

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



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT ALIMENTAIRE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

DRIZI Fatima Zahraa

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN

Spécialité : agroalimentaire et contrôle de qualité

THÈME

**Composition et conformation des œufs
appartenant à la poule locale comparée avec
les œufs commerciaux**

DEVANT LE JURY

Mme RECHIDI Sidhoum Nadra	MCA	Présidente	Université de Mostaganem
Mr Dahloum Houari	MCA	Encadrant	Université de Mostaganem.
Mr BENAMEUR Qada	MCA	Examineur	Université de Mostaganem

Thème réalisé Au laboratoire Technologie Alimentaire Et Nutrition Université Mostaganem

Remerciements

Je remercie tout d'abord Dieu qui m'a éclairée les voies de la science et de la connaissance et qui m'a aidée à compléter cette modeste recherche.

*Mes remerciements s'adressent à mon encadreur **Monsieur DAHLOUM Houari**, je le remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.*

Je remercie aussi les membres de jury qui ont acceptés d'examiner ce travail.

Je saisisai cette occasion pour exprimer mon profonde gratitude à l'ensemble des enseignants de département alimentaire

J'adresse mes sincères remerciements à tous ceux qui ont participés de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mon très cher père qui a disparu tôt aucune dédicace ne peut exprimer mon amour et mon attachement à lui .

A ma très chère mère ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force

A mes très chères sœurs Malika, Nadja, Nourelhouda et mes très Chers frères Larbi, Abd el Kader, Youcef, Lahcen.

Mes amies Oumaima, Chahinez, Malika

Puisse dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.

Drizi Fatima Zahraa

Listes des figures

Figure 01 : Consommation d'œuf en Algérie 2000-2013

Figure 2 : Représentation schématique des différents compartiments de l'œuf.

Figure 3 : Vue en microscopie électronique à balayage d'une coupe transversale de la coquille d'un œuf de poule montrant les différentes couches.

Figure 04 : mesure de longueur et largeur de l'œuf

Figure 05 : Mesure du poids de l'œuf

Figure 06 : Mesure du poids de la coquille d'albumen et vitellus

Figure 07 : Mesure de la hauteur de l'albumen (Original 2018)

Figure 08 : de mesure de pH de l'albumen et de vitellus

Figure 09 : Détermination de la teneur en matière minérale

Figure 10 : Produits chimiques (1- Chloroforme, 2- Méthanol)

Figure 11 : Dosage des lipides totaux (1- Filtre, 2- Ampoule, 3 -Evaporateur), (Photo originale ,2022).

Liste des tableaux

Tableau 01 : Comparaison de la valeur biologique de quelques aliments à celle de l'œuf

Tableau 02: production mondiale d'œuf (IEC, d'après données de l'OCDE).

Tableau 3: Réglementation Européenne sur les œufs Journal officiel de FR 'Union européen.

Tableau 4 : caractéristique morpho-pondérale des œufs PL et SS (moyenne $\pm$ écart-type)

Tableau 5 : valeurs de pH (blanc et jaune).

Tableau 5 : MS et TE, MM, et MO dans l'albumen et le vitellus de l'ouf PL et SS.

Tableau 6 : Comparaison des teneurs en lipides totaux à froid(%).

Résumé

L'objectif de ce travail est de comparer la qualité morpho-pondérale et physicochimique des œufs de poules locales (PL) et ceux des souches sélectionnées (SS). Un total de 200 œufs ont été analysés, 100 issus de poules commerciales et 100 issus des œufs de poules locale.

Notre étude montre que les œufs SS ont présentés une supériorité significative pour le poids de l'œuf qui était de 61.61 ± 4.26 contre 55.18 ± 7.85 pour les œufs SS et PL respectivement. Les longueurs enregistrées sont de $5,49 \pm 0,58$ et $5,61 \pm 0,39$ pour PL et SS respectivement avec des largeurs de $4,25 \pm 0,39$ et $4,26 \pm 0,29$ pour PL et SS respectivement d'où une différence significative a été enregistrée.

Nous avons enregistré aussi une différence significative pour le poids de la coquille (7.96 ± 0.77 et 7.11 ± 0.82 pour SS et PL respectivement) le poids de l'albumen était de $36,37 \pm 2.94$ plus important par rapport aux œufs PL 29.96 ± 8.42 . par contre la population locale donne des œufs avec des teneurs plus importants en jaune 17.31 ± 2.93 et 18.22 ± 2.84 pour PL et SS respectivement

Nos résultats montrent qu'il existe une différence hautement significative pour le pH du jaune entre les deux populations étudiées 6.15 ± 0.23 chez SS alors que celle de PL était moins avec une valeur de 6.01 ± 0.24 et le pH du blanc 8.96 ± 0.31 et 8.53 ± 0.28 pour SS et PL respectivement

On a trouvé une différence significative pour la teneur en MM (0.80 ± 0.082 et 0.12 ± 0.11 pour PL et SS respectivement) tandis que les autres paramètres MO (27.73 ± 17.81 et 26.47 ± 16.67 respectivement), MS (29.75 ± 18.92 et 28.15 ± 17.51 pour SS et PL respectivement) et les teneurs en lipides totaux ($24,25g$ et $23,52g$ pour les œufs SS et PL respectivement) n'ont pas présentés une différence

.

Mots clés : Œufs, qualité, poules locales, souches sélectionnées.

Abstract

The main objective of This Work is to study the characteristics and the internal and external quality of the eggs and the morpho-weight parameters to compare between the eggs of local hens (LH) and those of selected strains (SS).

Our study shows that SS eggs exhibited a significant superiority for egg weight which was 61.61 ± 4.26 against 55.18 ± 7.85 for SS and PL eggs respectively. The recorded lengths are 5.49 ± 0.58 and 5.61 ± 0.39 for PL and SS respectively with widths of 4.25 ± 0.39 and 4.26 ± 0.29 for PL and SS respectively d where a significant difference was recorded.

We also recorded a significant difference for the weight of the shell (7.96 ± 0.77 and 7.11 ± 0.82 for SS and PL respectively) the weight of the albumen was 36.37 ± 2.94 more important compared to the eggs PL 29.96 ± 8.42 . on the other hand the local population gives eggs with higher yolk contents 17.31 ± 2.93 and 18.22 ± 2.84 for PL and SS respectively

Our results show that there is a highly significant difference for the pH of the yolk between the two populations studied 6.15 ± 0.23 in SS while that of PL was less with a value of 6.01 ± 0.24 and the pH of the white 8.96 ± 0.31 and 8.53 ± 0.28 for SS and PL respectively

A significant difference was found for the MM content (0.80 ± 0.082 and 0.12 ± 0.11 for PL and SS respectively) while the other parameters MO (27.73 ± 17.81 and 26.47 ± 16.67 respectively), MS (29.75 ± 18.92 and 28.15 ± 17.51 for SS and PL respectively) and total lipid contents (24.25g and 23.52g for SS and PL eggs respectively) did not show a difference

Keywords :Eggs, quality, local hens, selected strains.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو مقارنة الخصائص المورفومترية والجودة الفيزيائية الكيميائية للبيض للدجاج المحلي (PL) مع السلالات المختارة (SS). تم تحليل مجموعه 200 بيضة ، 100 من الدجاج التجاري و 100 من البيض من الدجاج المحلي.

أظهرت دراستنا أن بيض SS أظهر تفوقاً لوزن البيض الذي كان 4.26 ± 61.61 مقابل 7.85 ± 55.18 لبيض SS و PL على التوالي. الطول المسجل 5.49 ± 0.58 و 5.61 ± 0.39 لـ PL و SS على التوالي مع عرض 4.25 ± 0.39 و 4.26 ± 0.29 لـ PL و SS على التوالي حيث تم تسجيل فرق كبير.

سجلنا أيضاً فرقاً هائلاً لوزن القشرة (7.96 ± 0.77 و 7.11 ± 0.82 لـ SS و PL على التوالي) ، كان وزن البياض أكثر أهمية بنسبة 36.37 ± 2.94 مقارنة بالبيض 29.96 ± 8.42 PL. من ناحية أخرى ، يعطي السلالة المحلية بيضاً بمحتويات أعلى من الصفار 17.31 ± 2.93 و 18.22 ± 2.84 لـ PL و SS على التوالي

تظهر نتائجنا أن هناك فرقاً مهماً للغاية في درجة الحموضة للصفار بين المجموعتين اللتين تمت دراستهما 6.15 ± 0.23 في SS بينما كان PL أقل بقيمة 6.01 ± 0.24 ودرجة الحموضة للأبيض 8.96 ± 0.31 و 8.53 ± 0.28 لـ SS و PL على التوالي

تم العثور على اختلاف كبير في محتوى MM (0.80 ± 0.082) و 0.12 ± 0.11 لـ PL و SS على التوالي) بينما الخصائص الأخرى MO (27.73 ± 17.81) و 26.47 ± 16.67 على التوالي) ، MS (29.75 ± 18.92) و 17.51 ± 28.15) بالنسبة لـ SS و PL على التوالي) ومحتوى الدهون الكلي (24.25 جم و 23.52 جم لبيض SS و PL على التوالي) لم تظهر فرقاً

الكلمات المفتاحية: البيض، الجودة، الدجاج المحلي، السلالات المختارة.

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Résumé

Introduction Générale

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : importance de l'œuf dans l'alimentation et l'économie

I.1 .Importance nutritionnelle.....

I.2 .Importance hygiénique

I.3. Importance technologique.....

Chapitre II : Production des œufs en Algérie et dans le monde

II.1.Production des œufs dans le monde :

