufs constitue un véritable atout. Deux œufs de calibre gros contiennent la quantité de choline dont un adulte a besoin chaque jour (Desaulniers, Dubost, 2003).

Les œufs constituent également une excellente source de vitamine B2 (riboflavine). La principale fonction de la vitamine B2 est de contribuer à la production d'énergie à partir notamment des glucides, des lipides que nous absorbons. C'est une excellente source de vitamine B12. Cette vitamine se retrouvant surtout dans le règne animal, deux œufs fournissent

environ 50 % des besoins en vitamine B12 d'un adulte. Cette vitamine aide à la fabrication de nouvelles cellules, à l'entretien des cellules nerveuses, au métabolisme de certains acides gras et acides aminés, et active l'acide folique ou vitamine B9 (Baribeau, 2004).

C'est aussi une excellente source de vitamine D. Outre le lait, les poissons gras et les rayons UV, le jaune d'œuf est l'une des rares sources de cette vitamine. Le rôle principal de la vitamine D est de favoriser la minéralisation osseuse en augmentant l'absorption du calcium et du phosphore, en stimulant leur rétention par les reins et en empêchant la perte du calcium des os (Desaulniers ; Dubost, 2003).

#### **4.5 Les lipides**

La richesse du jaune de l'œuf en acides gras insaturés (les 2/3 des acides gras totaux) et particulièrement en acide linoléique en fait un aliment de haute qualité pour l'homme.

Des reproches ont été faites au jaune de l'œuf concernant particulièrement le cholestérol (0.25-0.28g/œuf), cependant plusieurs remarques doivent être soulignées :

Les travaux de Roberts et al (1981) ont montré que l'apport en supplément de la ration normale d'une préparation apparemment identique : même goût, même couleur, même consistance, même taux calorique soit de 02 œufs par jour soit d'un substitut sans cholestérol ne modifie pas significativement le taux de cholestérol sanguin ou le taux de triglycérides après 04 semaines car ceux-ci dépendent des autres stérols ingérés ; en particulier les stérols végétaux.

On sait aujourd'hui que l'œuf présente des antidotes à une cholestérolémie élevée car il est riche en phospholipides et acides gras insaturés (Baribeau, 2004).

#### **4.6 Les œufs omega-3**

Les œufs dits « oméga-3 » contiennent plus d'oméga-3 que les autres, car ils proviennent de poules dont la nourriture a été enrichie de graines de lin. La graine de lin est très riche en acide alpha-linolénique (AAL), un acide gras de la famille des œufs oméga-3 (Baribeau, 2004).

#### **4.7 Les vertus thérapeutiques des œufs**

Scientifiques et professionnels de la santé de partout dans le monde ne cessent de découvrir les ressources inestimables des œufs. Déjà, nous connaissons leurs valeurs nutritives.

Mais il y a bien plus, ce sont des aliments sains qui stimulent le système immunitaire tout en possédant des propriétés thérapeutiques et fonctionnelles fabuleuses.

En voici quelques exemples ;

- ✓ L'albumen de l'œuf (le blanc) est utilisé comme antidote contre certains irritants et toxines en cas d'intoxication.
- ✓ Grâce à sa capacité de rétention d'eau et à ses propriétés agglutinantes, le blanc d'œuf est un médicament naturel pour les gastrites, entérites, diarrhées, dysenteries et la déshydratation.
- ✓ Des chercheurs de l'Université de Kyoto, au Japon, ont démontré que l'œuf contient deux substances fluorescentes: la « lumiflavine » et le « lumichrome » ainsi qu'une autre substance, le « sulphoraphane », identifiée récemment, ces produits ont la propriété de freiner la multiplication des virus favorisant le cancer et d'empêcher les cellules normales de se transformer en cellules cancéreuses.
- ✓ Les globulines (protéines) G1, G2 et G3, l'ovomacroglobuline, l'anticorps IgY et autres antimicrobiens naturels et immunostimulants contenus dans l'œuf contribuent à prolonger la vie des personnes atteintes du SIDA.
- ✓ La lipoprotéine YLP-p17.5 provenant du jaune d'œuf est utilisée en biotechnologie pour la croissance des cellules en milieu de culture et dans les expériences en génie génétique.
- ✓ Cette même lipoprotéine ainsi que d'autres protéines de grande valeur que l'on retrouve dans les œufs constituent d'excellents stimulateurs de croissance pour les enfants et les animaux.
- ✓ La lécithine du jaune d'œuf est plus stable et possède une capacité d'immobilisation plus élevée que la lécithine de soya.
- ✓ Le jaune d'œuf et les chalazes (filaments en spirale qui maintiennent le jaune au centre de l'albumen) sont des sources importantes d'acide sialique utilisée dans le traitement d'infections microbiennes provoquant des ulcères, le cancer du côlon, des gastrites et des entérites (web 5, 2005).
- ✓ L'anticorps IgY présent dans les œufs est de meilleure qualité et beaucoup moins coûteux que l'immunoglobuline IgG des mammifères. L'anticorps IgY peut être utilisé pour traiter les rotavirus chez l'humain, les infections à la bactérie E. coli, au Streptocoque, au Pseudomonas, au Staphylocoque et à la Salmonelle (Lerrer ; Gilboa-Garber , 2001).

Les œufs sont classés selon leur poids en premier lieu, puis selon l'âge de l'œuf par mesure de la hauteur de la chambre à air. Se conférer tableau 19.

Tableau 19 : Réglementation Européenne sur les œufs de consommation (Sauveur, 1988)

<p>*Catégorie de poids</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Catégorie 1 : 70g et plus.</li><li>-Catégorie 2 : moins de 70g à 65 g inclus</li><li>-Catégorie 3 : moins de 50 à 45 g inclus.</li><li>-Catégorie 4 : moins de 45g.</li></ul> <p>*Catégories « qualitatives »</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Catégorie A : œufs frais ni nettoyés, ni réfrigérés, chambre à air &lt; 6mm extra-frais moins de 7 jours entre emballage et vente, ramassage bi-hebdomadaire, chambre à air &lt; 4mm.</li><li>-Catégorie B : 2ème qualité œufs réfrigérés, conservés, chambre à air ≤ 9mm.</li><li>-Catégorie C : œufs destinés à l'industrie de l'alimentation humaine devant être traités en casserie (dont les œufs clairs incubés moins de 6 jours)</li><li>-Catégorie D : œufs destinés à l'industrie non alimentaire.</li></ul> <p>*Mode d'élevage des poules :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Poules élevées en plein air, système extensif</li><li>-Poules élevées en plein air</li><li>-Poules élevées au sol</li><li>-Poules élevées en volière</li></ul>
--

Le tableau 20 résume les normes qualitatives de chaque partie de l'œuf destiné à la commercialisation et à la consommation humaine.

Tableau20 : Normes qualitatives de commercialisation des œufs destinés à la consommation humaine (Cherrid , 1988)

Catégorie	Coquille	Cuticule	Chambre à air	Jaune	Blanc	Germe	Odeur
A	normale propre intacte	Nettoyage interdit	-extra : au plus 4mm au moment d l'emballage. -frais : au plus 6mm et Doit être immobile	Peu mobile en cas de rotation de l'œuf, ses contours doivent être flous et absence de corps étrangers	-Clair, limpide, gélatineux. -Exempt de corps Etrangers	Imperceptible	-Pas d'odeurs anormales
B	normale intacte	Nettoyage possible par brossage.	-au plus 9mm	Contours flous au mirage et absence de corps étrangers	-Clair, limpide. -Exempt de corps Etrangers	Imperceptible	-Pas d'odeurs anormales Le

Depuis Janvier 2004 et conformément à la législation Européenne, tous les œufs de catégorie A\* doivent être pourvus d'un code d'identification spécial concernant l'origine de cet œuf et le mode d'élevage.

C'est un code harmonisé à chiffres et lettres qui informe le consommateur sur le pays D'origine et s'il s'agit d'un élevage en plein air, au sol, ou en cages. Se conférer figure 3 (web 6, 2005).



Figure 03 : Méthode de codage des œufs (web 6, 2005)

Les 2 premiers chiffres correspondent au mode d'élevage :

-le chiffre 0 correspond au mode de production biologique.

-le chiffre 1 correspond à l'élevage en plein air.

-le chiffre 2 correspond à l'élevage en sol.

-le chiffre 3 correspond à l'élevage en cages.

-les lettres correspondent au pays d'origine (web 6, 2005) (figure 4).

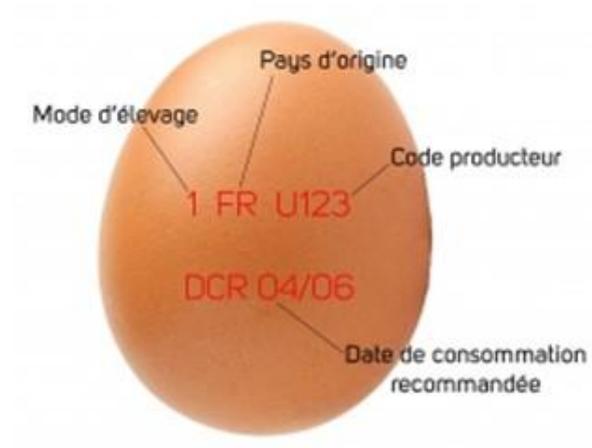


Figure 4 : Œuf pourvu d'un code d'identification selon la législation européenne (web 6, 2005)

Les ovo produits sont des denrées alimentaires obtenues par le cassage des œufs et constitués par la totalité ou une partie du contenu de l'œuf.

Ne peuvent être utilisés comme matière première que les œufs qui présentent les caractères suivants :

- les œufs propres à la consommation humaine.
- les œufs fêlés légèrement souillés livrés directement sans intermédiaire par les centres d'emballage.
- les œufs ouverts accidentellement par les centres d'emballage et les producteurs à une casserie immatriculée préparant des ovo produits pasteurisés (Cherrid , 1988).

Les œufs :

- sales non lavés préalablement au cassage.
- dont la coquille n'est pas achevée.
- rejetés des incubateurs quelque soit la durée du séjour.
- mélangés dans un ovo produit d'œufs d'espèces différentes, ne peuvent être utilisés comme matière première pour la fabrication d'ovo produits (Cherrid , 1988).

## **6.1 Les différentes catégories d'ovo produits**

### **6.1.1 Les ovo produits liquides**

Les œufs peuvent être utilisés immédiatement sans subir de pasteurisation ; c'est le cas de la coule fraîche (mélange de blanc et de jaune) qui est la seule préparation pour qui l'appellation d' « œufs frais » est autorisée puisqu' aucune propriété de l'œuf n'y est altérée.

Les autres produits doivent être pasteurisés (2.5 minutes à 64°C) conditionnés en bidons et stockés à une température inférieure ou égale à +3°C jusqu' à leur utilisation, leur livraison devant se faire dans les 24 heures suivant la pasteurisation (Gounand, 1988).

**6.1.2 Les ovo produits congelés**

Ce sont les produits liquides qui ont été congelés au plus tard dans les 12 heures qui suivent la pasteurisation, ils sont d'abord surgelés à  $-40^{\circ}\text{C}$  puis stockés à une température inférieure ou égale à  $-12^{\circ}\text{C}$  (jusqu'à  $-18^{\circ}\text{C}$ ). Le moment de la décongélation est le moment le plus critique durant lequel les règles d'hygiène doivent être rigoureuses, il consiste en un préchauffage entre  $-4^{\circ}\text{C}$  et  $-1^{\circ}\text{C}$  suivi d'un bain -marie à  $40-45^{\circ}\text{C}$  (Gounand, 1988).

**6.1.3 Les ovo produits séchés**

Egalement appelés « poudres d'œufs », ce sont les produits liquides qui ont été déshydratés jusqu'à l'obtention d'une poudre ayant une humidité convenable (8% pour le blanc, et 5% pour le jaune ou pour l'œuf entier). Ces poudres sont obtenues par atomisation entre  $160$  et  $200^{\circ}\text{C}$ , la lyophilisation n'est utilisée qu'expérimentalement. Cependant du fait de leur coût de production trop élevé et de la perte de quelques propriétés fonctionnelles de l'œuf, leur utilisation reste limitée (Gounand, 1988).

**6.1.4 Les ovo produits concentrés**

Ce sont les produits liquides pasteurisés ou non auxquels on a retiré une partie de l'eau et des solutés de faible poids moléculaire par ultra filtration et auxquels on a rajouté du sel ou du sucre. Ces produits peuvent être stockés pendant des mois à température ambiante (Gounand, 1988).

**6.2 Composition des ovo produites.**

Les compositions moyennes de plusieurs catégories d'ovo produits sont résumées dans le tableau 21.

Tableau 21 : Composition moyenne des ovo produit congelés et déshydratés pour 100g de produit (D'après Cotterill et Glauert, 1979 cités par Sauveur, 1988).