II.2. Production des œufs en Algérie

II.3. Evolution de consommation des œufs en Algérie

II.4. Différents types de production des œufs

II.5. Types de production des œufs PL

II.6. Types de production des œufs SS

II.7. Concept de qualité des œufs de poule

II.8. Structure et composition de l'œuf

II.8.1.La cuticule

II.8.2.La coquille

II.8.3.Les membranes coquillères

II.8.4.L'albumen

II.8.5.La membrane vitelline

II.8.6.Le vitellus

II.8.7.Chambre à air

III. Caractéristiques de l'œuf

III.1.Aspects physique

III.2.Couleur

III.3.Forme générale

III.4.Dimension

III.5.le poids

III.6.Densité

IV.Facteurs de variations de la qualité des œufs

IV.1.Facteurs intrinsèques

IV.1.1.Génotype

IV.1.2.L'âge des pontes

IV.2.Facteurs extrinsèques

Alimentation

Système d'élevage

Le temps d'ovipositeur

Impact de la température

Poids de l'œuf

Part des compartiments d'œuf

Qualité de la coquille

Evolution de la composition de l'œuf au cours de sa conservation

Dégradation de la qualité interne

Dégradation de la qualité bactériologique

Réglementation applicable aux œufs de consommation

Partie II : Partie expérimentale

Chapitre 01 : Matériel et méthodes

II.1. Matériel

I.1. Matériel biologique

I.2. Matériel technique

I.2.1. Matériel de mensuration

I.2.2. Matériel de pesée

I.2.3. Matériel de cassage

I.2.4. Matériel de mesure de pH

I.2.5. Matériel de stockages

II. Méthodes

II.2.1. Mensurations de l'œuf entier Après numérotation

II.2.2. Pesée de l'œuf entier

II.2.3. Mesure du poids de la coquille d'albumen et vitellus

Rapport jaune / blanc

Mesure des unités de Haugh

Mesure du pH des milieux de l'œuf

Détermination de la teneur en matière

Détermination de la teneur en matière minérale

Calcul de la matière minérale en %

Détermination de la matière organique

Technique d'extraction des lipides totaux à froid

Chapitre 02 : Résultats et Discussion

Conclusion générale

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale

Introduction Générale

L'œuf est un des aliments d'origine animale les plus utilisés dans le monde sans restriction religieuse d'usage. C'est un produit de base d'excellente valeur nutritionnelle pour l'ensemble des populations. Une poule produit plus de 320 œufs en une année de production et transforme avec une grande efficacité les matières premières végétales (essentiellement céréales et protéagineux). L'œuf est une source de protéines parfaitement équilibrée, référence choisie par l'OMS pendant de nombreuses années parmi les sources protéiques tout en étant la source protéique animale la moins onéreuse dans le monde. L'œuf est destiné au développement autonome d'un embryon dans une enceinte close, aussi sa partie consommée contientelle tous les nutriments, à l'exception de la vitamine C et du calcium. C'est une source de protéines à haute valeur biologique et de lipides très digestibles riches en acides gras insaturés. La consommation de deux œufs (100 g) contribue pour 5 à 20 % aux besoins journaliers de l'homme pour divers vitamines et minéraux et l'enrichissement de l'œuf par voie nutritionnelle en ces éléments ou en acides gras polyinsaturés en fait un aliment particulièrement indiqué pour les populations sensibles à l'équilibre de leur ration telles que les enfants, les personnes âgées mais également les sportifs recherchant un aliment à fort ratio protéine sur énergie. Une des caractéristiques principales de l'œuf est la relative stabilité de ses constituants majeurs, teneur en lipides, protéines et macro-minéraux (coefficient de variation [CV] < 12 %) mais il présente une variabilité importante du profil en acides gras saturés et insaturés. La comparaison des tableaux établis dans les différents pays fait également ressortir une très forte variabilité des constituants mineurs. De nombreuses revues sur la composition de l'œuf (**Nys et Saveur, 2004 ; Seuss-Baum et al., 2011 ; Nau et al., 2010 ; Ciquel, 2013 ; Miranda et al., 2015**) soulignent la variabilité de la proportion des différents acides gras dans l'œuf et celle des éléments mineurs, vitamines et oligoéléments. Il existe de nombreuses possibilités de modifier de manière importante leur teneur dans l'œuf qui est influencé par leur apport dans l'alimentation de la poule pondeuse (**Bouvarel et al., 2010 ; 2011**).

Il est donc possible de contrôler le profil des différents acides gras du jaune d'œuf (**Sirri et Meluzzi, 2011**) et d'enrichir l'œuf en vitamines ou oligoéléments (**Schiavone et Barroeta, 2011**) par l'alimentation de la poule afin de mieux contribuer à la couverture de besoin de l'homme en ces éléments. Une particularité remarquable de l'œuf est aussi son aptitude à résister aux bactéries pathogènes du fait d'une protection physique (la coquille) et d'une

Introduction Générale

protection antimicrobienne assurée par des protéines principalement présentes dans le blanc d'œuf. C'est aussi son talon d'Achille, car l'œuf peut être utilisé cru en cuisine et être à l'origine de toxi-infections alimentaires bactériennes (salmonellose) en cas d'altération de ses protections (**Whiley et Ross, 2015**).

L'objectif du présent travail est de comparer les œufs de poules locales avec ceux des poules commerciales pour choisir parmi les deux ceux qui présentent la meilleure qualité pour les paramètres étudiés

Ce travail comporte deux grandes parties

✓ La première partie est une synthèse bibliographique et la deuxième partie concerne la partie expérimentale qui contient tous ce qui est matériel et méthode puis les résultats et discussion et en fin on termine par une conclusion générale .

Partie I

Synthèse

Bibliographique

1. importance de l'œuf dans l'alimentation et l'économie

1.1 . Importance nutritionnelle

L'œuf est un aliment riche en protéines de haute valeur biologique. Sa teneur en acides aminés essentiels (lysine, méthionine) est élevée. Les protéines de l'œuf sont surtout connues pour leur valeur biologique très élevée qui provient de la complémentarité existant entre acides aminés de ces protéines. Cette caractéristique des protéines totales de l'œuf leur a valu d'être choisies comme standard de l'efficacité protéique chez l'enfant. Il constitue également une source importante de phosphore, de fer, de vitamines et de graisses facilement digestibles. Toutefois, l'œuf est pauvre ou déficient en glucides, calcium et vitamine C.

Lederer (1978) estime que l'œuf de consommation a une valeur nutritionnelle élevée (2 œufs et demi équivalent à 100 g de viande ou de poisson). (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Comparaison de la valeur biologique de quelques aliments à celle de l'œuf (Sauveur B., 1988).

Produit	Acides aminés (AA) Limitant	Valeur biologique
- œuf entier	Néant	96
- lait de vache	AA soufrés	90
- poisson	Méthionine	23
- bœuf (viande de bœuf)	AA soufrés	76
- riz	Lysine	75
- blé	Lysine	67

Cette importance nutritionnelle des œufs de consommation, justifie entre autres considérations, son importance hygiénique.

1.2.Importance hygiénique

L'appréciation de l'altération n'est pas simple car la frontière entre le produit non encore altéré et celui en voie d'altération est extrêmement variable selon les individus. La première évaluation de l'altération est la modification des caractères organoleptiques par rapport à un produit standard défini à l'avance. Pour ce qui est des œufs, les altérations au

cours du stockage portent soit sur l'ensemble de l'œuf, soit sur la face interne de la membrane coquillière ou alors sur l'albumen ou le jaune d'œuf (**Protas et Bougeon, 1985**).

En effet, toute la structure interne de l'œuf peut s'altérer. Les altérations les plus fréquemment rencontrées sont des modifications ou anomalies de couleur :

Verte attribuée à *Pseudomonas fluorescens*

noire attribuée à *Proteus hauseri*

rouge attribuée à *Serratia marcescens* (**Stewart et Abbot, 1982**).

Quant aux taches, leur coloration dépend du type de germe en cause : ainsi, elles peuvent être vertes, rouges ou noires et se trouvent sur les membranes coquillières ou dans l'albumen. Les œufs de consommation ont une importance hygiénique et médicale en raison des maladies qu'ils entraînent chez le consommateur. C'est l'aspect déterminant qui pose le problème de santé publique. Les toxi-infections d'origine alimentaire sont consécutives à l'ingestion d'aliments contaminés, essentiellement par des micro-organismes pathogènes ou leurs toxines (**Tremolieres, 1996**).

Selon **Gueyol (1999)**, la plupart des toxi-infections alimentaires ont pour origine la contamination bactérienne des produits carnés. Autrement dit, les viandes et notamment les viandes de volailles ainsi que les aliments préparés à base d'œufs sont les principaux véhicules des germes de toxi-infections alimentaires (**Forti, 1987**).

La prolifération bactérienne dans l'œuf résulte généralement de contamination après rupture du système protecteur de l'œuf (cuticule, coquille) : le vitellus constitue alors un excellent milieu de culture pour les germes. Il faut noter que l'œuf (même frais et non contaminé) peut être également responsable :

- d'intolérances postprandiales (nausées, vomissements) par effets d'anesthésie sur les voies biliaires sécrétrices avec spasmes douloureux ;
- d'allergies (céphalées) dues à l'ovalbumine ; l'œuf vieux peut provoquer aussi des intolérances (troubles digestifs, cutanés, nerveux, respiratoires,...) dues à des amines de décarboxylation telle que
- l'histamine ;
- d'insuffisances hépatiques, cirrhose, infarctus (**Gueyol, 1999**).

1.3. Importance technologique

Les ovoproduits sont des denrées constituées par les milieux internes de l'œuf, soit entotalité, soit après séparation blanc jaune, éventuellement débarrassés de certains de leursconstituants mineurs et additionnés de divers ingrédients (**Thieulin G. ; Basile D. etHautefort M., 1976**).

Les œufs sont traités par des machines cassant et clarifiant (séparation blanc jaune) environ20 000 unités par heure. Les produits obtenus sont filtrés et réfrigérés à +3°C (**Sauveur B.,1988**).

Chapitre II

Production de l'œuf en Algérie et dans le monde

1. Production des œufs dans le monde :

L'aviculture contribue aujourd'hui à la sécurité alimentaire. Selon les estimations de la FAO, la filière avicole a fourni en 2012, dans le monde, 103 millions de tonnes de viande et 66,4 millions de tonnes d'œufs de consommation. D'ici 2050, la demande alimentaire augmentera de 70 % pour nourrir la population mondiale (FAO, 2009).

Selon les estimations de la FAO, la production d'œufs de poules dans le monde a atteint 68,3 Mt en 2013 dont la Chine est le premier producteur mondial (24,5 Mt), elle représente à elle seule 36 % de la production mondiale en 2013, suivie de l'Union européenne à 27 (7 Mt), des Etats-Unis (5 Mt), de l'Inde (3,8 Mt) et du Japon (2,5 Mt) (Itavi, 2015).

D'après les projections de la FAO, la production d'œufs de poules dans le monde a atteint 70,4 Mt en 2015. Elle prévoit une production mondiale de 89,9 millions de tonnes à l'horizon 2030 (Alyssa, 2012),(Tableau 02).

Tableau 02: production mondiale d'œuf (IEC, d'après données de l'OCDE).

	Production (x 1000 t)		Evolution (%)
	2005	2015	
Chine	27960	35869	+28,3
Union européenne à 25	6385	6555	+2,7
Etats-Unis	5317	5940	+11,7
Inde	1890	2738	+44,9
Japon	2459	2516	+2,3
Russie	2051	2390	+16 ,5
Mexique	2000	2149	+7,5
Brésil	1271	1895	+49,1
Indonésie	1072	1350	+25,9

Turquie	782	1107	+41,6
Monde	62984	77198	+22,6

2.1 Production des œufs en Algérie :

La filière chair et la filière œufs de consommation sont les deux filières de production essentielle en Algérie. Le processus de production du matériel biologique est encore à un stade embryonnaire. Le segment de sélection/multiplication des souches n'existe pas **(Amghrouss et Badrani, 2007)**.

La production d'œufs à couver ne dépassait guère 2 millions d'unités par an, d'où le recours à une importation marginale du poussin d'un jour **(Kaci et Boukella, 2007)**.

Le secteur privé représente 73% des capacités de production nationale en œufs de consommation avec une taille moyenne des élevages privés de 10 000 sujets. Le nombre de reproductrices d'un jour pour la filière ponte mis en place s'élève en moyenne annuelle à 330 000 **(Alloui, 2011)**

2.1.1 Evolution de consommation des œufs en Algérie :

Les dépenses de consommation d'œufs ont considérablement augmenté depuis 1989 contrairement à la viande blanche, mais par rapport à la Tunisie et au Maroc, la consommation d'œufs en Algérie est encore faible **(Kaci et Boukella, 2007)**.

La consommation des œufs en Algérie a connu une croissance continue avec parfois des fluctuations, une grande consommation en 1990 puis baisse en 2005, pour continuer à augmenter en 2010. Selon FAO l'Algérie est parmi les plus importants consommateurs d'œufs en Afrique du Nord, ou une personne consomme de 120 à 150 œufs par an **(Swalili, 2013), (Figure 01)**.