	Produits congelés				Produits déshydratés		
	Œuf Entier	Blanc	Jaune		Œuf Entier	Blanc Désucré	Jaune Commercial (*)
			Pur	Commercial (*)			
Matière sèche (g)	24,5	12,1	51,8	44,0	96,8	93,6	97,2
Calories / 100g	150	50	380	310	600	390	690
Protéines (g)	12,0	10,2	16,1	14,9	47,4	79,1	32,9
Dont lysine (g)	0,82	0,66	1,17	1,07	3,24	5,12	2,37
Méthionine (g)	0,39	0,39	0,39	0,39	1,54	3,02	0,86
Lipides	10,9	--	34,1	27,5	43,1	--	60,8
Dont cholestérol (g)	0,48	--	1,52	1,23	1,90	--	2,72
Lécithines (g)	2,32	--	7,20	5,81	9,16	--	12,84
Cendres	1,00	0,68	1,69	1,49	4,00	5,30	3,30
Dont Sodium (g)	0,13	0,16	0,05	0,07	0,51	1,28	0,16
Phosphore (g)	0,05	0,01	0,15	0,12	0,21	0,08	0,27
Fer (mg)	0,20	0,02	0,60	0,48	0,80	0,17	1,17
Vitamines	2,0	0,1	6,0	4,8	7,8	1,1	10,6
A (UI)	480	--	1530	1240	1900	--	2740
D (UI)	50	--	160	130	200	--	285
B1 (mg)	0,09	0,01	0,28	0,22	0,36	0,09	0,50
B2 (mg)	0,33	0,28	0,44	0,41	1,3	2,2	0,9
Ac. Pantothénique (mg)	1,5	0,25	4,3	3,5	6,0	1,9	7,7
Biotine (ug)	20	6,8	50	40	80	53	90

(\*) Les jaunes séparés portent toujours à leur des restes de blanc

## 6.3 Propriétés fonctionnelles des ovo produites

### 6.3.1 Pouvoir anti-cristallisant (blanc)

Il permet d'éviter la formation de cristaux de saccharose dans les industries qui utilisent des solutions sursaturées en sucre.

### 6.3.2 Pouvoir foisonnant

C'est le lysozyme qui est responsable de la formation de la mousse, et l'ovomucine assure la stabilité de cette mousse en formant un film insoluble protégeant des bulles d'air.

### 6-3.3 Pouvoir aromatique (jaune)

L'œuf possède une saveur spéciale et constitue un fixateur d'arômes très efficace.

### 6.3.4 Pouvoir colorant (jaune)

Il est très important dans certaines industries alimentaires.

### **6.3.5 Pouvoir émulsifiant (jaune)**

Grâce à sa viscosité, le jaune confère une grande stabilité aux émulsions qu'il forme.

### **6.3.6 Pouvoir coagulant (blanc et jaune)**

Sous l'action de la chaleur ou d'autres agents physiques ou chimiques, les protéines et en particulier l'ovalbumine vont être dénaturées et ainsi provoquer la coagulation. Le blanc commence à coaguler à partir de 57°C et le jaune commence à épaissir à partir de 65°C.

### **6.3.7 Pouvoir liant (blanc et jaune)**

Il est particulièrement recherché dans certaines industries, il est dû à la capacité qu'a le blanc et à moindre degrés le jaune de former des gels qui peuvent englober d'autres substances ajoutées (Sauveur, 1988).

## **6.4 Les différents technologies appliquées aux ovo produits**

### **6.4.1 Le cassage des œufs**

Il se fait grâce à des machines qui peuvent traiter jusqu'à 20 000 unités /heure, elles permettent de laver et d'aseptiser les œufs avant de les casser.

Cette opération a 02 buts :

- séparer la partie solide qui est la coquille de la partie liquide (jaune et blanc).
- séparer le jaune du blanc, cette opération permet d'obtenir du blanc, du jaune ou de l'entier puisque le jaune peut être mélangé au blanc.
- L'extrait sec du jaune obtenu par cassage mécanique est plus faible que l'extrait sec du jaune obtenu en séparant individuellement les œufs à la main, dans le premier cas il est de 50% alors que dans le deuxième cas il n'est plus que de 44.3% car il est contaminé par 15% de blanc à 12% d'extrait sec (Gounand , 1988) Se conférer figure 5.

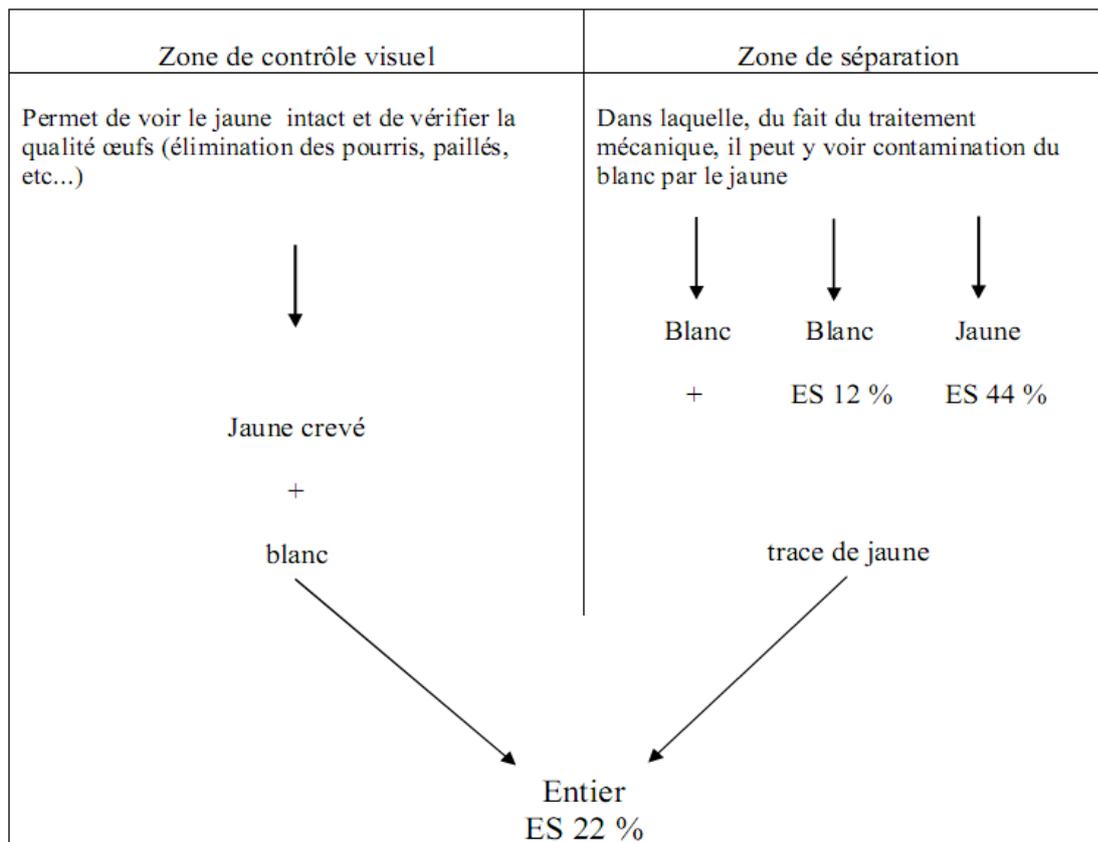


Figure N5 : Méthode de séparation du blanc et du jaune (Gounand, 1988).

### 6.4.2 La pasteurisation des ovo produits

La pasteurisation des ovo produits constitue une mesure de sécurité pour les consommateurs.

Cependant des interrogations peuvent naître du fait de l'adéquation entre ces traitements thermiques et l'inactivation des pathogènes associés aux ovo produits. *Salmonella* possède une longue histoire avec les œufs et les ovo produits. Dans les dix dernières années, *SALMONELLA enteritidis* a émergé comme étant l'une des causes de salmonellose d'origine alimentaire aux Etats-Unis, Canada, Royaume-Uni et dans d'autres pays. Le but premier de la pasteurisation est l'élimination des germes pathogènes en particulier les Salmonelles, et une réduction importante de la flore totale. Une pasteurisation bien conduite permet d'obtenir des flores totales de l'ordre de 1000 germes/ml à condition que la flore initiale ne soit pas trop élevée (Shuman ; Sheldon, 1997).

Les conditions de pasteurisation de l'œuf entier et du jaune qui sont de 64.4°C à 2min à 30min permettent d'obtenir des produits ne contenant plus de germes pathogènes tels que salmonelles et Staphylocoques. Pour le blanc on utilise des températures voisines de 55 à 56°C, car au-delà il perd son pouvoir foisonnant.

Il est nécessaire de souligner que le pH est un facteur déterminant en ce qui concerne la thermo-résistance de certains germes, ainsi les salmonelles sont plus thermo résistantes dans le jaune (pH 6.5) que dans le blanc (pH 9).

Osborne et al, (1954) ont démontré que le taux de destruction de salmonelles est de 3 à 14 fois plus important dans le blanc que dans l'œuf entier, et qu'il est 2 fois plus important dans l'œuf entier que dans le jaune (Gounand , 1988).

### 6.4.3 La congélation des ovo produits

C'est la technique de conservation la plus largement utilisée dans le cas des ovo produits, elle se fait en général à -40°C puis à une température inférieure ou égale à -12°C pour le stockage ultérieur. Elle réduit jusqu'à 99% de certains germes présents dans les ovo produits (se conférer tableau 22).

Tableau 22 : Nombre de bactéries trouvées dans les ovo produits congelés pasteurisés (Shafi et al, 1970 cités par Gounand , 1988).

Produit	Flore totale	Germes psychrophiles	Germes Thermophiles	Germes Anaérobies
-Blanc d'œuf	220	2	25	18
-Jaune d'œuf	500	35	25	8
-Œuf entier	630	25	250	45

Wrinkle et al, 1995 ont démontré que la plupart des germes survivent à la congélation mais seulement 03 survivent à la pasteurisation et à la congélation à la fois :

-Les bacillus.

-Les alcaligènes.

-Et les proteus (Gounand , 1988).

Si les changements dus à la congélation sont minimes en ce qui concerne le blanc d'œuf (légère liquéfaction) ceux-ci sont plus marqués en ce qui concerne le jaune. Palmer et al, (1970) ont démontré que le chauffage du jaune décongelé pendant 01 heure à 45 et 55°C ne lui faisait pas perdre complètement sa gélification et par conséquent le produit va être plus difficile à mélanger avec d'autres ingrédients, la solution utilisée est l'addition de sel à un taux de 10% afin d'augmenter le pouvoir émulsifiant (Gounand , 1988).

#### 6.4.4 Le séchage des ovo produits

La déshydratation des ovo produits a plusieurs rôles :

-conservation des produits par arrêt du développement microbien et ralentissement des réactions chimiques consécutives à la perte d'eau.

-réduction des coûts de stockage et de transport par diminution des volumes (Sauveur, 1988).

Les techniques de séchage consistent en un transfert de la chaleur de l'air chaud vers le liquide à sécher, il en résulte une évaporation de l'eau qui permet d'obtenir une poudre (Se conférer tableau 23).

Tableau 23 : Proportions d'eau et de matières sèches dans les ovo produits liquides (Gounand , 1988).

Produit	Liquide		Poudre		Nombre de litres pour 1 kg de poudre
	%MS	%Eau	%MS	%Eau	
Blanc d'œuf	11.5	88.5	92	8	8
Jaune d'œuf	44	56	96	4	2.2
Œuf entier	24	76	95	5	4

Sous l'action des très hautes températures, les ovo produits subissent des altérations chimiques d'où la nécessité de recourir à des additifs afin de limiter les effets de ces altérations, celles-ci se traduisent ainsi :

- perte du pouvoir foisonnant du blanc par altération de certaines protéines qui en sont responsables (ovoglobuline, ovomucine, ovalbumine).

- perte du pouvoir foisonnant du jaune du à la rupture des globules gras, l'addition de sucre dans ce cas empêche cette altération.

- la présence du glucose dans le blanc se traduit par l'apparition de la réaction de Maillard (liaison sucre-protéine) qui donne un brunissement de la poudre et une diminution de la solubilité, pour y remédier on pratique le désucrage du blanc.

- la réaction de Maillard peut également se produire dans le jaune et dans l'œuf entier, il y a apparition de défauts de flaveur pendant le stockage car en plus le glucose peut réagir avec la céphaline. Sous l'action des très hautes températures, il y a également diminution de la flore totale qui dépend essentiellement du type de micro-organismes présents avant le séchage, certains sont très sensibles alors que certains sont résistants. Les salmonelles sont plus sensibles au séchage si le produit a déjà subi une pasteurisation auparavant (Shuman ; Sheldon, 1997).

### 6.4.5 Les ovo produits concentrés

L'intérêt de ce procédé est à la fois d'obtenir un produit se conservant très bien à température ambiante et contenant un nombre minimum de germes puisqu'on garantit une efficacité bactériologique identique à la pasteurisation.

L'ovo produit est sucré ou salé, pasteurisé pendant 20mn entre 65 et 70°C puis soumis à une évaporation pour obtenir l'extrait sec souhaité.

Le produit obtenu peut être conservé à température ambiante pendant plusieurs mois jusqu'à un an (Shuman ; Sheldon, 1997).

### 6.4 .6 Rôles des additifs utilisés

- ❖ le sucre :
  - ✓ il limite la perte du pouvoir foisonnant, un œuf entier sucré à 10% garde toutes ses propriétés foisonnantes.
  - ✓ il empêche le développement de la réaction de Maillard dans les produits non désucrés.
  - ✓ il diminue les changements de viscosité dus au séchage et au stockage.
  - ✓ il empêche la diminution de la solubilité pendant le stockage.
  - ✓ il stabilise la flaveur.
- ❖ le sel :
  - ✓ sa principale action est de limiter la perte du pouvoir foisonnant (Sauveur B, 1988).