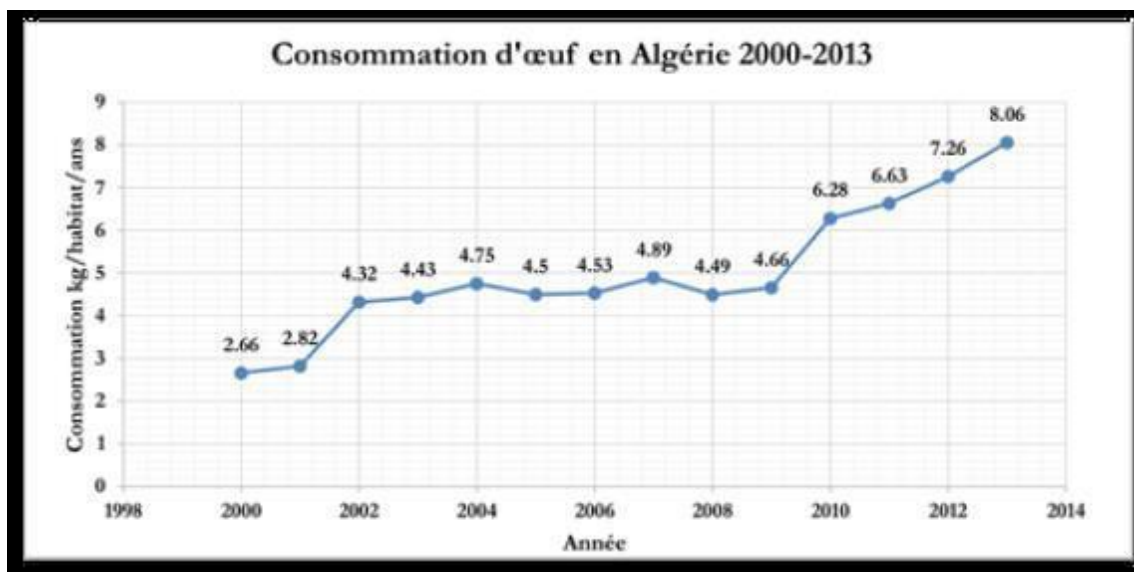


Figure 01 : Consommation d'œuf en Algérie 2000-2013 (FAO, 2017).

2.2.2 Différents types de production des œufs

A. Production des œufs PL

En Algérie, cet élevage se pratique pour les poules pondeuses, c'est surtout des élevages familiaux de faibles effectifs, qui s'opèrent en zone rurale. La production est basée sur l'exploitation des PL, et les volailles issues sont la somme de rendement de chaque éleveur isolé. C'est un élevage qui est livré à lui-même, généralement aux mains de femmes, l'effectif moyen de chaque élevage fermier est compris entre 15 et 20 sujets, les poules sont alimentées par du seigle, de la criblure, de l'avoine, et des restes de cuisines. Les poules sont destinées à la consommation familiale ou élevées pour la production des œufs et sont généralement élevées en liberté et complètent leur alimentation autour de la ferme. (Belaid, 1993).

Si peu de données sont disponibles sur les races PL et les systèmes de production de volaille en Kabylie, quelques points méritent cependant d'être mentionnés. Ainsi, l'élevage est conduit par des paysans et autres éleveurs sans qualification, le plus souvent autour des habitations, à l'image de ce qui se pratique dans de nombreux pays africains (Akouango et al., 2004).

Les animaux sont logés soit dans des poulaillers rudimentaires en matériaux locaux, soit dans des cases d'habitation. L'élevage peut aussi tout simplement laissé en divagation. Aucune mangeoire n'est généralement prévue, les animaux trouvant leur alimentation dans le milieu extérieur. Les poules peuvent quelquefois recevoir des aliments sous forme de

grains de céréales ou de déchets de cuisine. L'aliment est alors servi à même le sol. Les flaques d'eau ou de vieux récipients abandonnés dans les cours constituent la source d'abreuvement. Les pondoires sont constitués de pailles, de copeaux de bois ou de feuilles de végétaux séchées. Via l'importance des PL, son exploitation en liberté dans l'élevage traditionnel est médiocre ce qui donne peu de profit pour l'éleveur. La poule est toujours en quête de nourriture, exposée aux prédateurs et au cambriolage ce qui signifie que l'éleveur n'a aucun contrôle dans l'élevage (**Bougheddou, 2016**).

B. Production des œufs SS

La filière ponte est très spécialisée. Les poules pondeuses d'œufs de consommation sont sélectionnées sur leur seule aptitude à pondre, ce qui conduit à la production de +/- 300 œufs (dépendant du système de production) au cours de leur premier et unique cycle de production. A l'issue de celui-ci, soit à un âge de +/- 500 j (dépendant également du système de production), les poules encore présentes sont réformées collectivement pour permettre la mise en place d'un nouveau lot de poulettes prêtes à pondre, après les opérations de nettoyage, désinfection et vide sanitaire du bâtiment. Ainsi, chaque poule génère au cours d'un unique cycle de ponte une masse d'œufs de l'ordre de 18 kg, à mettre en regard avec une carcasse valorisable de l'ordre de 1,1 kg seulement et de moindre qualité que celles des poulets de chair sélectionnés pour leur aptitude musculaire et abattus à un âge autrement plus précoce (de l'ordre de 40 j dans le cas du poulet standard).

Cette différence à la fois quantitative et qualitative entre un produit principal, l'œuf, et un coproduit secondaire, la poule de réforme, nous a conduits à traiter séparément des pertes alimentaires relatives à ces deux productions de la filière ponte d'œufs de consommation (**Coudurier, 2015**).

Ce choix se justifie également par le fait que la filière de production d'œufs à couver (OAC) contribue elle aussi à la production de reproducteurs de réforme valorisés en alimentation humaine, et ce de manière non différenciée par rapport à ceux issus de la filière de production d'œufs de consommation. Ainsi, bien que ces deux filières soient totalement distinctes, elles seront considérées conjointement au niveau de leur coproduit commun. Par ailleurs, la filière OAC génère d'importants volumes d'œufs impropres à la consommation humaine (ICH) mais néanmoins valorisés par d'autres voies, conjointement avec la fraction d'œufs ou coproduits d'œufs ICH générée par la filière œuf de consommation (**Coudurier, 2015**).

2. Concept de qualité des œufs de poule :

La norme ISO 8402-94 définit la qualité comme un : « Ensemble des caractéristiques d'une entité qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés et implicites ». La norme ISO 9000 : 2000 la définit comme : « Aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences ».

Kramer (1951) a défini la qualité comme « somme de caractéristiques des produits alimentaires donnés qui influencent l'acceptabilité ou la préférence pour cette nourriture par le consommateur ».

La qualité des œufs comporte un certain nombre d'aspects connexes à la coquille, l'albumen et le jaune, et peuvent être divisés dans la qualité externe et interne. Les caractéristiques de qualité externes sont évaluées sur la base de la coquille d'œuf, de sa propreté, de la forme et de la texture. L'interne de la qualité est basée sur la taille de cellules d'air, albumen, la qualité du jaune et la présence du sang et des taches de viande (**Tũmova et al., 2007**).

La qualité des œufs et leur stabilité pendant l'emmagasiner sont déterminées en grande partie par leur structure physique et leur composition chimique. Donc, il importe pour ceux qui ont à s'occuper de leur manutention d'avoir une connaissance suffisante de ces facteurs fondamentaux afin de comprendre pour quelles raisons les œufs exigent un traitement particulier et de pouvoir en organiser rationnellement la commercialisation (**Stewart et Abbot, 1982**).

Les critères les plus utilisés par le consommateur pour accepter ou refuser les œufs sur le marché sont : la taille de l'œuf, la couleur de la coquille, le poids de l'œuf, la texture, la forme et l'état de la coquille mais aussi la qualité interne du jaune et du blanc de l'œuf (**Saidou, 2005**).

Par conséquent, les œufs ayant de formes allongées ou globuleuses risquent en majorité d'être refusés par le consommateur. De même, les œufs cassés ou fêlés sont difficilement acceptés, ce qui fait qu'ils sont vendus sur place pour la consommation immédiate. En ce qui concerne la couleur, bien que loin d'être un indice de qualité, la préférence est faite aux œufs roux. Notons aussi que les consommateurs sont souvent réticents devant les œufs dont la coquille est très sale, en particulier si elle est souillée d'aliment, de sang ou de fientes.

Pour la qualité interne, la préférence des consommateurs est orientée vers les œufs dont l'aspect, l'odeur et la saveur sont ceux de l'œuf frais normal. Le jaune doit être sphérique, consistant et de couleur franche et ne doit présenter aucun corps étranger (tache de sang) ; le blanc quant à lui doit être épais et ferme. En général, les œufs dont le jaune et le blanc présentent des anomalies sont rejetés par les consommateurs (Bankole, 2000).

3. Structure et composition de l'œuf :

Trois compartiments caractérisent l'œuf de poule: la coquille, le blanc d'œuf (albumen-) et le jaune d'œuf (vitellus). Les proportions relatives de chaque compartiment par rapport à l'œuf total sont de 8,5 à 10,5% pour la coquille, de 57 à 65% pour l'albumen et de 25 à 33% pour le vitellus (Nys, 2010).

L'œuf est composé, de l'extérieur vers l'intérieur, d'une coquille, de deux membranes coquillières qui entourent l'albumen. Ce dernier à son tour enveloppe le vitellus. L'albumen et le vitellus sont séparées par une membrane cellulaire appelée membrane vitelline (Nys, 2010)(figure 12).

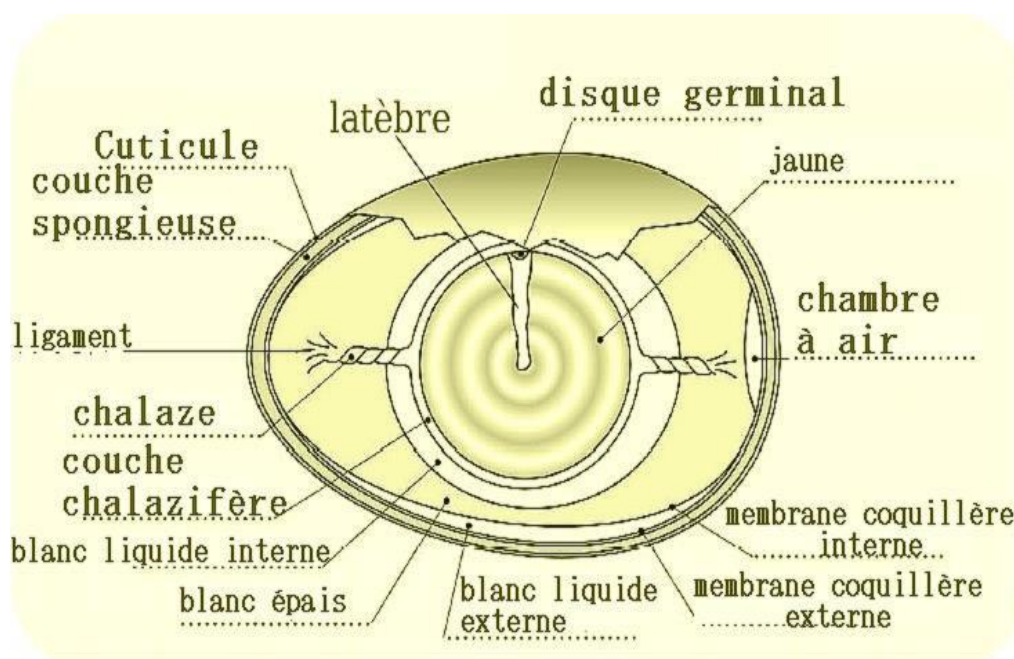


Figure 2 : Représentation schématique des différents compartiments de l'œuf (Sauveur, 1988).

4.1. La cuticule :

Elle est la couche la plus externe de l'œuf, et est déposée sur la coquille environ deux heures avant l'oviposition, et est composée de 90% de protéines et de glycoprotéines, 5% d'hydrates de carbone et d'environ 3% de cendres (**Dennis et al., 1996**).

La cuticule permet d'une part, de réguler les pertes en eau de l'œuf et d'autre part, d'obturer les pores de la coquille pendant les premières heures suivant la ponte. Ces derniers constituent une porte d'entrée pour les germes qui peuvent contaminer le contenu interne de l'œuf (**Cook et al., 2003**).