## 7.1 Epidémiologie

### 7.1.1. Chez les volailles

Depuis bien longtemps, il est connu que la volaille peut héberger de nombreux sérotypes de Salmonella. Cependant, l'émergence du sérotype *enteritidis* a fortement attiré l'attention sur cette problématique, principalement parce qu'il est facilement transmissible à l'homme chez qui il peut causer des symptômes cliniques d'une grande sévérité. *SALMONELLA enteritidis* a une affinité particulière pour le tractus génital de la volaille, ce qui explique la contamination des œufs et, par voie de conséquence, son introduction dans la chaîne alimentaire. L'émergence du sérotype *enteritidis* dans l'industrie avicole a eu lieu dans tous les pays occidentaux entre 1965 et 1980 (Lee, 1975 ; Rabsch et al. 2000). En 20 ans, *SALMONELLA enteritidis* est devenu le sérotype le plus commun chez la volaille (Poppe, 2000). Au Royaume-Uni, Mc Ilroy et McCracken (1990) ont montré une évolution de la fréquence de serotype *enteritidis* qui est passé de 3,3 % des souches isolées provenant de volaille en 1985, à près de 50 % en 1988. Au Pays Bas, il est passé de 5,5 % en 1986 à 15 % en 1992, pour devenir le sérotype le plus répandu en 2000 avec 20 % des souches isolées (Van Duijkeren et al, 2002). Ces dernières années, on note heureusement dans la plupart des pays une décroissance du nombre de souches de Salmonella isolées chez la volaille. Cette tendance générale varie néanmoins suivant le niveau de la chaîne de production. Les données présentées ci-après pour ces différents niveaux doivent être interprétées avec prudence puisque les programmes et les méthodes d'échantillonnage et d'isolement peuvent varier d'un pays à l'autre.

#### a-Exploitations de la reproduction

En général, les taux de contamination par Salmonella des exploitations de reproduction sont très bas en Europe occidentale (moins de 3 % et proche de 0 % en Scandinavie). Dans le sud de l'Europe (Grèce, Espagne, Italie), on note toutefois des taux de contamination plus élevés, de l'ordre de 7 à 10 %. En 2002, les sérotypes les plus fréquemment rapportés dans la Communauté européenne (CE) pour les exploitations de reproduction étaient *enteritidis* (42 %), Mbandaka (8,8 %), Livingstone (6,4 %), Typhimurium (4,5 %) et Senftenberg (3 %) (European Commission, 2005). En Belgique, on a observé une forte décroissance des taux de contamination des exploitations de reproduction à la fin des années 90. Celle-ci est à mettre en relation avec une bonne couverture vaccinale. En 1997, 13,7 % des exploitations de reproduction étaient contaminées par *SALMONELLA enteritidis* et 7,5 % par *SALMONELLA typhimurium*, tandis qu'en 2003, seulement 1,2 % étaient contaminées par *SALMONELLA enteritidis* et 1,9 % par *SALMONELLA typhimurium*. Se conférer tableau 24.

Tableau 24 : Présence de *SALMONELLA enteritidis* et de *SALMONELLA typhimurim* chez les poules reproductrices en Belgique (agence fédérale pour la sécurité de la chaîne alimentaire, rapports d'activités 1995-2003).

Année	<i>SALMONELLA enteritidis</i>		<i>SALMONELLA typhimurium</i>	
	Exploitations(%)	Bandes(%)	Exploitations(%)	Bandes(%)
1995	10.6	7.7	4.3	2.4
1996	11.6	6.3	6.0	3.4
1997	13.7	7.7	7.5	4.3
1998	9.4	6.3	5.2	2.9
1999	6.9	3.0	3.2	2.1
2000	3.0	1.7	1.7	0.9
2001	2.2	1.3	2.2	1.1
2002	0.4	0.1	2.7	1.0
2003	1.2	0.5	1.9	0.8

### 7.1.2. La salmonellose chez l'homme

Au niveau mondial, deux grands changements dans l'épidémiologie de la salmonellose non-typhoïde chez l'homme ont été constatés au cours de la deuxième moitié du siècle dernier : l'émergence de souches de *Salmonella* résistantes à de multiples antibiotiques, comme par exemple la souche de *SALMONELLA typhimurium* DT104 et l'émergence du sérotype *enteritidis*, pathogène lié à la volaille et à l'œuf de poule en particulier (Rabsch et al., 2001).

Jusqu'en 1980, le sérotype *enteritidis* était isolé des cas humains de salmonellose à une fréquence assez basse. Entre 1979 et 1987, la part prise par ce sérotype dans les cas humains de salmonellose a fortement augmenté dans 24 des 35 pays ayant transmis des informations à l'Organisation mondiale de la Santé (OMS). En 1979, *enteritidis* était le sérotype le plus fréquemment rencontré dans 2 des 21 pays fournissant des informations à l'OMS. En 1987 par contre, *enteritidis* était devenu le sérotype le plus important dans 9 de ces 21 pays. Parmi ces 9 pays, 8 étaient européens (Rodrigue et al., 1990). En 1995, 61,3 % des souches isolées provenant de cas humains en Allemagne étaient du sérotype *enteritidis*, et 23,4 % du sérotype *typhimurium* (Poppe, 1999). A l'opposé, en Allemagne de l'ouest, pendant la période 1956 à 1959, la fréquence de *SALMONELLA enteritidis* variait entre 4,4 % et 5,9 % et celle de *S. typhimurium* entre 34 % et 41 % (Poppe, 1999). En Angleterre et au Pays de Galles, le sérotype *enteritidis* est également devenu le plus important, avec 70,7 % des souches isolées en 1997 (Schroeter et al., 1998). Aux Etats Unis, l'évolution a été moins rapide, mais *enteritidis* est néanmoins passé de la sixième place en 1960 à la première place en 1990 dans la liste des sérotypes les plus fréquemment isolés (Aserkoff et al., 1970 ; Mishu et al., 1994).

Cette augmentation des cas d'infection dus au sérotype *enteritidis* a induit une augmentation parallèle du nombre total de cas de salmonellose chez l'homme. Heureusement, ces dernières années, on note une diminution graduelle du nombre total de cas dans la CE, excepté en 2001 (European Commission, 2005). En 2002, plus de 145.000 cas de salmonellose ont été rapportés chez l'homme dans l'Europe des 15, comparé à 200.000 cas en 1997. La situation varie cependant fortement d'un pays à l'autre.

## 7.2. Les sources de contamination

### 7.2.1 Pour la volaille

Les exploitations de volailles peuvent s'infecter par différentes voies. On distingue de manière générale la voie verticale et la voie horizontale.

#### a- La voie verticale

Par la voie verticale on entend la transmission trans-ovarienne et donc la contamination de l'œuf fécondé, lors du passage de la bactérie des parentales aux poussins. Par conséquent, le contrôle de l'infection chez les parentales est capital dans un programme de lutte. Le mécanisme de transmission de la bactérie vers l'œuf est discuté de manière plus détaillée dans la section suivante.

#### b- La voie horizontale

La voie horizontale de transmission est tout aussi importante que la voie verticale. En effet, on a vu précédemment que les taux de contamination des reproductrices étaient en général très faibles (bonne couverture vaccinale) tandis que les taux de contamination des poules pondeuses et des poussins à l'engrais était beaucoup plus élevés (faible couverture vaccinale). Ceci suggère un rôle important de la vaccination et de la voie de transmission horizontale. Plusieurs facteurs peuvent intervenir dans la transmission horizontale. Tout d'abord, la persistance de l'infection dans les bâtiments d'élevage et dans les couvoirs joue certainement un grand rôle (Bailey et al., 2002 ; Gradel et Rattenborg, 2003). Les rats et les souris peuvent être porteurs de l'infection et contaminer les bâtiments et les aliments. En effet, il a été démontré que les souris capturées dans les environs d'un bâtiment hébergeant des poules pondeuses infectées, étaient 4 fois plus souvent trouvées positives pour *SALMONELLA* que les souris capturées aux alentours d'un bâtiment hébergeant des poules pondeuses non infectées (Garber et al., 2003). Les insectes peuvent aussi constituer des réservoirs de *SALMONELLA*. Dans 14 bâtiments pour poussins à l'engrais, les coléoptères hébergeaient la même souche de *SALMONELLA* que les poussins

(Skov et al. 2004). Il a également été démontré que les moustiques et les vers de farine dans les élevages de volaille peuvent héberger des Salmonella (Hald et al. 1998 ; Olsen and Hammack, 2000). Quand on relâche des coléoptères contaminés par Salmonella dans une chambre contenant des poussins sensibles, ces derniers sont infectés endéans les 4 jours (Hald et al, 1998). L'eau de boisson et les aliments constituent également d'importantes sources de contamination pour la volaille. Les abreuvoirs sont facilement contaminés par les becs des poussins, leurs pattes et les fientes. Les systèmes d'abreuvement avec des tétines sont manifestement moins contaminés (Renwick et al. 1992). Les aliments sont souvent contaminés durant le stockage et la préparation.

### 7.2.2 Chez les humains

L'homme s'infecte avec des *SALMONELLES* non-typhoïdes essentiellement par l'ingestion d'aliments contaminés. La plupart des cas de salmonellose chez l'homme sont sporadiques. Néanmoins, les épidémies à Salmonella ne sont pas rares, et celles-ci peuvent parfois toucher de nombreux individus. En effet, aux Etats-Unis, une épidémie de gastro-entérite due à *S. enteritidis* suite à la consommation de crèmes glacées contaminées a touché 224.000 personnes (Hennessy et al., 1996). En principe, tous les animaux de rente peuvent être contaminés et donc constituer un risque pour l'homme. Les sources de contamination les plus importantes sont toutefois la viande de volaille et les œufs. Les facteurs de risque d'apparition de cas sporadiques les plus importants sont la consommation de plats à base d'œufs de poules crus ou insuffisamment cuits et ensuite la consommation de viande de volaille insuffisamment cuite (Humphrey et al.1988 ; Cowden et al., 1989 ; Schmid et al., 1996 ; Mohle-Boetani et al., 1998 ; Hayes et al., 1999 ; Kimura et al., 2004). Les conditions hygiéniques durant et après l'abattage ont certainement un impact sur ce type d'infection. Comme autres facteurs de risque pour les cas sporadiques de salmonellose chez l'homme on peut citer les voyages internationaux et la consommation de plats préparés dans des restaurants (Kimura et al., 2004). Dans ce dernier cas, on considère que le risque est plus élevé parce que les aliments sont préparés en grandes quantités et à l'avance. Enfin un autre facteur de risque identifié pour les cas sporadiques d'infection à Salmonella chez les enfants était la conservation des œufs pendant une période de plus de 2 semaines avant la consommation, en particulier, en période estivale (Delarocque-Astagneau et al. 1998). La réfrigération des œufs pendant la période de conservation constitue sans doute la mesure la plus efficace pour éviter des infections liées à la consommation d'œufs. Au vu de ces différents facteurs de risque, une recommandation a été donnée aux hôpitaux de ne plus préparer des repas avec des œufs insuffisamment cuits pour les personnes âgées ou

immunodéficientes. On a également recommandé la pasteurisation des œufs pour les crèches et pour tous les plats commerciaux qui ne subissent pas un traitement thermique suffisant (Poppe, 1999).

### 7.3. La pathogénèse de l'infection à salmonella chez la volaille

La plupart des bactéries appartenant à l'espèce *Salmonella* peuvent coloniser un large spectre d'hôtes. Néanmoins, certains sérotypes sont adaptés à un spectre d'hôtes plus restreint, ce qui signifie qu'ils ont acquis une série de propriétés génétiques qui leur permettent de coloniser de manière préférentielle et persistante ce type d'hôtes. Certains sérotypes sont même exclusivement associés à un seul hôte, comme par exemple *S. gallinarum* chez la volaille. Ces sérotypes induisent souvent une pathologie sévère, voire létale. Cependant, la plupart des sérotypes peuvent infecter toute une série d'hôtes différents et cause en général une gastro-entérite temporaire (Uzzau et al, 2000). Parmi ces derniers on retrouve *S. enteritidis* et *S. typhimurium*.

La pathogénèse des souches à spectre d'hôtes restreint ne sera pas discutée dans cette revue. Par contre, la pathogénèse chez la volaille lors d'infection par des souches à large spectre d'hôtes sera examinée en détail. En général, la pathogénèse débute avec l'ingestion de la bactérie par voie orale. Les bactéries passent dans l'intestin et s'attachent aux cellules épithéliales. Après cette phase d'attachement, la bactérie peut envahir les cellules épithéliales. Ensuite, après la phase intestinale, il y a une phase systémique. Pendant cette phase systémique, les bactéries peuvent survivre et persister dans les macrophages. Pour ces différents processus la bactérie possède une série de gènes de virulence, qui sont regroupés sur le génome dans des îlots de pathogénicité. se conférer figure 6.

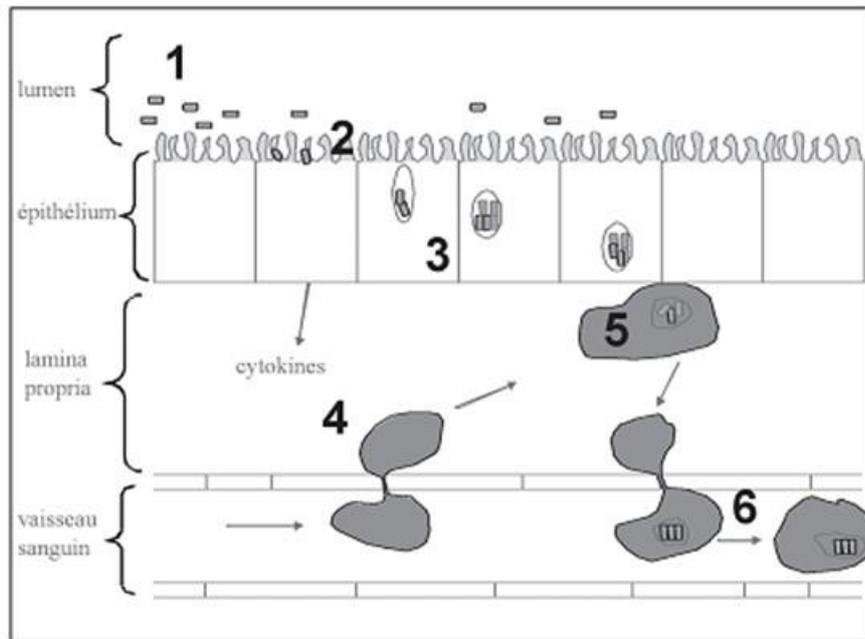


Figure 6: Pathogénèse d'une infection à Salmonella

- 1) après ingestion orale, les bactéries passent par l'estomac pour arriver dans la lumière intestinale.
- 2) les bactéries s'attachent aux cellules épithéliales et induisent une modification des filaments d'actine de la cellule.
- 3) ceci donne lieu à une internalisation de la bactérie dans la cellule épithéliale, Salmonella est capable de se multiplier à l'intérieur de la cellule eucaryote.
- 4) des macrophages vont migrer des vaisseaux sanguins vers la paroi intestinale et font partie d'une réaction inflammatoire.
- 5) ces macrophages peuvent phagocyter les bactéries. Salmonella dispose de mécanismes qui permettent la bactérie de survivre et même de multiplier à l'intérieur des macrophages.
- 6) les macrophages infectés peuvent passer dans le sang et se disperser vers d'autres organes, tels que la rate et le foie.

#### 7.4. La contamination des œufs

Après la ponte, il est possible que les œufs soient contaminés par *S. enteritidis* à travers la coquille de l'œuf, quand l'œuf est contaminé par des matières fécales (Gast and Beard 1990 b ; Barrow and Lovell, 1991 ; Humphrey et al. 1991b). Il est également possible que la contamination ait lieu directement dans le jaune d'œuf, le blanc d'œuf, la membrane interne de

la coquille ou la coquille même avant la ponte de l'œuf, suite à l'infection du système de reproduction de la poule pondeuse (Timoney et al.1989 ; Shivaprasad et al., 1990).

#### **7.4.1. La contamination de la surface de l'œuf et la pénétration à travers la coquille**

Une multitude de sérotypes a été isolé de la coquille des œufs (de Louvois,1993b) y compris *S. enteritidis* (Humphrey 1994 ; Schutze et al.,1996). La présence de Salmonella sur la surface extérieure de la coquille de l'œuf et contamination du contenu de l'œuf présente une menace pour la santé publique. La surface peut être contaminée soit dans la partie distale de l'oviducte, soit par le biais d'une contamination fécale. Plusieurs chercheurs ont investigué la possibilité d'une pénétration à travers la coquille de l'œuf dans des conditions de laboratoire avec différents sérotypes de Salmonella tels que, par exemple, *S. enteritidis* et *S. typhimurium* (Javed et al. 1994 ; Miyamoto et al. 1998 ; Wang and Slavik , 1998 ; Berrang et al., 1999). Sur base de ces expérimentations, on a émis l'hypothèse que le contenu de l'œuf pouvait être contaminé immédiatement après la ponte par des bactéries passant à travers les pores ou des fissures dans la coquille. Quelques rapports dans la littérature scientifique suggèrent que le contenu de l'œuf serait contaminé surtout pendant le passage dans le cloaque plutôt que par infection de l'ovaire (Rodrigue et al.1990 ; Barrow and Lovell, 1991).

#### **7.4.2 Contamination de l'œuf pendant sa formation**

Etant donné que *S. enteritidis* est le sérotype prépondérant dans le contenu de l'œuf (Mawer et al, 1989) et que le rapport entre la fréquence de contamination du contenu de l'œuf et de l'extérieur de la coquille par *S. enteritidis* est faible (Humphrey et al, 1991c ; Methner et al, 1995), il est probable que la contamination du contenu de l'œuf ait lieu pendant sa formation dans le tractus reproducteur de la poule. Par ailleurs, des études sur la contamination des œufs pondus par des poules infectées expérimentalement n'ont pas permis de mettre en évidence une relation entre le portage intestinal/fécal et la présence de la bactérie dans le contenu de l'œuf (Gast and Beard, 1990a ; Humphrey et al., 1991b). De plus, des *S. enteritidis* peuvent être isolées du système reproducteur de poules pondeuses en l'absence de colonisation intestinale (Bygrave and Gallagher, 1989 ; De Buck et al, 2004a).

*S. enteritidis* a été isolé du jaune aussi bien que du blanc d'œuf provenant de poules infectées (Humphrey et al, 1991c ; Keller et al, 1995 ; Bichler et al, 1996). La plupart des auteurs concluent que l'albumen constitue le compartiment de l'œuf le plus fréquemment contaminé

(Gast and Beard, 1990a ; Shivaprasad et al, 1990 ; Humphrey et al, 1991c ; Gast and Beard, 1993 ; Humphrey, 1994 ; Methner et al, 1995 ; Price et al, 1995). Cette contamination du blanc d'œuf aurait lieu pendant le passage de l'œuf dans l'oviducte (Gast and Beard, 1990b ; Shivaprasad et al, 1990 ; Humphrey et al, 1991c ; Hoop and Pospischil, 1993 ; Reiber and Conner, 1995). Plusieurs auteurs suggèrent même que *S. enteritidis* passerait dans les œufs le plus fréquemment au niveau de la partie supérieure de l'oviducte, associé à l'albumen (Gast and Beard, 1990a ; Shivaprasad et al, 1990 ; Hoop and Pospischil, 1993 ; Humphrey, 1994 ; Keller et al, 1995). Après coloration immunohistochimique, on a même retrouvé *S. enteritidis* associée aux cellules sécrétoires du magnum supérieur et inférieur (Hoop and Pospischil, 1993), ce qui pourrait expliquer pourquoi la bactérie contamine le blanc de l'œuf. Par contre, la contamination du jaune d'œuf indiquerait une contamination de l'ovaire. La coquille de l'œuf et la membrane interne de la coquille sont produites dans la partie plus distale de l'oviducte. Il est tout à fait possible que ces segments de l'oviducte soient également contaminés. Plusieurs chercheurs y ont trouvé une contamination fréquente de la coquille et de la membrane interne de la coquille (Humphrey, 1989 ; Humphrey et al.1991c ; De Buck et al, 2004). Certains auteurs sont même arrivés à la conclusion que ce sont les endroits les plus fréquemment contaminés (Bichler et al, 1996 ; Miyamoto et al, 1997 ; Okamura et al, 2001b). Etant donné que *S. enteritidis* peut pénétrer à travers la coquille, il reste néanmoins difficile de faire la distinction entre une contamination pendant la formation de l'œuf ou après la ponte de celui-ci. Dans le cas des œufs fécondés, une contamination de la membrane interne de la coquille peut mener à la situation que le poussin ne sera contaminé que tardivement et parfois même, seulement au moment de l'éclosion.

## 7.5. Mesures de prévention et de contrôle

### 7.5.1 Mesures à prendre au niveau de la production

Toute une série de mesures de prévention et de traitement sont disponibles à l'heure actuelle chez la volaille. La première mesure est de n'introduire que des poussins indemnes dans les bâtiments, ce qui implique que les parentales et les grands parentales soient indemnes de *Salmonella* afin d'éviter la transmission verticale. La mesure préventive la plus répandue est sans doute la vaccination. La vaccination est certainement efficace pour les poules pondeuses, tandis que pour les poulets à l'engraissement, l'utilité de la vaccination peut être mise en doute, vu la courte durée de vie de ces animaux. On trouve sur le marché des vaccins atténués et inactivés qui permettent de réduire l'excrétion et la circulation de *Salmonella* (Nassar et al, 1994

; Feberwee et al, 2001 ; Clifton-Hadley et al, 2002 ; Woodward et al, 2002 ; Holt et al, 2003). Ces vaccins ont été développés avec des méthodes plutôt empiriques et il manque encore des données scientifiques pour savoir si ceux-ci sont capables de réduire également le taux de contamination des œufs. Les développements récents en génétique et en biologie moléculaire permettent de construire des souches mutées de Salmonella qui ne persistent pas dans les tissus de l'hôte tout en induisant une protection maximale. De tels vaccins génétiquement modifiés ont été testés chez la volaille en conditions expérimentales. Leur autorisation de mise sur le marché est attendue (Zhang-Barber et al, 1999). La vaccination des parentales et des poules pondeuses est sans aucun doute une mesure importante de prévention et de contrôle qui permet de réduire le niveau de contamination de l'ensemble du secteur de la volaille. A côté des vaccins, on retrouve également sur le marché une gamme impressionnante d'additifs alimentaires anti-Salmonella utilisés chez la volaille et grâce auxquels une réduction du niveau de contamination de Salmonella est espérée. Ces produits sont destinés à réduire l'excrétion fécale et à réduire aussi la colonisation du tractus digestif. Cette réduction de l'excrétion fécale amènera une diminution des taux de contamination de l'environnement et par conséquent le risque de contamination horizontale devrait diminuer. Des mesures hygiéniques doivent nécessairement être prises simultanément, de sorte que l'hygiène et les additifs puissent agir de concert sur les taux de contamination de l'environnement. Ces produits sont généralement surtout utiles pour les poussins et pour les jeunes animaux. Pour beaucoup d'additifs alimentaires, peu de données scientifiques prouvant leur efficacité sont toutefois disponibles. Tout ceci rend le choix des produits à utiliser difficile pour les éleveurs. A l'heure actuelle, on emploie souvent des préparations à base d'acides, qui sont ajoutés soit à l'eau de boisson, soit aux aliments. Dans ce contexte, l'acide butyrique est un produit prometteur, puisqu'on a prouvé qu'il réduit l'invasion de Salmonella dans les cellules épithéliales de l'intestin. Il a été démontré que, même à des concentrations très basses, l'acide butyrique inhibe l'expression des gènes de virulence impliqués dans le phénomène d'invasion (Lawhon et al, 2002 ; Van Immerseel et al, 2004a). De plus, on a trouvé que l'administration d'acide butyrique «protégé» par un enrobage (coating) dans les aliments réduit la colonisation de l'intestin des poussins par Salmonella (Van Immerseel et al., 2004b). Des acides gras à chaîne moyennement longue (C8–C12) ont les mêmes effets favorables (Van Immerseel et al, 2004c). Par ailleurs, ces derniers produits ont un effet antibactérien assez puissant. Parmi les additifs anti-Salmonella disponibles sur le marché, on retrouve également des prébiotiques. Par définition, les prébiotiques sont des ingrédients des aliments non-digestibles qui ont un effet favorable par la stimulation sélective de la croissance ou de l'activité d'un nombre restreint d'espèces bactériennes déjà présentes dans l'intestin

(Gibson et Roberfroid, 1995). La flore intestinale peut transformer ces prébiotiques par fermentation en acides gras volatiles, ce qui peut conduire à une modification de l'ensemble de la flore. Les fructo-oli-gosaccharides sont, par exemple, des prébiotiques qui stimulent les bifidobactéries et qui stimulent également la production d'acide butyrique. Chez la volaille, on sait depuis bon nombre d'années que supplémenter la ration avec des fructo-oligosaccharides permet de réduire la colonisation intestinale par *Salmonella* (Bailey et al, 1991). Les manno-oligosaccharides sont un autre exemple de prébiotique qui, après administration par l'aliment, peut réduire le niveau de colonisation par *SALMONELLA*. Ce dernier manifeste son effet par l'inhibition de l'adhésion de *Salmonella* à la cellule épithéliale. *Salmonella* s'attache à la cellule le plus souvent par l'intermédiaire de fimbriae de type 1, qui peuvent s'attacher sur des résidus mannose au niveau de la cellule intestinale (Spring et al, 2000). Les probiotiques constituent encore une autre classe d'additifs employés contre les *Salmonella*. Par définition, les probiotiques sont des micro-organismes vivants inclus dans les aliments qui ont un effet favorable sur l'hôte par une amélioration de l'équilibre de la flore intestinale (Fuller, 1989). Chez la volaille, des tests avec des probiotiques ont déjà été réalisés, en particulier avec des lactobacilles (Mulder et al, 1997 ; Pascual et al, 1999). Ces produits ne sont cependant pas encore employés en pratique en Belgique. Tous ces additifs sont destinés à réduire le niveau de colonisation de l'intestin par *Salmonella*. Leurs effets sur la contamination des œufs restent à déterminer. On peut trouver de plus amples informations sur l'emploi d'additifs dans les aliments contre les *Salmonella* chez la volaille dans une revue de Van Immerseel et collaborateurs (2002b) Les produits dits « d'exclusion compétitive » constituent une dernière classe de produits destinés à réduire la colonisation de l'intestin par *Salmonella* (Nurmi and Rantala, 1973). Ces produits sont composés d'un mélange de bactéries non-déterminées, isolées de l'intestin de volailles saines. L'efficacité de ces produits a été démontrée, mais l'incertitude concernant la composition de ceux-ci freine leur emploi dans la pratique. Toutes les mesures mentionnées ci-dessus seraient vaines si on n'appliquait des mesures hygiéniques dans les exploitations (Nassar et al, 1994). Le nettoyage et la désinfection après chaque lot, l'application d'un système d'entrée et de sortie des volailles dans les locaux en une seule fois (all in–all out) et le contrôle régulier des exploitations sont des mesures complémentaires, essentielles pour garantir le succès des vaccinations et des autres mesures citées. Dans ce contexte, il y a des différences importantes entre poules pondeuses et poulets à l'engraissement, puisque pour les poulets à l'engraissement, la recontamination peut venir aussi bien de l'intérieur des locaux que de l'extérieur, tandis que pour les poules pondeuses, la recontamination provenant de l'intérieur constitue le facteur de risque la plus important. Un programme de lutte contre les *Salmonella* doit également

nécessairement inclure des mesures contre les rongeurs et les insectes entant que vecteurs des salmonelles. On peut également faire des décontaminations physiques ou chimiques de l'eau de boisson et des aliments. L'acidification de l'eau de boisson est une mesure de décontamination qui peut être prise dans les fermes, tandis que l'irradiation et la pasteurisation des aliments sont des mesures à prendre par les firmes d'aliments. La décontamination des œufs à l'aide de désinfectants, qui vise à réduire la contamination de la surface des œufs, est toutefois interdite dans la CE.