4.2. La coquille :

La coquille de l'œuf d'oiseau et les membranes coquillières qui la supportent renferment en moyenne 1,6% d'eau, 3,3 à 3,5% de matière organique et 95% de matière minérale. La coquille elle-même, sans sa cuticule, est composée majoritairement de carbonate de calcium (94%) et d'une faible proportion de constituants organiques (2,3%) inclus dans la partie minéralisée. Elle contient 37,5% de calcium et 58% de carbonate mais également du magnésium et du phosphore, ce dernier étant concentré dans les couches superficielles. Elle

contient enfin de nombreux oligo-éléments dont du manganèse (7 mg.kg^{-1}) dont l'apport alimentaire chez la poule favorise la solidité de la coquille probablement en influençant sa structure cristalline. La coquille d'œuf de poule est composée de cinq couches de l'intérieur vers l'extérieur (**figure 3**) : les membranes coquillières, la couche mamillaire ou couche des cônes, la couche palissadique, la couche des cristaux verticaux et la cuticule (**Nys et al., 1999 ; Nys et al., 2010**).

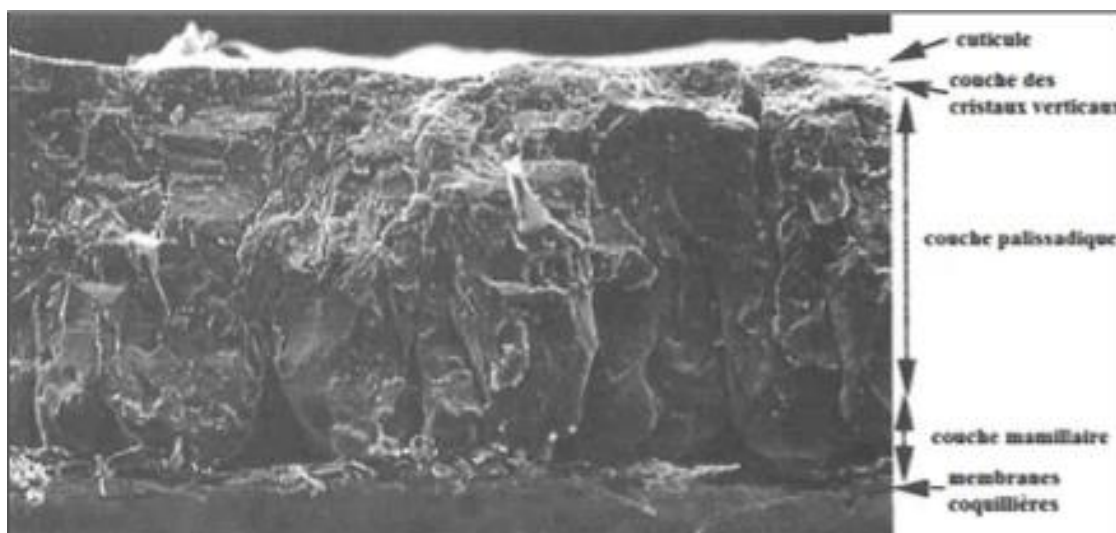


Figure 3 : Vue en microscopie électronique à balayage d'une coupe transversale de la coquille d'un œuf de poule montrant les différentes couches (Nys et al., 1999).

4.3. Les membranes coquillières :

Elles sont situées entre l'albumen et la surface interne de la coquille, les membranes coquillières présentent une structure en deux couches interne et externe. La couche interne est formée de trois sous-couches de fibres parallèles à la coquille, tandis que la membrane externe est constituée de six couches de fibres orientées alternativement dans des directions différentes (Nys et al., 2004).

Les membranes coquillières se composent de 90% de protéines de 2% de glucose et de 2% de cendres. Les fibres qui les constituent sont principalement à base de collagène X qui empêcherait la minéralisation vers l'intérieur de l'œuf (Dominguez- Vera et al., 2000).

Elles jouent un rôle important au phénomène de formation de la coquille : la minéralisation de la coquille est initiée en surface de ces membranes dans les sites de nucléation, qui correspondent à des amas organiques où sont déposés les premiers cristaux de calcite. Toute anomalie de la formation des membranes coquillières par une carence en cuivre ou suite à l'ingestion de mycotoxines provoque des déformations importantes de la coquille (Chowdhury, 1990).

4.4. L'albumen :

Le blanc est composé de 88% d'eau, de 10,6% de protéines et de 0,9% de glucides. Il contient également des minéraux (0,5%) et une faible quantité de vitamines hydrosolubles, uniquement du groupe B (**Guerin-Dubiard et al., 2010**).

Les protéines majeures qui caractérisent l'albumen sont l'ovalbumine (qui représente 54% des protéines du blanc), l'ovotransferrine (13%), l'ovomucoïde (11%), le lysozyme (3,5%) et l'ovomucine (1,5 à 3,5%) (**Li-Chan et Nakai, 1989**).

4.5. La membrane vitelline :

Elle entoure le jaune et le sépare de l'albumen. Il a une épaisseur d'environ 10 µm. Il est de nature protéique (**Mineki et Kobayashi, 1997**).

La membrane vitelline est composée de trois couches, l'une interne au contact du jaune, une deuxième couche intermédiaire formée d'une substance amorphe et une troisième couche externe au contact du blanc (**Burley et Vadehra, 1989**).

4.6. Le vitellus :

Le jaune est composé de 51% d'eau, de 30% de lipides, de 16% de protéines et de 0,6% de glucides. Il est également riche en phosphore, contient la plupart du fer de l'œuf et renferme des vitamines (la totalité des vitamines liposolubles et un certain nombre de vitamines hydrosolubles) (**Guerin-Dubiard et al., 2010**).

Deux fractions du jaune peuvent être distinguées lors de la centrifugation : le plasma (environ 78%), et la fraction granulaire ou globulaire (environ 22%), correspondant au précipité. Dans le plasma, les principales protéines identifiées sont l'albumine sérique, microglobuline et l'immunoglobuline Y (**Li-Chan et Kim, 2008**).

La fraction granulaire, riche en gouttelettes lipidiques, contient notamment des HDL (High-Density Lipoprotein) avec des lipovitellines issues des vitellogénines et des VLDL (Very Low Density Lipoprotein) avec des apoprotéines (**Burley et Vadehra, 1989**).

4.7. Chambre à air

Elle n'existe pas au moment de la ponte de l'œuf mais apparaît immédiatement après le refroidissement de l'œuf entraînant une légère contraction de son contenu. Le volume de la chambre à air augmente avec la durée et les conditions de conservation. (MUSABIMANA KAGAJU F., 2005)

4. Composition globale de l'œuf

5.1 . Stabilité des constituants majeurs :

La composition globale de l'œuf est décrite dans de nombreuses revues (Nys et Sauveur, 2004 ; Seuss-Baum et al., 2011 ; Miranda et al., 2015). Des données actualisées de la composition de l'œuf sont disponibles sur le site du réseau européen décrivant la composition des aliments (www.eurofir.org). Il existe une assez grande hétérogénéité dans la composition de l'œuf décrite par les pays européens. Celle-ci est probablement due à la diversité de l'échantillonnage d'œufs et à la variabilité biologique de sa composition en fonction de la physiologie de la poule, de sa génétique ou de son alimentation, et aux méthodes d'analyses notamment pour les données citées à partir d'articles anciens. Un effort est en cours au niveau européen pour actualiser et homogénéiser cette composition. En moyenne, l'œuf contient 60 % de blanc (solution saline comprenant 11 % de protéines), 30 % de jaune (50 % d'eau, 16 % de protéines et 34 % de lipides) et 10 % de coquille. L'œuf entier (sans coquille) contient en moyenne 75 % d'eau (74-77), 12,5 % de protéines (12,4 à 12,9) et de 10,5 % de lipides (8,7 à 11,2) (Seuss-Baum et al., 2011). Les constituants comestibles majeurs de l'œuf sont rapportés dans le tableau 9-I pour 100 g de produit consommable (équivalent à deux œufs en moyenne). La composition des constituants majeurs de l'œuf est principalement modulée par la proportion de blanc et de jaune, qui ont une composition très différente. Ce rapport blanc-jaune dépend de l'origine génétique mais surtout de l'âge de la poule et, pour un âge donné, du poids de l'œuf. Par conséquent, la composition de l'œuf devrait être définie sur la base d'une proportion moyenne de blanc et de jaune, ce qui n'est actuellement pas réalisé dans les tables de composition d'aliment disponibles.

5.2. Modification de la matière sèche de l'œuf La composition du blanc et celle du jaune d'œuf sont très différentes car les lipides de l'œuf ne sont présents que dans le jaune. La teneur en matière sèche entre ces deux compartiments varie donc du simple au double. La

valeur nutritionnelle globale de l'œuf, matière sèche ou teneur en énergie, va dépendre essentiellement de la proportion relative de blanc et de jaune dans l'œuf. Celle-ci dépend principalement de l'âge de la poule : en début de cycle de production, à 20-26 semaines d'âge, un œuf de poule de type ISA-Hendrix contient environ 23 % de jaune et ce pourcentage augmente à plus de 28 % au-delà de 60 semaines d'âge ; celle du blanc d'œuf diminue de 63,8 % à 59,2 % entre ces deux périodes (Zita et al., 2009). Par contre, pour un âge donné de la poule, une différence de poids d'œuf se traduit principalement par une proportion de blanc plus élevée. Cette augmentation du poids d'œuf entre poules de même âge est associée à un enrichissement de l'œuf en eau et protéines, elle est donc plutôt défavorable à sa valeur nutritionnelle globale. L'influence de l'alimentation de la poule sur ce rapport blanc-jaune est modérée. L'apport de protéines et d'acides aminés essentiels influence peu la proportion de blanc et de jaune. Le pourcentage d'albumen est diminué de 0,4 point dans les œufs de poules nourries avec un aliment appauvri en protéines (13 versus 16 %) (Bouvarel et al., 2010). Cette réduction de la part de blanc est de 61,1 à 60,6 % lorsque la teneur en protéine de l'aliment diminue de 18,9 à 14,4 % de protéines entre 20 et 43 semaines, puis de 16,3 versus 13,8 % entre 44 et 63 semaines d'âge de la poule (Novak et al., 2006). Ces auteurs observent également une diminution des teneurs en protéines du blanc (10,37 versus 9,67 %) et du jaune (15,95 versus 15,70 %), mais le pourcentage du jaune reste stable (26,2 %). L'augmentation des apports en méthionine (0,28 et 0,43 %) (Shafer et al., 1996) ou en lysine (0,70 à 1,58 % à partir de la 45^e semaine d'âge) (Prochaska et al., 1996) augmente le poids de l'œuf (plateau à 0,36-0,38 pour la méthionine) mais ne modifie pas les parts de blanc et de jaune (Bouvarel et al., 2010 ; 2011). Le mode de distribution journalier de l'aliment peut affecter chez la poule le poids de l'œuf et la proportion de ses compartiments. La distribution séquentielle de deux aliments à faible et plus haute teneur en protéines (16 et 13 %) réduit le poids de l'œuf et le pourcentage d'albumen (-0,6 point) au profit du jaune, si l'aliment pauvre en protéine n'est disponible que l'après-midi. Cependant, ces observations n'ont pas été confirmées par d'autres auteurs distribuant des aliments à 10 ou 16 % de protéine au cours de la journée (voir revue de Bouvarel et al., 2010 ; 2011). Plus récemment, une distribution alternée d'un aliment riche en protéines disponible

Nutriment	Blanc	Jaune	Œuf entier	Min-max	Œuf entier canada
Proportion part comestible	60	30,7	90,7		
Eau(g)	88.1	49,4	75,9	73-80	76,2
Calories (kcal)	48	366	145	128-154	145
Protéines (g)	10	15,9	12,3	11,8-13,3	11,8
Glucides (g)	1.18	0,53	0,7	0,3-0,8	0,98
Cendres (g)	0.7	1,54	0,9		0,96
Lipides (g)	0.1	32,6	10,3	8,8-11,9	10,1
acides gras saturés (g)	0	9,9	2,74	2,6-4,4	3,04
16 :0 acide palmitique (g)	0	7,2	2,04	1,9-2,4	2,22
18 :0 acide stéarique (g)	0	2,5	0,68	0,6-0,9	0,76
Acides gras monoinsaturés (g)	0	13,6	3,9	3,6-4,7	4,18
Acides gras polyinsaturés (g)					
18:1-acide oléique(g)	0	5,2	1,79	1,0-2,1	1,45
18:2-acide linoléique (n-6) (g)	0	12,4	3,7	3,0-3,9	3,81
18:3-acide linolénique (n-3)	0	3,6	1,45	1,25-2	1,11
(g) 20:4-acide arachidonique					
(n-6, AA) 20:5-acide	0	0,24	0,06	0,02-0,08	0,07
eicosapentaénoïque (n-3)	0	0,44	0,18	0,12-	0,16
22:6-acide					
docosahéxaénoïque (n-3)	0	0,005	0,003		0,002 0,072
		0,23	0,09	0,04-0,17	
Cholestérol (mg)	0	1194	355	290-504	366
Sodium (mg)	166	42	128	115-156	125
Phosphore (mg)	13	381	185	173-255	126
Calcium (mg)	8	128	69	40-93	45
Fe (mg)	0.006	4 .4	1.75	1,5-2,7	1.4
Zinc (mg)	0.42	2.8	1.0	0,8-2	1.2
Sélénium (µg)	18.9	68.9	< 23	5,6-50	34

Iode (µg)	—	122	44	1-53	
Rétinol (µg)	0	624	193	139-211	191
Vitamine D (µg)	0	4.7	1.5	-2	1.4
Vitamine E (mg)	0	8	1.3	1,1-1,8	2.45
Niacine (mg)	0.154	0.03	0.08	0,05-0,1	0.12
Riboflavine (mg)	0.43	064	0.45	0,3-0,6	0.49
Acide pantothénique (mg)	0.26	7.37	1.75	0,4-	2.44
Choline (mg)	1.1	820			302

en fin d'après-midi et de blé entier le matin (Umar-Faruk et al., 2010) ne modifie pas le pourcentage d'albumen de 19 à 46 semaines mais réduit le pourcentage de jaune pour la période 27-37 semaines, lorsque les poules ont perdu du poids du fait d'une plus faible consommation journalière d'aliment. L'impact de ces modifications sur la valeur nutritionnelle de l'œuf est donc très faible.

5.3. Protéines de l'œuf

Les protéines sont réparties équitablement entre le blanc et le jaune d'œuf. La plupart sont des glycoprotéines qui confèrent au blanc d'œuf ses propriétés fonctionnelles, viscosité, thermo-gélification, propriétés moussantes ou émulsifiantes. La synthèse de novo des protéines se produit au niveau hépatique pour celles du jaune d'œuf et au niveau de la partie centrale de l'oviducte (magnum) pour celles du blanc d'œuf sous le contrôle des stéroïdes sexuels. La teneur et la composition en protéines est remarquablement stable dans chaque compartiment de l'œuf. La proportion des protéines majeures de l'œuf (6 protéines correspondent à 90 % du blanc d'œuf, le jaune contient une dizaine de protéines majeures) semble stable pour une espèce. Les protéines de l'œuf sont parfaitement équilibrées en acides aminés essentiels par rapport aux besoins de l'homme, du fait notamment de leur richesse en lysine et acides aminés soufrés, et elles avaient été choisies par l'Organisation mondiale de la santé comme référence pour les besoins de l'enfant. En effet leur valeur biologique est excellente. Il en est de même de leur digestibilité qui est très élevée par rapport aux autres protéines végétales ou animales quand l'œuf est cuit (91-94 % selon Evenepoel et al., 1998, 1999). L'œuf est supérieur respectivement de 15, 20 et 40 % au lait de vache, à la viande de bœuf ou aux protéines du blé quand ces deux critères définissant la qualité de la protéine sont pris en compte. L'œuf cru est par contre peu digestible (50 %)

du fait de sa richesse en antiprotéases, notamment de par son activité antitrypsique liée à l'ovomucoïde. Cette activité est détruite à la cuisson. L'alimentation, le type d'élevage ou même la génétique n'influencent pas le profil des protéines de l'œuf, que cela soit dans le blanc ou le jaune. Il existe par contre des différences entre espèces. La quantité de protéines dans l'œuf va donc être très stable chez la poule et ne sera modifiée modérément que par la proportion de blanc et jaune de l'œuf, comme c'est le cas pour la matière sèche de l'œuf. Ces protéines de l'œuf expriment de nombreuses activités biologiques qui peuvent présenter un intérêt thérapeutique pour l'homme puisque certaines possèdent des propriétés antibactériennes, antioxydantes, anticancéreuses ou anti-inflammatoire (Rehault-Gobert et al., 2011 ; Miranda et al., 2015 ; Nimalaratne et Wu, 2015).

5.4. Lipides de l'œuf :

Profil lipidique de l'œuf : La composition globale en lipides de l'œuf est très stable, comme pour ses protéines. Seul le profil en acides gras est très variable. Les lipides de l'œuf (6 g par œuf) sont présents uniquement dans le jaune. C'est la proportion de jaune dans l'œuf qui détermine la teneur de l'œuf en lipides. Ils représentent de 33 à 35 % du poids du jaune frais et 65 % de sa matière sèche (Nys et Sauveur, 2004 ; SeussBaum et al., 2011 ; Ciquel, 2013). Ils sont associés aux protéines (proportion de 2/1) et sont composés à 65 % de triglycérides, à 31 % de phospholipides et à 4 % de cholestérol. Ils sont synthétisés par le foie de la poule puis transportés vers l'ovaire sous la forme de VLDL (lipoprotéines de très basse densité) de composition peu variable. L'œuf est riche en acides gras insaturés (63 % incluant 40 à 45 % d'acides gras mono-insaturés) donc contient environ un tiers d'acides gras saturés quand la poule est alimentée avec du maïs, du blé et du soja. Les phospholipides de l'œuf dérivent essentiellement de la choline car le jaune est riche en phosphatidylcholine (70 % soit trois fois plus que la lécithine de soja) et en phosphatidyléthanolamine (14 %) et, en moindres proportions, en lysophosphatidylcholine et sphingomyéline (2 %). Les phospholipides de l'œuf sont donc à 90 % des dérivés de la choline. L'homme étant directement dépendant de l'apport alimentaire de ce nutriment, indispensable au développement du cerveau, à la fonction hépatique et à la prévention de cancers, peut trouver dans l'œuf une contribution à la couverture de ce besoin spécifique (Zeisel et al., 2000 ; Blesso, 2015). Les phospholipides de l'œuf auraient un effet positif sur le risque cardiovasculaire en favorisant le transfert des HDL (lipoprotéines de haute densité), mais un effet négatif en stimulant la production de triméthylamine N-oxyde par le

microbiote intestinal, dont la teneur est associée à ce risque (Blesso, 2015). La digestibilité des triglycérides et des phospholipides est excellente (98 % et 90 % respectivement). La teneur globale du jaune en lipides et sa proportion en AGI/AGS sont stables et ne peuvent pas être modifiées par l'apport en lipides alimentaires (Bouvarel et al., 2010 ; 2011). La seule origine de modification de la composition en lipide de l'œuf est donc de changer la proportion de blanc et de jaune. En revanche, le profil des acides gras de l'œuf reflète l'alimentation de la poule.

5.4.1. Profil en acides gras de l'œuf : dépendance vis-à-vis de l'alimentation de la poule

L'homme est directement dépendant de son alimentation pour l'acide linoléique (C18:2 n-6) et l'acide α -linolénique (C18:3 n-3). Ils sont les précurseurs des acides gras polyinsaturés (AGPI) qui ont un intérêt nutritionnel car la série n-6 contribue à baisser la cholestérolémie et la série n-3 réduit le risque de maladie cardiovasculaire (Griffin, 2011 ; Guyonnet et Nys, 2013 ; Miranda et al., 2015). L'œuf peut être enrichi par voie alimentaire. En effet, la teneur en lipides totale et la proportion d'acides gras saturés-insaturés sont stables dans l'œuf, mais le profil des acides gras insaturés (AGI) présents dans les lipides du jaune est très dépendant de l'alimentation de la poule (Bouvarel et al., 2010 ; Sirri et Meluzzi, 2011). Les profils en AGI et en AGPI sont très variables, que ce soit dans les triglycérides ou les phospholipides. Ils se substituent en fonction de la composition de l'aliment de la poule en AGI mono- et polyinsaturés, tandis que les acides gras saturés (palmitique C16:0 et stéarique C18:0) sont relativement stables. La composition en acides gras insaturés du jaune d'œuf est directement dépendante de l'apport en matières premières riches en huiles végétales ou animales incorporées dans l'aliment de la poule. L'apport d'huile d'olive majore la teneur en acide gras mono-insaturés (AGMI), et celui d'huile de soja favorise la présence d'acides gras insaturés de type n-6. Une poule alimentée avec du blé ou du maïs et du tourteau de soja produit un œuf riche en acide linoléique (18:2, n-6) mais pauvre en acides gras polyinsaturés à longue chaîne, acide arachidonique (20:4 n-6) ou acide docosahexaénoïque (DHA, n-3). Ces teneurs en acide arachidonique (AA C20:4) et docosahexaénoïque (DHA C22:6) peuvent être multipliées par 5 à 10 en alimentant les poules avec du poisson riche en acides gras n-3, des extraits d'huile de poisson, ou encore des huiles végétales riches en AGPI (tournesol riche en n-6 ; millet, colza et lin riches en n-3) (Sim, 2000 ; Sirri et Meluzzi, 2011). Depuis les années 1960, la priorité a été de privilégier un apport en acide gras n-3 afin d'obtenir un rapport n-6/n-3 inférieur à 6/1. La teneur en AGPI n-3 peut être augmentée

jusqu'à 8 fois en utilisant du colza, du lin ou une huile de poisson (Bean et Leeson, 2003 ; Sirri et Meluzzi, 2011) mais leur incorporation alimentaire est limitée par l'apparition de goût désagréable. Ainsi l'apport d'huile de lin est limité à 10 % et d'huile de poisson à moins de 2 %. Les AGPI alimentaires sont oxydables et peuvent conduire à la formation de peroxydes. L'œuf, bien que riche en AGPI, est relativement moins sensible que d'autres produits à l'oxydation, du fait de sa forte teneur en phospholipides qui participent à la régénération des antioxydants primaires en fournissant des radicaux hydrogènes et renforcent ainsi l'action bénéfique du tocophérol. La phosvitine du jaune possède également un effet antioxydant du fait de son pouvoir chélateur du fer .