### **7.5-2 Mesures à prendre au niveau de la commercialisation et la consommation**

L'objectif d'un programme de lutte contre Salmonella est la prévention de la maladie chez l'homme. Etant donné que la grande majorité des cas humains provient de la consommation d'œufs contaminés, il est impératif de prendre toutes les mesures visant une réduction des taux de contamination des œufs. Refroidir les œufs et maintenir une chaîne de froid évite la multiplication des Salmonella éventuellement présentes dans les œufs. Il est étonnant de voir qu'une mesure si simple et efficace n'est toujours pas respectée ni dans les grands magasins, ni dans les cuisines. Des campagnes d'information telles que celles mises en œuvre par l'AFSCA (Agence fédérale pour la sécurité de la chaîne alimentaire, 2004) et l'introduction de certaines obligations dans la chaîne de commercialisation pourraient éviter beaucoup de problèmes. Pour les personnes âgées, les bébés et les personnes immunodéprimées, des précautions particulières devraient être prises.

### **8.1. Au réfrigérateur**

L'œuf entier dans sa coquille se conserve cinq semaines à compter de la date d'emballage (environ trois semaines après l'avoir acheté) sans perdre notablement en qualité. Après ce délai, la chair risque de se dessécher. Une fois la coquille enlevée, les blancs et les jaunes se conservent deux jours.

Les œufs durs se conservent en moyenne une semaine (Baribeau, 2004).

### **8.2. Au congélateur**

- Au besoin, les blancs peuvent être congelés séparément pour usage ultérieur.
- Pour congeler l'œuf entier, mélanger blanc et jaune avant de mettre au congélateur dans un contenant étanche.
- Pour congeler les jaunes, on recommande de leur ajouter soit du sucre soit du sel, ce traitement les empêchera de devenir grumeleux à la congélation (Baribeau, 2004).

## 1.1. Matériel biologique

### a. Œufs frais

Nous avons utilisé 90 œufs, livrés en 3 plateaux de 30 œufs chacun. Ces œufs étaient livrés le même jour. Les œufs ont été par la suite groupés en trois lots. Nous les avons entreposés dans trois conditions différentes :

- ❖ le premier lot a été entreposé dans une salle à une température de 15 c°
- ❖ le deuxième lot a été entreposé dans une salle à une température de 10 c°.
- ❖ le troisième lot a été entreposé dans un réfrigérateur à une température de 4 c°.

### b. Œufs du commerce

Nous avons acheté 80 œufs dans divers magasins d'alimentation générale. 40 sont achetés dans des magasins où les œufs sont conservés en réfrigération, les 40 œufs sont entreposés à l'air libre.

Pour nos différentes observations et mesures, nous avons utilisés :

- ❖ une balance pour les pesées et un frigidaire pour la conservation
- ❖ une plaque en verre rectangulaire de 48 cm de longueur sur 34 cm de largeur pour la réception des milieux internes de l'œuf.
- ❖ la mesure de l'indice vitellinique a été faite à l'aide d'un cure-dents pour piquer verticalement le vitellus et mesurer sa hauteur et avec une règle plate graduée en millimètres pour sa largeur.
- ❖ La mesure du diamètre de l'albumen a été faite aussi à l'aide d'une règle plate graduée en millimètres.

## 1.2. Contrôles et mesures

### a. Examen avant cassage de l'œuf

Nous avons mené notre étude entre le 2 Février et le 7 Mars 2015. La méthodologie adoptée consiste à examiner l'œuf avant et après cassage.

- **Examen visuel de la coquille**

Nous avons analysé individuellement chaque œuf, le but de cet examen visuel était de vérifier l'intégrité de la coquille et la propreté.

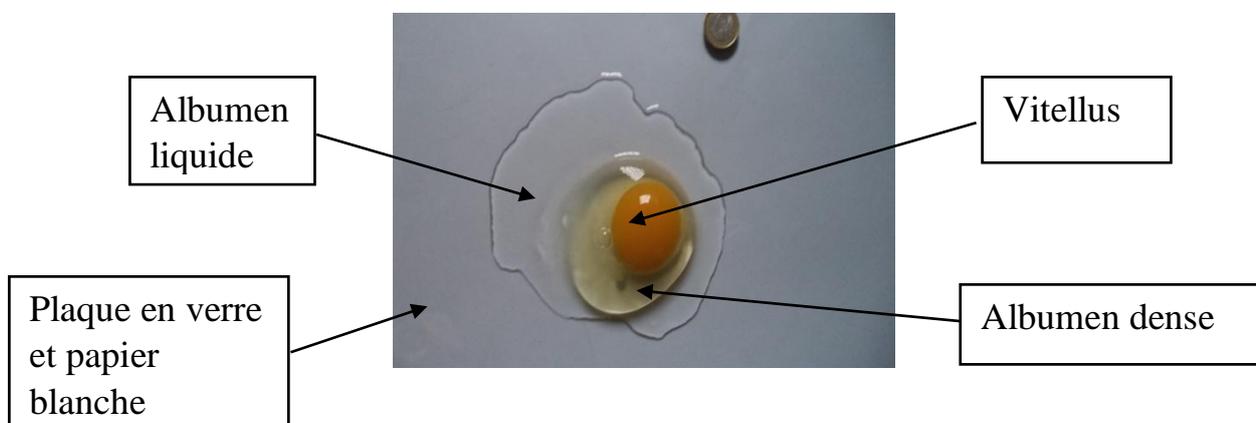
### b. Examen après cassage de l'œuf

L'examen après cassage consistait en un examen visuel des milieux internes de l'œuf et de mesurer l'indice vitellinique et les dimensions de l'albumen.

Pour mieux observer les principaux composants internes, des œufs ont été bouillis dans le but de faire un examen visuel de la structure de l'œuf dur.

- **Examen visuel des milieux internes de l'œuf**

Le cassage de l'œuf s'effectuait en faisant un trou tout au long du petit bout, à l'aide d'un couteau en dents de scie. Le contenu de l'œuf était ensuite versé sur une plaque en verre, puis examiné (Photo 3). L'examen visuel consistait à observer la couleur, la forme, ainsi que la présence ou non d'éventuels corps étrangers, pour chaque milieu interne de l'œuf. Ceci était complété par la recherche d'odeur.



**Photo 3 : Etalement de l'œuf après cassage**

- **Examen visuel de la structure de l'œuf dur**

Bouillir l'œuf dans l'eau et après froid en mettre sur plaque en verre, ensuite à l'aide d'un couteau en divise l'œuf en deux (photo 4).



**Photo 4 : structure de l'œuf dur (Kaoueche et Kaoueche.2015)**

L'examen visuel consistait à observer la chambre air et la position du jaune

- **Mesure de l'indice vitellinique**

L'index vitellinique, autrement appelé indice vitellinique, est le rapport entre la hauteur et le diamètre du vitellus. Il est donné par la formule suivante :

$$\text{Indice vitellinique (I.V.)} = \frac{\text{Hauteur vitellinique (H.V.)}}{\text{Diamètre vitellinique (D.V.)}}$$

La mesure de la hauteur était faite par une piqûre verticale au milieu du vitellus, à l'aide d'un cure-dent et la lecture de la hauteur sur une règle graduée. Quant à la mesure du diamètre, elle était immédiatement mesurée avec une règle graduée. L'intérêt de la mesure de l'I.V. se situe dans le fait qu'il permet de juger de l'état physique du vitellus, ce qui nous renseigne sur le vieillissement de l'œuf.

- **Mesure du diamètre de l'albumen**

La mesure du diamètre de l'album se faisait à l'aide d'un appareil de Haugh mais cette appareil n'est pas disponible pour nous, donc nous avons effectué cette mesure à l'aide d'une

règle graduée on peut prendre les mesures du diamètre, l'intérêt de la mesure et permet de juger l'état physique de l'albumen (vieillesse).

## 2.1. Examen avant cassage de l'œuf

### a. Examen visuel de la coquille

Aucun défaut d'intégrité n'a été décelé avec les œufs entreposés au réfrigérateur ou entreposés à une température de  $15\text{c}^0$  ou  $10\text{c}^0$ .

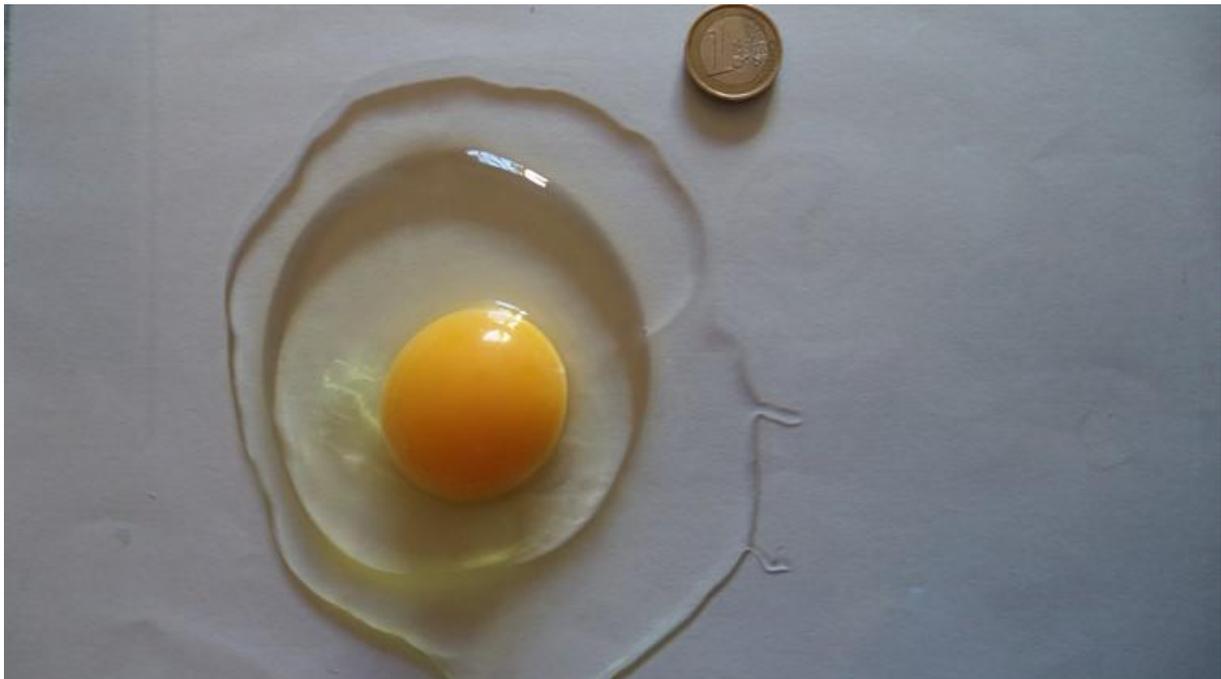
## 2.2. Examen après cassage de l'œuf

### a. Les milieux internes de l'œuf

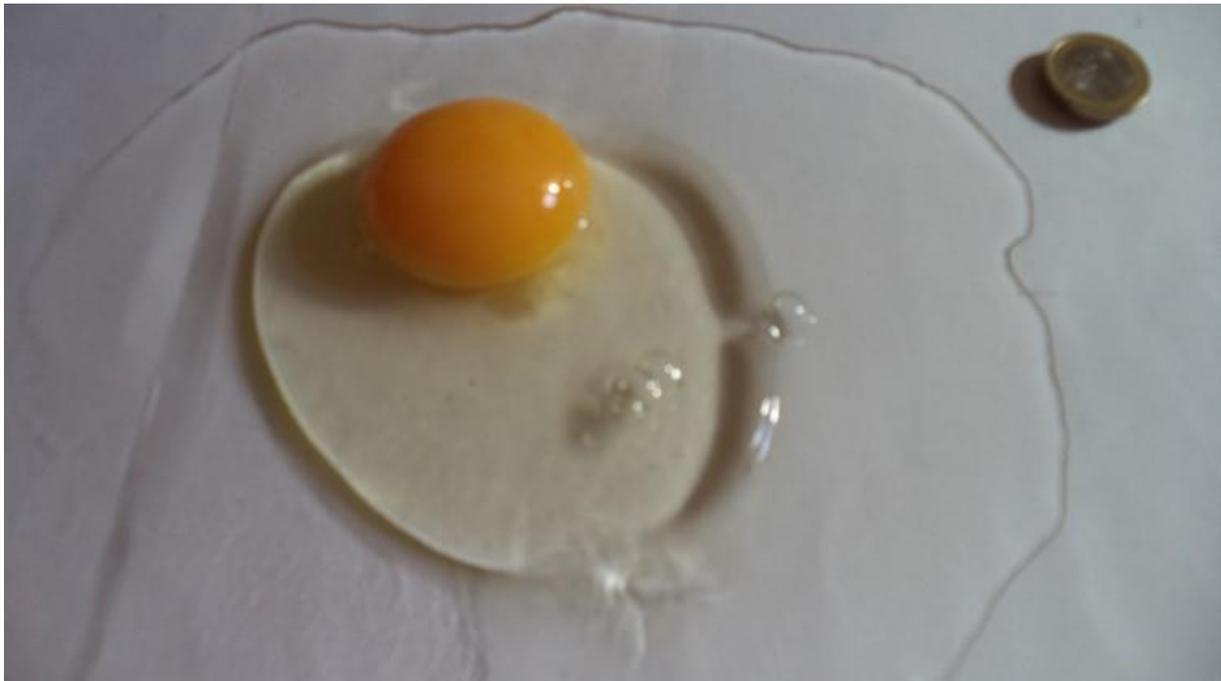
- Œufs frais

L'observation de l'albumen des œufs conservés à la température de  $15\text{c}^0$  et  $10\text{c}^0$  nous a permis de constater que :

-l'albumen s'étale progressivement entre le 1<sup>er</sup> jour (photo 5) et le 25<sup>ème</sup> jour (photo 6).



**Photo 5** : étalement de l'albumen dans le 1<sup>er</sup> jour (Kaouèche et Kaouèche , 2015).



**Photo 6** : étalement de l'albumen dans le 25<sup>ème</sup> jours (Kaoueche et Kaoueche , 2015).

- les deux couches de l'albumen s'homogénéisent progressivement entre le 1<sup>er</sup> et le 27<sup>ème</sup> jour (Photo 7)



**Photo 7** : homogénéisation de l'albumen (Kaoueche et Kaoueche , 2015).

- l'albumen reste transparent entre le 1er et le 30<sup>ème</sup> jour.

En ce qui concerne les œufs réfrigéré à 4c° on constate que :

- l'étalement de l'albumen est ralenti (photo 8)



**Photo 8** : ralentissement de l'étalement de l'albumen (Kaouèche et Kaouèche , 2015).

- L'homogénéisation des deux couches est également ralentie.
- l'albumen reste également transparent entre le 1<sup>er</sup> et le 30<sup>ème</sup> jour.
- aucune odeur anormale n'est apparue.
- la distension des chalazes est ralentie.

L'examen du vitellus des œufs conservés à la température de 15c° et 10c° nous a révélé que :

-le vitellus s'aplatit progressivement entre le 1<sup>er</sup> et le 20<sup>ème</sup> jour.

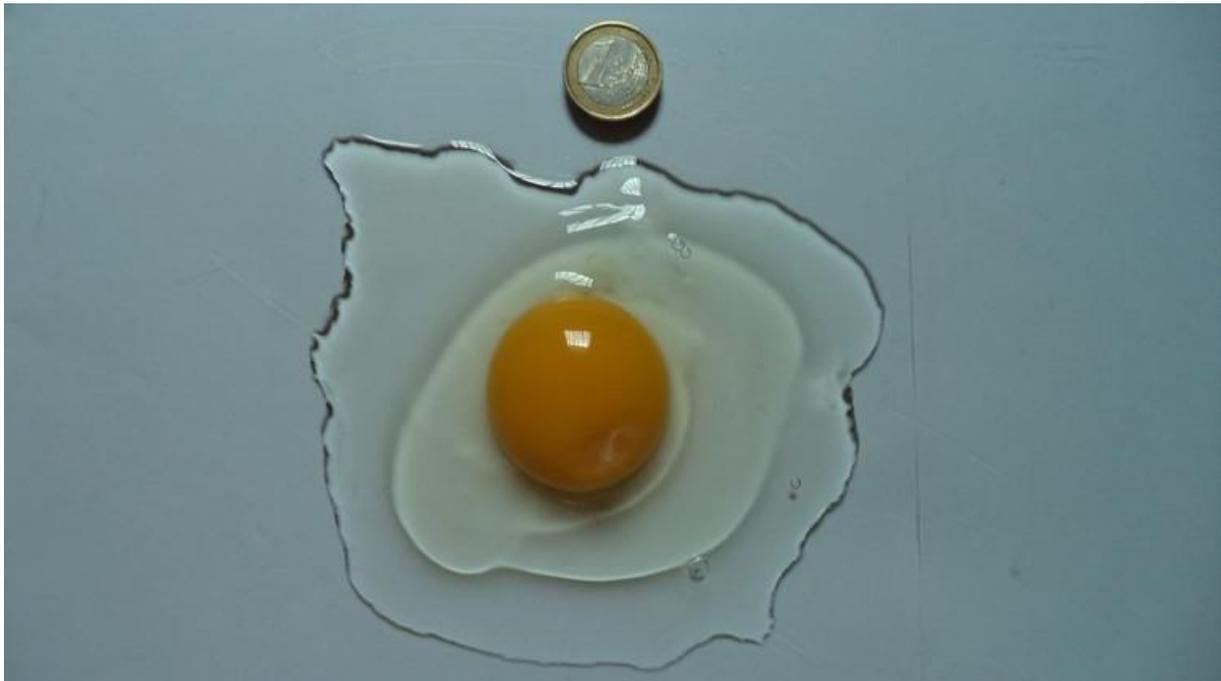
Par contre l'examen du vitellus des œufs réfrigérés à 4c° nous a permis de constater que :

- l'aplatissement du vitellus est très ralenti.
- aucune odeur anormale n'est perçue.
- la fragilisation de la membrane vitellique n'est pas notable jusqu'au 30 jour.
- aucune présence de taches n'a été observée sur vitellus.

- **Œufs du commerce**

Les observations effectuées sur les œufs achetés au niveau de différents commerces, ont été comparées aux observations faites sur les œufs frais. Si on compare, on constate que ces œufs

été dans des états très variables. Nous avons remarqué qu'il existe des lots âgés de moins de 10 jours (photo9) alors que d'autres ont plus de 30 jours (photo10).



**Photo9** : œuf âgé de moins de 10 jours (Kaouèche et Kaouèche, 2015).



**photo10** : œuf âgé de plus de 30 jours (Kaouèche et Kaouèche , 2015).

#### **a. Examen visuel de la structure de l'œuf dur**

L'observation de la structure des composants de l'œuf sur un œuf dur nous permet d'avoir une vision conformationnelle de l'albumen, du vitellus et du volume de la chambre à air.

- **Œuf frais**

En ce qui concerne les œufs conservés à la température 10c° et 15c° on constate que :

- La chambre air petite et le jaune au milieu entre le 1<sup>er</sup> jour et le 10<sup>ème</sup> jour, comme le montre (la photo 11)



**Photo 11** : Œuf dur entre le 1<sup>er</sup> jour à 10jours (Kaoueche et Kaoueche , 2015).

- le volume de la chambre air augmente un peu entre le 15<sup>ème</sup> jour et le 20<sup>ème</sup> jour (photo12)



**Photo 12** : œuf dur entre le 15<sup>ème</sup> jour et 20<sup>ème</sup> jour (Kaoueche et Kaoueche , 2015).

- le volume de la chambre à air continue à augmenter, le jaune se rapproche de la chambre à air ou de la coquille entre le 15<sup>ème</sup> jour à 30<sup>ème</sup> jour (photo 13).



**Photo13** : œuf dur enter le 15<sup>ème</sup> jour et 30<sup>ème</sup> jours (Kaoueche et Kaoueche , 2015).

En ce qui concerne les œufs réfrigérés à 4°C on constate que :

-Le jaune est au milieu et avec une petite chambre à air entre le 1<sup>er</sup> jour et le 15<sup>ème</sup> jour (photo 14).



**Photo14** : œuf dur enter le 1<sup>er</sup> jour et 15<sup>ème</sup> jours (Kaoueche et Kaoueche , 2015).

- le volume de la chambre à air augmente un peu le jaune se rapproche de la coté entre le 15<sup>ème</sup> jour à 25<sup>ème</sup> jour (photo 15).



**Photo15** : œuf dur entre le 15<sup>ème</sup> jours à 25 jours (Kaoueche et Kaoueche , 2015).

- le volume de la chambre à air augmente et le jaune se rapproche de la chambre à air au 30<sup>ème</sup> jour (photo 16).



**Photo16** : œuf dur à 30<sup>ème</sup> jours (Kaoueche et Kaoueche , 2015).

**c. Mesure de l'indice vitellinique**

• **Œufs frais** (tableau 25)

Tableau 25 : mesure de l'indice vitellinique (IV) en fonction de l'âge et de la température

Age en jour	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
4c°	0,60	0,59	0,58	0,56	0,54	0,51	0,48	0,46	0,43	0,41	0,39	0,37	0,35	0,34	0,32	0,30
10c°	0,60	0,58	0,55	0,52	0,50	0,47	0,44	0,42	0,40	0,38	0,35	0,31	0,29	0,26	0,24	0,22
15c°	0,60	0,56	0,55	0,53	0,51	0,48	0,46	0,43	0,39	0,37	0,36	0,33	0,28	0,25	0,21	0,19

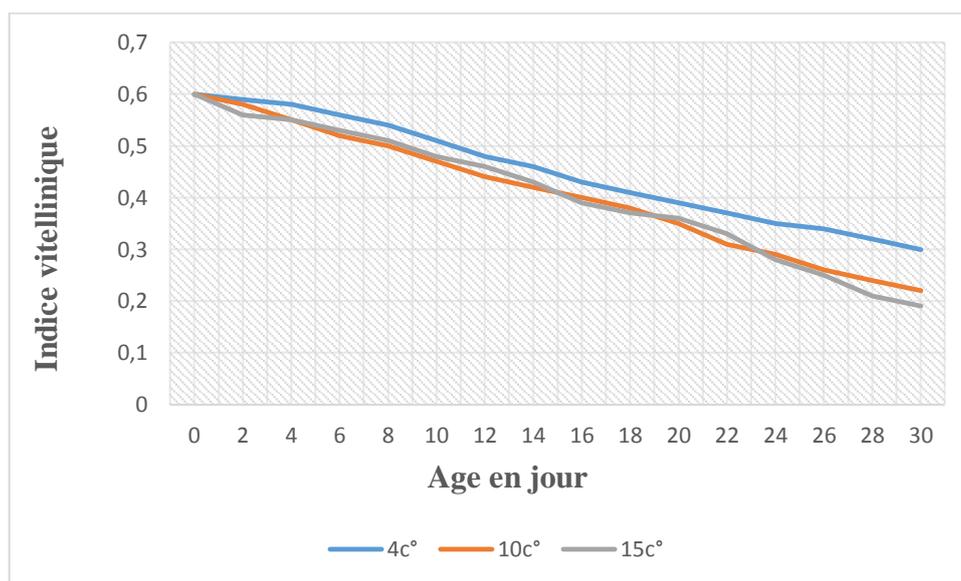


Figure (7) : l'indice vitellinique en fonction de l'âge et la température

- La figure 7 montre que l'indice Vitellinique des œufs conservés à la température 10c° diminue progressivement de 0,60 à 0,22 entre le jour de ponte et le 30<sup>ème</sup> jour (aplatissement du vitellus).
- à 15c° l'IV diminue progressivement de 0,60 à 0,19 entre le jour de ponte et les 30 jours.
- à 4c° cette évolution est ralentie, l'indice vitellinique diminue de 0,60 à 0,30 entre le jour de ponte et le 30<sup>ème</sup>.

• **Œufs de commerce**

Pour apprécier l'âge des œufs du commerce à partir de l'I.V, nous avons cassé des œufs pris au housard (tableau 26)

Tableau 26 : l'indice vitellinique des œufs du Commerce

Œuf de commerce	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
A température ambiante	0,51	0,51	0,56	0,50	0,35	0,44	0,50	0,21	0,52	0,37
A 4c°	0,42	0,55	0,46	0,22	0,58	0,40	0,35	0,22	0,54	0,48

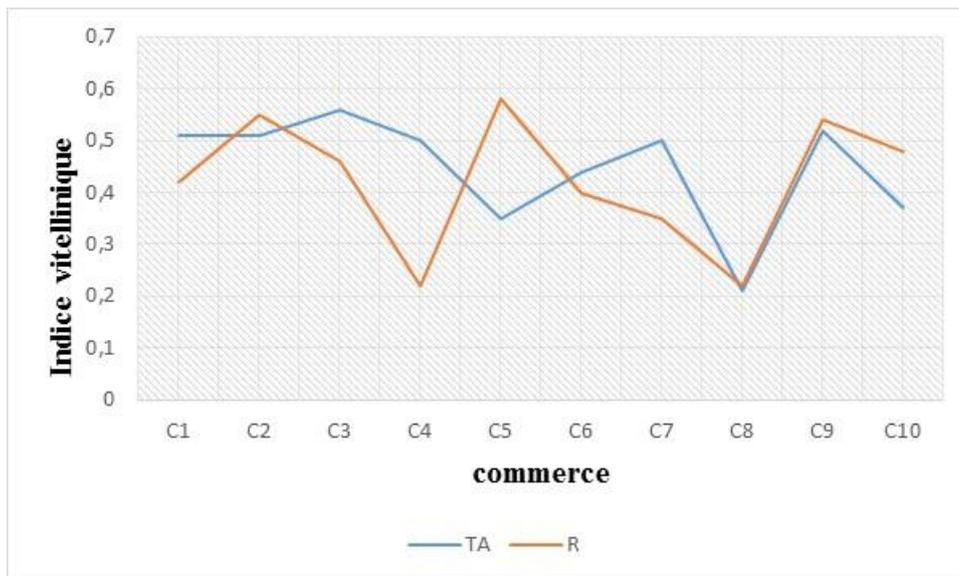


Figure (8) : indice vitellinique des œufs du commerce

D’après les résultats des mesures de l’indice vitellinique des œufs frais on fonction de l’âge on peut estimer l’âge des œufs du commerce.

-Les œufs commercialisés à la température ambiante présentent un âge d’environ 6 jours pour les commerces (c1, c2, c4, c9) et les commerces (c3, c7,) présentent un âge inférieur à 5 jours et les commerces (c5et c10) présentent un âge des 20 jours et le commerce (c6) présente un âge de plus de 10jour et le commerce (c8) présente un âge d’environ de 28 jour.