5.4.2.. Cholestérol de l'œuf

L'œuf est riche en cholestérol (200 mg/œuf), localisé uniquement dans le jaune. Cet apport a longtemps été soupçonné de favoriser le risque de maladies cardiovasculaires même si la consommation d'œufs par jour est en moyenne très limitée (< 30 g). Cette propriété a contribué notamment avant les années 2000 à réduire la consommation d'œufs. Cependant, de nombreuses études épidémiologiques ont maintenant établi que ce risque lié à l'ingestion de cholestérol est limité, notamment pour plus de 70 % de la population capable de réguler un apport alimentaire excessif de cholestérol (Miranda et al., 2015). L'analyse des travaux associant cholestérol et risque d'apparition des maladies cardiovasculaires indique que le taux plasmatique de cholestérol n'est qu'un facteur secondaire par rapport à la consommation d'acides gras saturés, ou d'autres facteurs tels que l'excès de poids corporel (Herron et al., 2003 ; Griffin, 2011 ; Miranda et al., 2015). Par ailleurs, la présence d'une forte teneur en AG monoet polyinsaturés dans l'œuf tend à réduire ce risque (Guyonnet et Nys, 2013 ; Griffin, 2011). L'œuf ayant été suspecté de contribuer par l'apport alimentaire de cholestérol à l'apparition des maladies cardiovasculaires, de nombreux travaux ont tenté de réduire la teneur de l'œuf en cholestérol par voie génétique, alimentaire ou pharmacologique. Toutes ces tentatives se sont soldées par des échecs ou des effets trop limités (< 5 %) à l'exception de moyens pharmacologiques (45 % avec 0,06 % d'atorvastin) (Elkin et al., 1999 ; Miranda et al., 2015) qui affectent parallèlement la fonction de reproduction. Cette quasi impossibilité de diminuer la teneur en cholestérol de l'œuf est attribuable au fait que 95 % de cette molécule sont associés aux VLDL, dont 80 % sous une forme estérifiée, associée aux phospholipides en surface des VLDL (Hermier, 1997). Seule la part présente dans le noyau, soit 20 % du cholestérol total, est

potentiellement modifiable. Il serait à l'inverse facile d'augmenter la teneur en cholestérol de l'œuf via une alimentation enrichie de la poule.

5.5. Minéraux de l'œuf

5.5.1. Composition de l'œuf en minéraux :

Un apport de 100 g d'œuf entier peut contribuer notablement à l'apport journalier recommandé chez l'homme adulte pour le potassium (20 %), le phosphore (25 %), l'iode (33 %), le sélénium (42 %) et pour une moindre part le zinc (12 %). L'œuf est assez riche en Fe (1,5 mg/100 g d'œuf, 19 %) mais son absorption intestinale serait inférieure à 10 % chez l'homme, du fait notamment de sa liaison avec la phosvitine qui contribuerait à réduire de 27 % l'absorption du fer présent dans les autres aliments de la ration (Hallberg et Hulthen, 2000). L'œuf contient un éventail très large de métaux et d'oligoéléments pour la plupart présents dans le jaune mais à des concentrations faibles (Dobrzanski et al., 1999) (mg/kg produit frais : 0,5 à 0,7 Al ; 0,04 à 0,09 As ; 0,2 à 1,1 Ba ; 0,02 à 0,006 Cd ; 0,003 à 0,008 Co ; 0,07 à 0,1 Cr ; 0,07 à 0,05 Mo ; 0,01 à 0,07 Ni ; 0,02 à 0,12 Pb ; 0,003 à 0,01 Hg ; 0,6 à 3,4 Si ; 0,3 à 1,1 Sr ; 0,1 à 0,13 V). L'apport en oligoéléments contribue pour moins de 5 % (pour 100 g d'œuf) à l'apport journalier de l'homme. Leurs teneurs présentent des coefficients de variation élevés car elles dépendent de l'alimentation de la poule. Il est possible d'enrichir notablement les œufs en iode ($\times 60$) et en sélénium ($\times 5-8$) pour pourvoir à l'alimentation de populations déficientes (Schiavone et Barroeta, 2011 ; Bouvarel et al., 2011). En revanche, les teneurs en fer, cuivre et zinc sont relativement stables car l'absorption de ces minéraux par la poule diminue lorsque leur concentration dans l'alimentation augmente (Skřivan et al., 2005)

5.5.2. Enrichissement de l'œuf en oligoéléments Des études sur l'enrichissement de l'œuf en oligoéléments ont été réalisées principalement pour le sélénium, l'iode, le fer, le zinc et le cuivre. Il est possible d'enrichir en grande quantité l'œuf en Se et I par l'alimentation de la poule, deux éléments pour lesquels les insuffisances d'apport aux populations sont fréquentes dans de nombreux pays, incluant la France. Par contre, le potentiel d'enrichissement pour les trois autres éléments (fer, cuivre et zinc) est faible. Le niveau de sélénium dans l'œuf est d'environ 5 $\mu\text{g}/\text{œuf}$ et il peut être augmenté jusqu'à 40 μg et couvrir 70 % du besoin journalier de l'homme si une poule reçoit un aliment contenant le maximum réglementaire de 0,5 mg de sélénium/kg d'aliment sous forme

organique (levure de Se) (Schavione and Barroeta, 2011). L'efficacité de l'enrichissement dépend de la forme d'apport et est plus faible si le sélénium est apporté sous la forme de sélénite (30 µg pour 30 mg/kg) par rapport aux formes organiques (45 µg, levure enrichie en Se) (Chinrasri et al., 2009). Le sélénite, le sélénate et la sélénocystéine sont déposés préférentiellement dans le jaune, alors que la sélénométhionine et les levures enrichies en Se sont déposées dans le blanc. Le sélénium a des propriétés antioxydantes comme la vitamine E, qu'il peut partiellement remplacer car il est inclus dans des sélénoprotéines telle que la glutathion peroxydase. La marge entre le besoin en sélénium et son niveau toxique est relativement faible et il n'existe pas de régulation homéostatique du sélénium, donc de mesure corrective physiologique comme c'est le cas pour le Zn, le Cu ou le Mn. Son apport sous forme d'œufs (Fisinin et al., 2009) peut contribuer à corriger le déficit de population sans aucun risque de toxicité car il faudrait consommer jusqu'à 25 œufs enrichis pour atteindre le niveau toxique (10 mg). Un œuf contient de 4 à 10 µg d'iode, présent dans le jaune. La poule a un besoin journalier de 0,4 mg/kg d'iode qui sera concentré dans les glandes thyroïdiennes, mais il y a aussi accumulation d'iode dans le jaune en formation qui est directement fonction de l'apport alimentaire de la poule (multiplié de 5 à 12 fois selon Ishikawa et al. ; 2008). L'iode est apporté principalement sous forme inorganique (sel de Ca ou K), bien assimilé par l'organisme (Underwood et Suttle, 2001). Un apport d'iode dans l'aliment de la poule de 0, 3, 6, 12 ou 24 mg/kg d'aliment enrichit l'œuf aux niveaux de 10, 16, 26, 46 et 78 µg/œuf (Yalçın et al., 2004). Pour un apport maximal réglementaire de 10 mg/kg, il est donc possible d'apporter environ 40 µg d'iode par œuf soit 20 % de la recommandation journalière de l'homme.

L'œuf est relativement riche en fer (1 à 2 mg) et cet élément doit être supplémenté pour une population ciblée (enfant, femme enceinte). Des tentatives d'enrichissement de l'œuf ont été réalisées, l'œuf n'étant pas restreint pour ces populations, malgré une utilisation digestive du Fe de l'œuf inférieure aux nutriments carnés. Le Fe absorbé est transféré dans l'œuf (30 % du Fe du plasma) chez la poule lié à l'ovotransferrine (dans le blanc, présent à une très faible concentration) et à la vitellogénine (jaune, associé à la phosvitine). Les possibilités d'enrichissement de l'œuf en fer sont limitées puisque l'on observe un enrichissement de 5-18 % avec un plateau à 100 mg/kg d'aliment d'un chélate Fe-méthionine, ou à 300 mg/kg pour une forme inorganique (sulfate Fe) (Park et al., 2004). Cet enrichissement en Fe semble augmenter à plus de 30 % quand la poule reçoit en parallèle un apport plus élevé de Fe (+120 mg/kg), Cu (+25 mg/kg) et Zn (+80 mg/kg)

(Skivan et al., 2005) contrairement à une supplémentation uniquement de Fe (+6 % dans le jaune). L'enrichissement en Fe dans la jaune serait donc limité à moins de 2,5 mg de Fe/100 g d'œuf, assurant un pourcentage faible de la recommandation journalière pour l'homme (< 5 %).

La supplémentation en Cu et Zn mentionnée par ces auteurs n'a pas modifié la teneur de l'œuf en ces deux éléments. La teneur en Zn de l'œuf est en moyenne de 1,3 mg/100 g d'œuf et varie entre tables des pays d'Europe de 1 à 2 mg. Une supplémentation de l'aliment de la poule de 30 à 150 mg/kg (maximum réglementaire) augmente la teneur en Zn de l'œuf de moins de 25 %.

5.6. Vitamines de l'œuf : possibilité d'enrichissement de l'œuf en vitamines

L'œuf est une source très diversifiée de vitamines car seule la vitamine C en est absente. Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) sont présentes dans le jaune d'œuf. Leur teneur est directement dépendante de l'apport alimentaire (Nys et Sauveur, 2004 ; Schiavone et Barroeta, 2011). L'œuf peut être également enrichi en certaines vitamines hydrosolubles (B1, B5, B9, B12) qui sont présentes dans le blanc et le jaune. Seules les plantes peuvent synthétiser le tocophérol (vitamine E), les animaux sont dépendants de leur alimentation pour cette vitamine E. Celle-ci a un rôle essentiel dans l'organisme du fait de ses propriétés antioxydantes et est particulièrement utile pour les œufs enrichis en AGPI, plus sujets au risque d'oxydation quand l'œuf est conservé à température ambiante, ou notamment séchés par procédé spray (Galobart et al., 2001a ; 2001b). Aussi, de nombreuses études ont-elles exploré la possibilité d'enrichir le jaune de l'œuf en antioxydants. On peut ainsi multiplier par 6, voire 10, le contenu de l'œuf en vitamine E mais le rendement de dépôt semble variable du fait probablement d'interactions avec d'autres constituants de l'aliment (moindre efficacité en présence de lipides insaturés, vitamines A ou caroténoïdes) et/ou de la durée de supplémentation (2-3 semaines sont nécessaires pour atteindre un plateau) (Schiavone et Barroeta, 2011). À titre d'exemple, le taux de transfert dans l'œuf est de 42 % avec un apport de 50 mg/kg, mais chute à 26 % lorsque l'apport est majoré à 200 mg/kg (Galobart et al., 2001a ; 2001b ; 2002). La teneur en vitamine D3 peut être multipliée par 10 environ, pour atteindre des concentrations de 30 µg/100 g de jaune, une dizaine de jours après le début de la supplémentation. Sur le long terme (plus de 100 jours), elle se stabiliserait à un niveau un peu plus faible, de l'ordre de 20 µg/100 g (Mattila et al., 2003 ; 2004). Cet apport couvre le besoin journalier

de l'homme adulte ou de l'enfant lorsque l'on prend en compte la consommation moyenne d'œufs de la population française.

la consommation d'une moyenne de 25 g d'œuf standard par jour pourrait contribuer à couvrir de 2 à 15 % de la recommandation journalière pour l'homme en vitamines (à l'exception des vitamines C, B3) et l'enrichissement de l'œuf pourrait augmenter de 10 à plus de 50 % cette couverture (Schavione et Barroeta, 2011). À noter cependant que la réglementation des additifs alimentaires limite la supplémentation alimentaire en vitamines et par conséquent la possibilité de réaliser cet enrichissement de l'œuf au-delà de 2-3 fois.

5. Facteurs de variations de la qualité des œufs

Toutes ces caractéristiques de la qualité des œufs sont affectées par plusieurs facteurs, dont les facteurs intrinsèques : le génotype, l'âge de la poule (**Tùmová et al., 2007 ; Travel et al., 2011**) et les facteurs extrinsèques : la nutrition, la période d'oviposition(**Tùmová et al., 2007**) le mode et le système d'élevage, les pathologies et le stockage et transport (**Ledvinka et al., 2000 ; Leyendecker et al., 2001a ; Vits et al., 2005 ; Tùmová et al., 2007**).