-Les œufs commercialisés en réfrigération présentent un âge du plus de deux semaine pour les commerces (1, 6,7) et 10 jour pour les commerces (3, 10,) et inférieure de 7 jour pour les commerces (2,5, 9) et de plus de trois semaine pour (c8, c4).

**d. Mesure de l’albumen**

La consistance de l’albumen a été évaluée à travers le calcul.

• **Œufs frais**

Tableau 27 : mesure de l’albumen des œufs conservé à 10c°

Age des œufs en jours	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
B1	6	6,5	6,5	7	7	8	8	8,5	9	10	9,5	10	9	13	11	17
B2	12	12	13	14	15	16	16	16,5	17	17	18	18,5	19	19	19	21

Tableau 28 : mesure de l'albumen des œufs conservé à 15c°

Age des œufs en jours	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
B1	6	6	6,5	7	7,5	8	8	8,5	9	10	9,5	10	9	15	16	21
B2	12	13	14	15	15,5	16	16,5	17	17	17,5	18	18,5	19	20	20	21

Tableau 29 : mesure de l'albumen des œufs conservé à 4c°

Age des œufs en jours	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
B1	6	6	6	7	7,5	8	8	8	9	10	9,5	10	9	11	11	10
B2	12	12	12	13	13	13,5	14	14,5	15	16	16	17	17,5	18	18	18

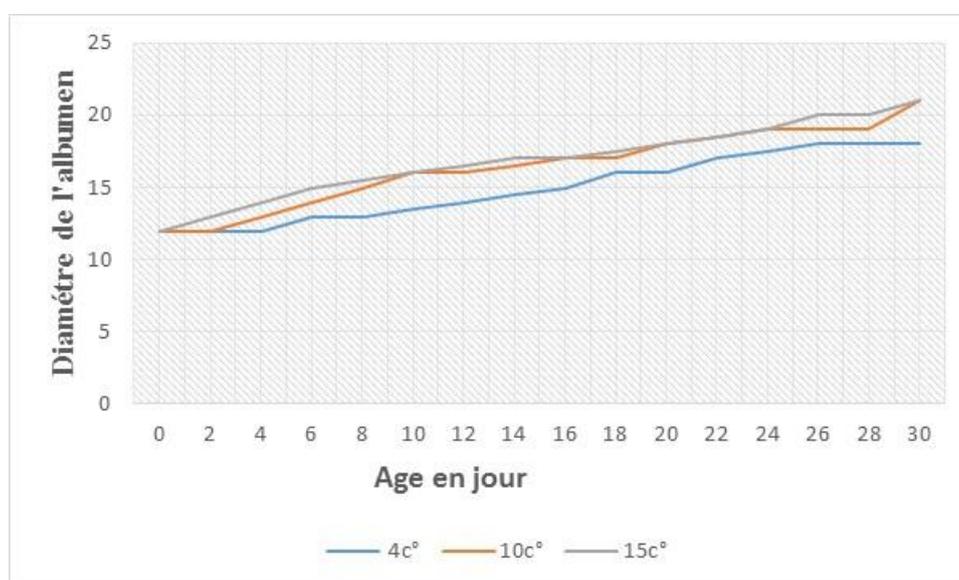


Figure (9) : mesures de l'albumen en fonction de l'âge et température

-La figure (9) montre que le diamètre de l'albumen des œufs conservé à température 10 et 15c° augmente progressivement de 12 à 21cm entre le jour 0 et 30<sup>ème</sup> jours.

-à 4c° on a une augmentation ralentie dans les mesures de diamètre de l'albumen de 12 à 18 cm entre le jour 0 et 30<sup>ème</sup> jours.

- **Œufs du commerce**

Tableau 30: mesure de l'albumen des œufs conservé à température ambiante

Commerce	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
B1	7	8	10	8	11	9	9	20	6	17
B2	14	14	12	15	17	16	12	20	14	17

Tableau 31 : mesure de l'albumen des œufs conservé au réfrigérateur

Commerce	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
B1	7,5	10	8	12	7,5	9	8	11	9	9
B2	15	13	14	20	12	16	17	20	13	14

B1 : le premier blanc

B2 : le deuxième blanc

- les tableaux 30 et 31 montre que :

-Les œufs commercialisés à température ambiante et réfrigérée présentent une variation dans l'augmentation et diminutions du diamètre de l'albumen.

- à température ambiante les œufs présentent un âge inférieur de 7<sup>ème</sup> jour pour les commerces (c1, c2, c4, c9) et les commerces (c3, c7,) présentent un âge inférieur à 5 jours, et de 20 jours pour les commerces (c5, c10) et le commerce (c6) présente un âge de plus de 10 jour et le commerce (c8) présente un âge d'environ de 30 jour.

-à réfrigération les commerces (c1, c6, c7) présente un âge de plus de deux semaines et de 10 jours pour commerce (c3, c10) et inférieure de 7 jours pour commerces (c2, c5, c9), et plus de trois semaines pour commerces (c4, c8).

## **Conclusion**

L'augmentation de la quantité des œufs produits doit aller de pair avec la qualité de ces derniers, car l'œuf est une denrée alimentaire périssable. Il incombe aux producteurs, commerçants et consommateurs d'être imprégnés des notions de base en rapport avec la qualité des œufs. Celles-ci s'articulent autour de la conservation.

L'évolution des paramètres régissant la qualité des œufs est fonction des conditions de conservation. La réfrigération garantit la fraîcheur de l'œuf pour une durée d'environ 30 jours, alors que l'entreposage à température ambiante peut être variable d'une saison à l'autre, particulièrement en été, vu l'élévation importance de température. En plus durant cette période la demande et la consommation des œufs augmente considérablement.

D'autre part cette demande se situe au niveau du littoral, par les estivants. Ce travail mérite d'être repris durant cette période.

## Références bibliographiques

- Agence federale pour la sécurité de la Chaîne alimentaire sous le slogan “été pourri ?Non merci!”** L’agence alimentaire lance 3 campagnes. Bull. Agence féd. Sécur. Chaîne aliment. 2004, **7**, 2-3.
- Altekruse S., koehler j., hickman-brennerF., tauxe r.v., ferris k.** 1993. A comparison of Salmonella enteritidis phage types from egg-associated outbreaks and implicated laying flocks. Epidemiol. Infect., , **110**, 17-22.
- Aserkoff B., Schroeder S.A., Brachman P.S.** 1970. Salmonellosis in the United States, a five-year review. Am. J. Epidemiol., , **92**, 13-2.
- Babior B.M.** The respiratory burst oxidase. 1995. Curr. Opin. Hematol., , **2**, 55-60.
- Bailey J.S., Blankenship L.C., Cox N.A.** 1991. Effect of Fructooligosaccharide on Salmonella colonization of the chicken intestine. Poultry Sci., , **70**, 2433-2438.
- Bailey J.S., Cox N.A., Craven S.E., Cosby D.E.** 2002. Serotype tracking of Salmonella through integrated broiler chicken operations. J. Food Prot., , **65**, 742-745.
- Baribeau H,** 2004 L’œuf Site : <http://www.reseau.proteus.net>
- Berrang M.E., Frank J.F., Buhr r.J., Bailey J.S., Cox N.A.** 1999. Eggshell membrane structure and penetration by Salmonella Typhimurium. J. Food Protect., , **62**,73-76
- Beaudoin A ; Collard S ; Rivet R et Vallée C,** 1997 L’œuf pasteurisé est ce mieux ?Faculté de Médecine Vétérinaire de Sherbrooke Site : [http:// www.rrss16 .gouv](http://www.rrss16.gouv)
- Bygrave A.C., Gallagher J.** 1989. Transmission of Salmonella Enteritidis in poultry. Vet. Rec., , **124**,333.

**-Cherrid J**, 1988 La réglementation des œufs en coquille destinés à l'alimentation humaine  
L'aviculture Française, Editions Rosset, 773-784

**-Clifton-hadley F.A., Breslin M., Venables L.M., Sprigings K.A., Cooles S.W., Houghton S., Woodward M.J.** 2002. A laboratory study of an inactivated bivalent iron restricted Salmonella enterica serovars Enteritidis and Typhimurium dual vaccine against Typhimurium challenge in chickens. *Vet. Microbiol.*, , **89**, 167-179.

**-Conseil europeen.** Directive 92/117/CEE du 17 décembre 1992 concernant les mesures de protection contre certaines zoonoses et certains agents zootiques chez les animaux et dans les produits d'origine animale, en vue de prévenir les foyers d'infection et d'intoxication dus à des denrées alimentaires. *J. Off. Comm. Eur.*, 1993, **L62**, 38-48.

**-Cowden J.M., Chisholm D., O'mahony M., Lynch D., Mawer S.L., Spain G.E., Ward L., Rowe B.** 1989. Two outbreaks of Salmonella enteritidis Phage type 4 infection associated with the consumption of fresh shell-egg products. *Epidemiol. Infect.*, 103, 47-52.

**-Cruchaga S., Echeita A., Aladuena A., Garcia-pena J., Frias N., Usera M.A.** 2001. Antimicrobial resistance in Salmonellae from humans, food and animals in Spain in 1998. *J. Antimicrob. Chemother.*, **47**, 315-321.

**-De buck J., Van immerseel F., Haesebrouck F., Ducatelle R.** 2004a Effect of type 1 fimbriae of Salmonella enterica serotype Enteritidis on bacteremia and reproductive tract infection in laying hens. *Avian Pathol.*, **33**, 314-320.

**-Delarocque-astagneau E., Desenclos J.C., Bouvet P., Grimont P.A.** 1998. Risk factors for the occurrence of sporadic Salmonella enterica serotype enteritidis infections in children in France: a national casecontrol study. *Epidemiol. Infect.*, , **121**, 561-567.

**-De Iouvois J.** 1993. Salmonella contamination of eggs: a potential source of human salmonellosis: a report of the public Health Laboratory Service survey of imported and home-produced egg. *PHLS Microbiol. Dig.*, **10**, 158-162.

**-European commission** health and consumer protection directorate-general.

Salmonella and Food-borne Diseases – Zoonoses reports for 2002. Trends and sources of zoonotic agents in animals, feedingstuffs, food and man in the European Union and Norway in 2002. [en ligne] (01/02/2005) Adresse

url:<http://europa.eu.int/comm/food/food/biosafety/salmonella/zoonoses-resp-2002-en.htm>

Consulté le 1/02/2005.

**-Feberwee A., De vries t.S., Hartman e.G., De wit J.J., Elbers A.R., De jong W.A.** 2001. Vaccination against Salmonella enteritidis in Dutch commercial layer flocks with a vaccine based on a live Salmonella gallinarum 9R strain : evaluation of efficacy, safety, and performance of serologic Salmonella tests. *Avian Dis.*, **45**, 83-91.

**-Fuller R.** 1989. Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.*, **66**, 365-378.

**-Garber L., Smeltzer M., Fedorka-cray P., Jadelly S., Ferris K.** 2003. Salmonella enterica serotype enteritidis in table egg layer house environments and in mice in U.S. layer houses and associated risk factors. *Avian Dis.*, **47**, 134-142.

**-Gast R.K., Beard C.W.** 1990a. Isolation of Salmonella Enteritidis from internal organs of experimentally infected hens. *Avian Dis.*, **34**, 991-993.

**-Gast R.K., Beard C.W.** 1993. Recovery of Salmonella Enteritidis from inoculated pools of egg contents. *J. Food Protect.*, **56**, 21-24.

**-Gibson G.R., Roberfroid M.B.** 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota : introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.*, **125**, 1401-1412.

**-Gounand P.** 1988 L'industrie des ovo produits: Aspects technologiques L'aviculture Française, Editions Rosset, 785- 800

- Gradel K.O., Rattenborg E.** 2003. A questionnaire-based retrospective field study of persistence of Salmonella Enteritidis and Salmonella Typhimurium in Danish broiler houses. *Prev. Vet. Med.*, , **56**, 267-284.
- Hald B., Olsen A., Madsen M.** 1998. *Typhaea stercorea* (Coleoptera: Mycetophagidae), a carrier of Salmonella enterica serovar Infantis in a Danish broiler house. *J. Econ. Entomol.*, , **91**, 660-664.
- Hayes S., Nylen G., Smith R., Salmon R.L., Palmer S.R.** 1999. Undercooked hens eggs remain a risk factor for sporadic Salmonella enteritidis infection. *Commun. Dis. Public. Health.*, , **2**, 66-67.
- Hennessy T.W., Hedberg C.W., Slutsker L., White K.E., Besser-wiek J.M., Moen M.E., Feldman J., Coleman W.W., Edmonson L.M., Macdonald K.L., Osterholm M.T.** 1996. A national outbreak of Salmonella enteritidis infections from ice cream. The Investigation Team. *N. Engl. J. Med.*, , **334**, 1281-1286.
- Holt P.S., Gast R.K., Kelly-aehele S.** 2003. Use of a live attenuated Salmonella typhimurium vaccine to protect hens against Salmonella Enteritidis infection while undergoing molt. *Avian Dis.*, , **47**, 656-661.
- Hoop R.K., Pospischil A.** 1993. Bacteriological, serological, histological and immunohistochemical findings in laying hens with naturally acquired Salmonella Enteritidis phage type 4 infection. *Vet. Rec.*, , **133**, 391-393.
- Humphrey T.J.** 1994. Contamination of egg shell and contents with Salmonella Enteritidis : a review. *Int. J. Food Microbiol.*, , **21**, 31-40.
- Humphrey TJ, Mead GC, Rowe B.** 1988. Poultry meat as a source of human salmonellosis in England and Wales. Epidemiological overview. *Epidemiol. Infect.*, , **100**, 175-184.
- Humphrey T.J., Whitehead A., Gawler A.H.L., Henley A., Rowe B.** 1991c. Numbers of Salmonella Enteritidis in the contents of naturally contaminated hens' eggs. *Epidemiol. Infect.*, , **106**, 489-496.