6.1 Facteurs intrinsèques

-Génotype

Le génotype affecte principalement le poids et la coquille de l'œuf. Le poids des œufs influence le poids de ses composants. Les corrélations entre le poids des œufs et le poids de l'albumen, le poids de jaune, le poids de la coquille de l'œuf sont élevées et varient de 0.67 à 0.97 (**Zhang et al., 2005**).

Nys et al. (2008) et Tùmova et al. (2007) ont rapporté des corrélations entre la dimension des œufs et l'épaisseur de la coquille des œufs compris entre 0,92 et 0,97. L'index de forme des œufs peut également être affecté par le génotype(**Ledvinka et al., 2000 ; Leyendecker et al., 2001a ; Vits et al., 2005;Tùmora et al., 2007**).

Les caractéristiques de la qualité de l'albumen en l'occurrence l'unité Haugh varie significativement selon le génotype(**Tùmova et al., 2007**).

La qualité de la coquille d'œuf est donnée par son poids, son pourcentage, son épaisseur et sa résistance mécanique. Les différences principales de la qualité de coquille d'œuf dépendent non seulement du mode d'élevage, mais aussi du génotype. Toutefois, **Basmacioglu et Ergul (2005)** n'ont pas rapporté un effet significatif du génotype sur le pourcentage et l'épaisseur de coquille.

L'âge des pontes

L'âge des oiseaux influence la composition physique et la qualité des œufs. **Lukas et al., (2008)** ont montré que le poids des œufs entiers, le poids et la proportion du jaune augmente avec l'âge quel que soit le génotype de la poule. Le pourcentage de l'albumen diminue avec l'âge des poules. Néanmoins, **Van den Brans et al. (2004)** n'ont cependant trouvé aucun effet de l'âge sur l'épaisseur de la coquille d'œuf mais indique que l'indice de forme des œufs diminue avec l'âge. Sur le plan technologique, **Leyendecker et al. (2001 b)** ont trouvé que l'intensité de la couleur de la coquille de l'œuf diminue avec l'âge quel que soit le type génétique. **Odabasi et al. (2009)** ; **Tùmova et Ledvinka (2009)** ont également déclaré une diminution de la pigmentation de la coquille de l'œuf avec l'âge. Les traits de coquille d'œuf peuvent également être affectés par des interactions de l'âge et de la race (**Campo et al., 2007**).

6.2 Facteurs extrinsèques

Alimentation

Le principal mode d'élevage en aviculture traditionnelle est la divagation où les poulets trouvent l'essentiel de leur nourriture dans la nature (au voisinage des habitations, aux abords des champs à la recherche de nourriture comme grains de céréales ou de légumineuses, et ceci en guise de compléments alimentaires). Même si dans beaucoup de ménages, les restes de repas sont destinés aux volailles, elles dépensent beaucoup de temps à gratter le sol afin de déterrer les éléments enfouis (**Mourad et al., 1997**).

Système d'élevage

Plusieurs études ont démontré qu'en dehors de la qualité technologique et organoleptique des œufs, la composition physique des œufs n'est pas affectée par le système de production. La composition en acides gras des œufs produits à grande échelle est différente de celle des œufs produits à petite échelle (**Mabe et al., 2003** ; **Roberts, 2004**). La densité

importante des cages conduit à une réduction du poids des œufs, un accroissement du taux de mortalité et une dégradation de la qualité de l'œuf avec pour corollaire l'augmentation du nombre d'œufs fêles ou sales (**Lakehal, 2006**).

Le temps d'ovipositeur

Plusieurs études ont montré que les œufs pondus tôt le matin sont plus lourds que les œufs pondus plus tard dans la journée (**Pavlovski et al., 2000 ; Ledvinka et al., 2002 ; Tùmova et Ebeid, 2005**). De même certains travaux (**Pavlovski et al., 2000 ; Ledvinka et al., 2002 ; Tùmova et Ebeid, 2005**) ont prouvé que les œufs pondus dans l'après-midi ont une meilleure qualité de la coquille que les œufs du matin. La période de l'ovo position influence également le poids de jaune et la qualité de l'albumen (**Pavlovski et al., 2000 ; Tùmova et Ebeid, 2005**). Selon **Garces et Casey (2003)**, les longues périodes de formation de l'œuf entraînent une augmentation du poids de l'œuf ($r=0,069$), du poids de l'albumen ($r=0,059$), du poids de la coquille d'œuf ($r=0,245$), de l'épaisseur de coquille d'œuf ($r=0,223$), de la force de la coquille ($r=0,105$) et une diminution du pourcentage de jaune ($r=-0,058$).

Impact de la température :

. Poids de l'œuf :

Une élévation de la température d'élevage au-delà de 16°C se traduit par une réduction du poids d'œuf qui est curvilinéaire. La diminution varie de 0,4g/oC à près d'1g/oC pour des températures supérieures à 25oC (**Travel et al., 2010**).

. Part des compartiments d'œuf :

Lorsque la température ambiante augmente le poids de l'œuf mais également ceux de ses constituants sont affectés : le poids du blanc est immédiatement diminué alors que la réduction de celui du jaune apparaît progressivement 6 à 7 jours après l'introduction du stress thermique compte tenu de la durée de dépôt du vitellus. Après quelques jours, la part du jaune semble être aussi affectée que celle de blanc (**Sauveur et Picard, 1987**).

La qualité initiale de l'albumen (unité Haugh) est peu altérée par une forte température ambiante. Néanmoins, la hauteur du blanc diminue rapidement après la ponte si l'œuf reste

trop longtemps stocké dans cet environnement chaud : c'est donc un effet direct de fortes températures sur l'œuf après la ponte (**Sauveur et Picard, 1987**)

Qualité de la coquille :

Des poules soumises à de fortes température (32-35°C) réduisent de 6 à 30% leur quantité de coquille, de 17 à 34% leur consommation alimentaire et de 6 à 13% leur poids d'œuf (**Nys, 1995**). La chaleur entraîne une diminution de l'épaisseur de coquille et, par conséquent, augmente le risque de casse. La dégradation de la qualité de coquille est moindre lorsque la chaleur est cyclique comparée à une forte chaleur constante (Balnave et Brake, 2005).

.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).

Partie II

Expérimentale

Chapitre I

Matériel et

Méthodes

Chapitre I :Matériels et Méthodes

Objectif :

L'objectif du présent travail est de faire une étude comparative de la qualité interne et externe entre les œufs prévenants de poules locales avec les œufs commerciaux

1.1. Matériel

1.1.1. Matériel biologique

Les œufs qui ont fait l'objet de notre étude proviennent de deux sources différentes

- 1) Le premier lot comporte les œufs commerciaux achetés du marché et passes directement au laboratoire
- 2) Le deuxième lot comporte les œufs de poules locales élevés et subissant une alimentation similaire à celle distribues aux pondeuses sélectionnés

Les œufs issus des deux lots ont été ramenés au laboratoire et ils ont fait l'objet d'un certain nombre d'analyses pour déterminer quelques paramètres de qualité interne et externe

Notre étude a été porté sur un total de 200 œufs frais prélèves (100 œufs commerciaux SS et 100 œufs de poule locale PL, Les paramètres mesurés sont : Poids total, longueur, largeur, poids de blanc, poids de jaune, poids de la coquille

En ce qui concerne les paramètres internes ou de composition (teneurs en eau, MS, MM, MO et teneur en lipides) nous avons réalisés trois répétitions

I.2. Matériel technique

- Un pied à coulisse digital ($\pm 0,01$ mm) pour mesurer certaines dimensions (longueur, largeur)
- Une balance analytique ($\pm 0,01$ g)
- Une boîte pétrie pour la réception des milieux internes de l'œuf.

II. Méthodes

II.2.1. Mensurations de l'œuf entier Après numérotation :

Chapitre I : Matériels et Méthodes

Elles consistent de la mesure de la hauteur (H) et du diamètre (D) d'un œuf. Elles sont effectuées à l'aide du pied à coulisse.

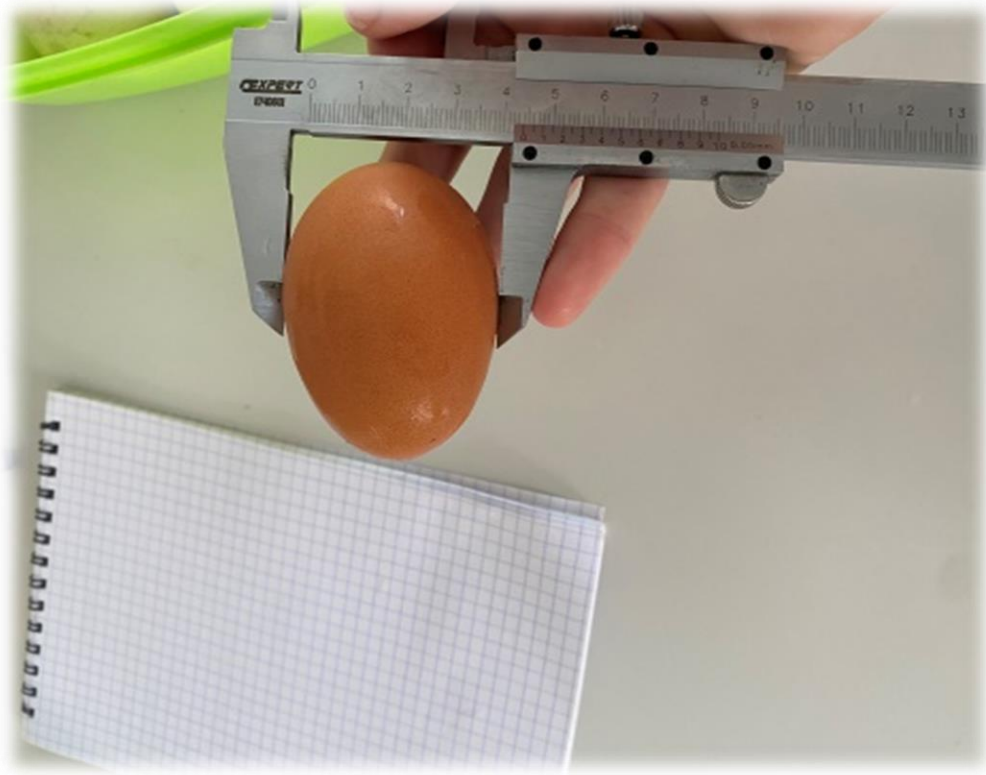


Figure 04: Mesure de la longueur et la largeur de l'œuf à l'aide d'un pied à coulisse

II.2.2. Pesée de l'œuf entier

Est placé directement sur la balance, le résultat est donné par lecture directe sur le cadran comme indiquer dans la photo 01



Figure 05 : Mesure du poids de l'œuf

II.2.3. Mesure du poids de la coquille d'albumen et vitellus

Après séparation, le poids de la coquille l'albumen et celui du vitellus ont été déterminé.