**-Huyghebaert G ; Daeseleire E ; Delahaut P**, 2005. Contrôle de la présence des résidus de coccidiostatiques Site: [http:// www.belspo.be](http://www.belspo.be)

**-Javed T., Hameed A., Siddique M.** 1994. Egg shell penetration tendency of different Salmonella serotypes by attached ring color method. Acta Microbiol. Pol., **43**, 67-72.

**-Keller L.H., Benson C.E., Krotec K., Eckroade R.J.** 1995. Salmonella Enteritidis colonization of the reproductive tract and forming and freshly laid eggs. Infect. Immun., **63**, 2443-2449.

**-Kimuraa.C., Reddy V., Marcus R., Cieslak P.R., Mohle-boetani J.C., Kassenborg H.D., Segler S.D., Hardnett F.P., Barrett T., Swerdlow D.L.** 2004. Chicken consumption is a newly identified risk factor for sporadic Salmonella enterica serotype Enteritidis infections in the United States : a case-control study in FoodNet sites. Clin. Infect. Dis., **38**, 244-252.

**-Lawhon S.D., Maurer R., Suyemoto M., Altier C.** 2002. Intestinal short-chain fatty acids alter Salmonella typhimurium invasion gene expression and virulence through BarA/SirA. Mol. Microbiol., **46**, 1451-1464.

**-Lee J.A.** 1974. Recent trends in human salmonellosis in England and Wales: the epidemiology of prevalent serotypes other than Salmonella typhimurium. J. Hyg., **72**, 185-95

**-Lerrer B ; Gilboa – Gaber N**, 2001. Canadian journal of microbiologie, volume 47, N° 12, Dec 2001, 1095 -1100

**-Lostroh C.P., Lee C.A.** 2001 The Salmonella Pathogenicity Island-1 type III secretion system. Microbes Infect., **3**, 1281-1291.

**-Mawer S.L., Spain G.E., Rowe B.** 1989. Salmonella Enteritidis phage type 4 and hens'eggs. Lancet, **1**, 280-281.

**-Mbao B**, 1994 Séro-épidémiologie des maladies infectieuses majeures du poulet de chair dans la région de Dakar. Th. :Méd.Vét. Dakar.12

**-McIlroy, S.G., Mccracken, R.M.** 1990. The current status of the Salmonella enteritidis control programme in the United Kingdom. In: Proceedings of the 94th Annual Meeting of the United States Animal Health Association, Carter Printing, Richmond, Virginia, , 450-462.

**-Methner U., Al-shabibi S., Meyer H.** 1995. Experimental oral infection of specific pathogen-free laying hens and cocks with Salmonella Enteritidis strains. J. Vet. Med., , **42**, 459-469.

**-Michaux A,** 2005. La constitution de l'œuf et mécanisme de la ponte. Site : [http://www.Copie\(2\)d'Article%20mai%202004.htm](http://www.Copie(2)d'Article%20mai%202004.htm)

**-Mishu B., Koehler J., Lee L.A., Rodrigue D., Brenner F.H., Blake P. and Tauxe R.V.** 1994. Outbreaks of Salmonella Enteritidis infections in the United States, 1985-1991. J. Infect. Dis., , **169**, 547-552.

**-Miyamoto T., Horie T., Baba E., Sasai K., Fukata T., Arakawa A.** 1998. Salmonella penetration through eggshell associated with freshness of laid eggs and refrigeration. J. Food Protect., , **61**, 350-353.

**-Mohle-boetani J.C., Werner S.B., Abbott S., Bendana N., Bryant R., Fenstersheib M., Ginsberg M., Gresham L., Koehler J., Mascola L.** 1998. Salmonella enteritidis infections from shell eggs: outbreaks in California. West J. Med., , **169**, 299-303.

**-Mulder R.W.** 1997. Safe poultry meat production in the next century. Acta Vet. Hung., , **45**, 307-315.

**-Nassar T.J., Al-nakhli H.M., Al-ogaily Z.H.** 1994. Use of live and inactivated Salmonella Enteritidis phage type 4 vaccines to immunise laying hens against experimental infection. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz., , **13**, 855-867.

**-Ngouyamsa S., 2007.** Contribution à l'étude comparative de la qualité commerciale des oeufs de consommation du marché et des grandes surfaces : cas de la région de Dakar (Sénégal). Th. Méd.Vét. : Dakar, 15

**-Nurmi E., Rantala M.** 1973. New aspects of Salmonella infection in broiler production. Nature, , **241**, 210-211.

**-Olsen AR, Hammack TS.** 2000. Isolation of Salmonella spp. from the housefly, *Musca domestica* L., and the dump fly, *Hydrotaea aenescens* (Wiedemann) (Diptera: Muscidae), at caged-layer houses. *J. Food Protect.*, , **63**, 958-960.

**-Parlement européen et conseil européen.** 2003. Directive du 17 novembre 2003 sur la surveillance des zoonoses et des agents zoonotiques, modifiant la décision 90/424/CEE du Conseil et abrogeant la directive 92/117/CEE du Conseil. *J. Off. Commun. Eur.*, , **L325**, 31-40.

**-Parlement européen et conseil européen.** 2003. Règlement du 17 novembre 2003 sur le contrôle des salmonelles et d'autres agents zoonotiques spécifiques présents dans la chaîne alimentaire. *J. Off. Commun. Eur.*, , **L325**, 1-15.

**-Pascual M., Hugas M., Badiola J.I., Monfort J.M., Garriga M.** 1999. *Lactobacillus salivarius* CTC2197 prevents *Salmonella enteritidis* colonization in chickens. *Appl. Environ. Microbiol.*, , **65**, 4981-4986.

**-Poppe C.** 2000. *Salmonella* infections in the domestic fowl. In: Wray, C. and Wray, A. (eds.), *Salmonella in domestic Animals*. CAB International: Oxon, , 107-132.

**-Price k.A., Keller L.H., Davison S., Eckroade R.J.** 1995. Optimal parameters of incubation for detection of *Salmonella Enteritidis* contamination in Grade A table eggs by monoclonal antibody-based ELISA. *J. Vet. Diagn. Invest.*, , **7**, 265-268.

**-Protais J,** 1988 La qualité de l'œuf de consommation .*L'aviculture Française*, Editions Rosset, 761-772.

**-Rabsch W., Hargis B.M., Tsolis R.M., Kingsley R.A., Hinz K.H., Tschape H., Baumler A.J.** 2000. Competitive exclusion of *Salmonella enteritidis* by *Salmonella gallinarum* in poultry. *Emerg. Infect. Dis.*, , **6**, 443-8.

**-Rabsch W., Tschape H., Baumler A.J.** 2001. Non-typhoidal salmonellosis: emerging problems. *Microbes Infect.*, , **3**, 237-247.

**-Renwick S. A., Irwin R. J., Clarke R. C., McNab W. B., Poppe C., Mcewen S.A.** 1992. Epidemiological associations between characteristics of registered broiler chicken flocks in Canada and the Salmonella culture status of floor litter and drinking water. *Can. Vet. J.*, ,**33**, 449-458.

**-Rodrigue D.C., Tauxe R.V., Rowe B.** 1990. International increase in Salmonella enteritidis: a new pandemic? *Epidemiol. Infect.*, , **105**, 21-27.

**-Sauveur B,** 1988 *Reproduction des Volailles et production d'oeufs*. Edition NRA, 11-49; 347-375 ; 377-431.

**-Schmid H., Burnens A.P., Baumgartner A., Oberreich J.** 1996. Risk factors for sporadic salmonellosis in Switzerland. *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.*, **15**, 725-732.

**-Schutze G.E., Fawcett H.A., Lewno M.J., Flice E.L., Kirby R.S.** 1996. Prevalence of Salmonella Enteritidis in poultry shell eggs in Arkansas. *South Med. J.*, ,**89**, 889-891.

**-Shuman JD; Sheldon BW,** 1997. Thermal resistance of salmonella and Listeria monocytogenes in liquid egg yolk and egg white. *Journal of food protection* 60,634 -638

**-Skov M.N., Spencer A.G., Hald B., Petersen L., Nauerby B., Carstensen B., Madsen M.** 2004. The role of litter beetles as potential reservoir for Salmonella enterica and thermophilic Campylobacter spp. Between broiler flocks. *Avian Dis.*, , 48, 9-18.

**-Spring P., Wenk C., Dawson K.A., Newman K.E.** 2000. The effects of dietary mannaoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of Salmonella-challenged broiler chicks. *Poult. Sci.*, , **79**, 205-211

**-Thapon J.L. ; Audito T V ; Nys ; Protais, J, Sauveur B., 1994 .** Présentation générale de l'oeuf (1-108) in: L'oeuf et les ovoproduits.-Paris : Technique et Documentation Lavoisier.-344 p.-(collection normes et techniques).

**-Thapon L., Bourgeois .C.M. 1994.** OEufs et Ovoproduits. Sciences et Techniques agro-alimentaires (Collection) Paris : CDIUPA-344p.

**-Thieulin G. ; Basile D., Hautetfort M., 1976.** L'oeuf et les ovoproduits.-Paris : collection « Normes et techniques ». 7-51

**-Tétry A ; Crimail P,** 1981.La grande Encyclopédie Larousse, Œuf, 14, 8732 – 8736

**-Tremolieres F. ,**1996 Toxi-infections alimentaires de la France métropolitaine. La revue du praticien (46) : 158-165

**-Van duijkeren E., Wannet W.J., Houwers D.J., Van pelt W.** 2002. Serotype and phage type distribution of Salmonella strains isolated from humans, cattle, pigs, and chickens in the Netherlands from 1984 to 2001. J. Clin. Microbiol., , **40**, 3980-3985.

**-Van immerseel F., De buck J., De smet I., Haesebrouck F. and Ducatelle, R.** 2002a .Dynamics of immune cell infiltration in the caecal lamina propria of chickens after neonatal infection with a Salmonella Enteritidis strain. Dev. Comp. Immunol., , **26**, 355-364.

**-Van immerseel F., Cauwerts K., Devriese L.A., Haesebrouck F., Ducatelle R.** 2002b. Feed additives to control Salmonella in poultry. World Poult. Sci. J., , **58**, 501-513.

**-Van immerseel F., De buck J., De smet I., Pasmans F., Haesebrouck F., Ducatelle R.** 2004a Interactions of butyric acid- and acetic acid-treated Salmonella with chicken primary cecal epithelial cells in vitro. Avian Dis., , **48**, 384-391.

**-Van immerseel F., Fievez V., De buck J., Pasmans F., Martel A., Haesebrouck F., Ducatelle R.** 2004b. Microencapsulated short-chain fatty acids in feed modify colonization and

invasion early after infection with Salmonella enteritidis in young chickens. Poultry Sci., , **83**, 69-74.

**-Van immerseel F., De buck J., Boyen F., Bohez L., Pasmans F., Volf J., Sevcik M., Rychlik I., Haesebrouck F., Ducatelle R.** 2004c. Medium-chain fatty acids decrease colonization and invasion through hilA suppression shortly after infection of chickens with Salmonella enterica serovar Enteritidis. Appl. Environ. Microbiol., , **70**, 3582-3587.

**-Vanmarcke J,** 1997. Les principaux facteurs responsables des chutes de ponte. Rhône Mérieux, 1-6

**-Villate D,** 1997. Maladies des volailles. Editions France Agricole, 242- 258

**-Wang H., Slavik M.F.** 1998. Bacterial penetration into eggs washed with various chemicals and stored at different temperatures and times. J. Food Protect., , **61**, 276-279.

**-Woodward M.J., Gettinby G., Breslin M.F., Corkish J.D., HOUGHTON S.** 2002. The efficacy of Salenvac, a Salmonella enterica subsp. Enterica serotype Enteritidis iron-restricted bacterin vaccine, in laying chickens. Avian Pathol., , **31**, 383-392.

**-Wybo I., Wildemauwe C., Godard C., Bertrand S., Collard J.M.** 2004. Surveillance of antimicrobial drug resistance in nontyphoid human Salmonella in Belgium: trends for 2000-2002. Acta Clin. Belgica, , **59**, 152-160.

**-Zhang-barber L., Turner A.K., Barrow P.A.** 1999 Vaccination for control of Salmonella in poultry. Vaccine, , **17**, 2538-2545.

**-Zhou D., Galán J.** 2001. Salmonella entry into host cells: the work in concert of type III secreted effector proteins. Microbes Infect, **3**, 1293-1298.

**-Web 1,** 2003. Chapitre 1 : Les gamètes.

Site : [http://www.vete1250/embryologie comparée des animaux](http://www.vete1250/embryologie%20compar%C3%A9e%20des%20animaux).

**-Web 2,** 2000 Les constituants de l'oeuf.

Site : [http : // www.ornithomedia.com](http://www.ornithomedia.com).

-**Web 3**, 2004 Hy-line variety brown, guide d'élevage 2004.

-**Web 4**, 2000 Les anomalies de l'oeuf. Site : [http : // www.ornithomedia.com](http://www.ornithomedia.com)

-**Web 5**, 2005 Les vertus thérapeutiques des œufs.

Site : [http:// www .oeufs.ca / fr/ sante/ miraculés œufs](http://www.oeufs.ca/fr/sante/miracules_oeufs).

-**Web 6**, 2005. Technique de codage automatique des œufs.

Site : [http : // www.sick.ch/ch/insight](http://www.sick.ch/ch/insight).