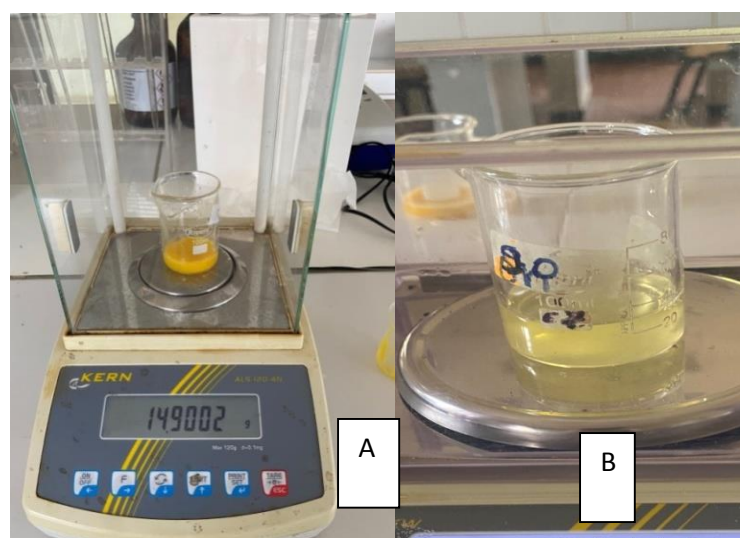




Figure 06 : Mesure du poids vitellus (A), d'albumen (B) et de la coquille (C)

Détermination de la teneur en matière sèche (Afnor; 1985)

La teneur en matière sèche de l'échantillon est déterminée en séchant 5g de produits à

L'étuve réglée à une température de 105°C.

La première étape consiste à peser la matière brute. Pour ce faire, on pèse 5g de chaque échantillon à l'aide d'une balance de précision.

L'aliquote est mise dans un creuset en porcelaine. Il faut noter que le creuset doit être pesé préalablement.

La deuxième étape fera l'objet de déshydratation de l'aliquote à l'étuve (105°C pendant 16h).

Après 16 heures, les creusets seront refroidies dans le dessiccateur pendant 45 minutes, la matière sèche restante est alors pesée par différence avec la masse initiale, la quantité d'eau évaporée est ainsi déduite

En ce qui concerne le calcul :

Après séchage

La teneur en matière sèche (MS) en gramme de l'échantillon est calculée par l'expression

Suivante :

$$MS \text{ (g)} = (\text{Poids du creuset} + \text{l'aliquote après séchage}) - \text{poids du creuset vide}$$

Chapitre I : Matériels et Méthodes

Calcul de la matière sèche en % :

$$MS (\%) = (MS(g) / \text{masse échantillon (g)}) \times 100$$

La teneur en eau de l'échantillon est calculée par l'expression suivante :

$$MS (\%) = (MS(g) / \text{masse échantillon (g)}) \times 100$$

Mesure du pH des milieux de l'œuf :

La mesure de pH est effectuée, à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné, successivement pour l'albumen et pour le vitellus par immersion de l'électrode dans le bécher correspondant. L'électrode est lavée à l'eau distillée et essuyée à l'aide d'un papier après chaque manipulation.

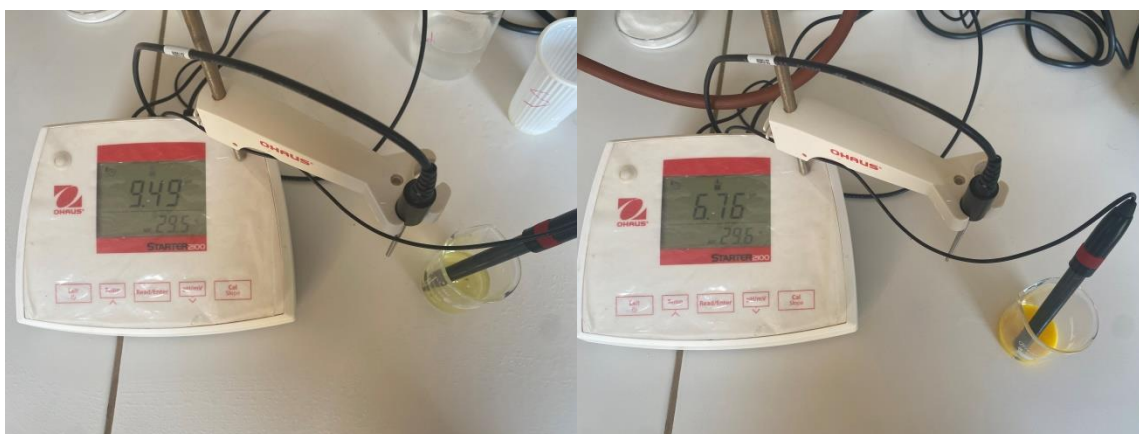


Figure 08 : mesure de pH de l'albumen et de vitellus (Photo originale ,2022).

4. Détermination de la teneur en matière minérale (Afnor ; 1985)

La teneur en cendres de l'aliment est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique par l'incinération à 550°C dans un four à moufle pendant 2 heures .

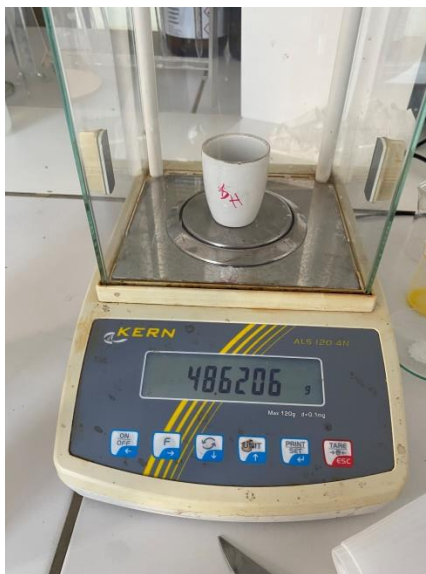


Figure 09 : Détermination de la teneur en matière minérale (Photo originale ,2022).

La teneur en matières minérales de l'échantillon est calculée par la relation suivante :

Calcul de la matière minérale en % :

$$MM (\%) = (MM (g) / M 1 - M 2) \times 100$$

Avec :

M 1 : Masse totale du creuset contenant la prise d'essai (en gramme).

M 2 : Masse totale du creuset et les minéraux bruts (en gramme).

Détermination de la matière organique :

$$MO (\%) = MS (\%) \text{ } \acute{R} \text{ } MM (\%)$$

5. Technique d'extraction des lipides totaux à froid (Technique de Folch et al., 1957)

L'objectif de cette technique est de déterminer la quantité de lipides totaux dans le jaune d'œuf dans notre étude. Les lipides extraits par cette technique à froid ne sont pas altérés et

Chapitre I : Matériels et Méthodes

il est donc possible de mettre en place une chromatographie en phase gazeuse CPG pour déterminer le profil des gras.

Principe:

A partir d'une masse connue de prise d'essai, on extrait les lipides totaux à l'aide d'un Mélange de solvants chloroforme + méthanol.

Après ajout d'une phase aqueuse, cette extraction s'effectue par séparation de phases :

La phase inférieure (chloroforme +lipides) et supérieure (méthanol+ eau). Le filtrat obtenu est évaporé la quantité de lipides mis à sec est pesée.



Figure 10 : Produits chimiques (1- Chloroforme, 2- Méthanol)

Mode opératoire :

- 10 g environ de l'échantillon sont mis en présence de 60 ml de réactif de Folch (méthanol-chloroforme) et ils sont Homogénéiser pendant 2 min pour disperser les lipides de façon homogène
- Noter avec précision le poids réellement pesé.
- Nous avons pris seulement le jaune d'œuf parce qu'il contient presque la totalité des lipides d'œufs avec une très petite quantité qui peut être négligeable dans le blanc)

Chapitre I : Matériels et Méthodes

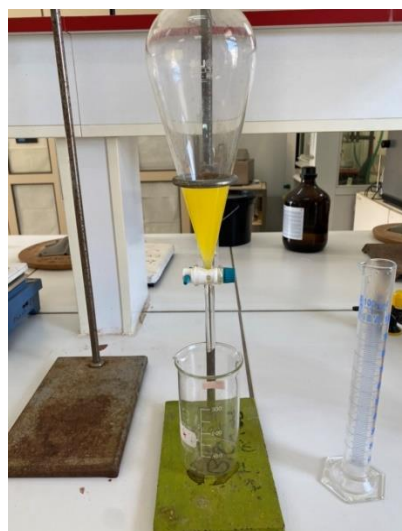
- Le mélange obtenu est filtré sur verre fritté.
- Le filtrat est versé dans une ampoule à décanter. La séparation des phases s'effectue à l'aide de la solution de chlorure de sodium (NaCl) à 0.73% à raison de 1 volume de NaCl pour 4 volumes de filtrat.
- On obtient une saturation des deux mélanges: méthanol-eau et chloroforme lipides.

La présence d'une émulsion peut être possible. Dans ce cas on ajoute quelques gouttes d'éthanol.

- Agiter et laisser décanter environ 2 heures. Après décantation, les phases apparaissent incolores, limpides séparées par un ménisque.
- La phase inférieure (organique: chloroforme - lipides) est filtrée sur du sulfate de sodium qui a la propriété d'absorber l'eau qui, éventuellement, aurait pu passer dans la phase inférieure.
- La phase supérieure (méthanol-eau) est rincée à l'aide de 50 ml d'un mélange à 20% de NaCl à 0,58% et 80% de méthanol+ chloroforme de façon à obtenir le reste de lipides entraîné dans cette phase au cours de l'agitation.
- On filtre comme précédemment la phase inférieure.
- On évapore sous vide le chloroforme par biais d'un rota vapeur.
- La quantité de lipides mise à sec est pesée. Par rapport au poids initial de l'échantillon



A



B



C

Figure 11 : Dosage des lipides totaux (1- Filtration, 2- Décantation, 3 –Evaporation du chloroforme), (Photo originale ,2022).

Chapitre II

Résultats et

Discussion

Chapitre II : Résultats et Discussion

Caractérisation morpho-pondérale des œufs PL et SS

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous

Tableau n°4 : caractéristique morpho-pondérale des œufs PL et SS (moy $\pm$ écart-type)

Origine des œufs Paramètre	PL	SS
	n=100	n=100
Poids de l'œuf (g)	55.18 $\pm$ 7.85	61.61 $\pm$ 4.26
Poids du jaune (%)	18.22 $\pm$ 2.84	17.31 $\pm$ 2.93
Poids d'albumen (g)	29.96 $\pm$ 8.42	36,37 $\pm$ 2.94
Poids de la coquille (%)	7.11 $\pm$ 0.82	7.96 $\pm$ 0.77
Longueur (cm)	5,49 $\pm$ 0,58	5,61 $\pm$ 0,39
Largeur (cm)	4,25 $\pm$ 0,39	4,26 $\pm$ 0,29

Le poids et les proportions des différents composants de l'œuf :

Le poids de l'œuf

Notre étude montre que les œufs SS ont présentés une supériorité significative pour le poids de l'œuf 61.61 $\pm$ 4.26 et 55.18 $\pm$ 7.85 pour les œufs SS et PL respectivement.

Des différences significatives sont enregistrées dans le poids des œufs. Les poules industrielles ont produit les œufs les plus lourds avec un poids de 61.61g contre 55.18 g pour les poules locales. Ces résultats sont en parfaite concordance avec ceux de Amer (1972) qui a observé un poids d'œufs inférieur pour les races locales Fayoumi (42,15 g) et Dandarawi (42,70 g) comparées à la souche commerciale Rhode Island Red (51,89 g). De même Tixier-Boichard et al., (2006b) ont enregistré des résultats similaires à la présente étude, avec la race locale Fayoumi (42,8 g) et la souche Isabrown (58,8 g). De plus Parmar et al., (2006) ont enregistré dans leur étude sur les œufs de race de poule indigène Kadaknath que le poids des œufs était inférieur à 45,41 g. De même, les onze souches commerciales étudiées par Harms et Hussein (1993) avaient un poids moyen de plus de 59

Chapitre II : Résultats et Discussion

g. En effet, le type commercial de poules pondeuses a bénéficié d'une sélection intensive depuis des générations, qui doit à priori lui donner un avantage pour les principaux caractères tels que le poids de l'œuf, du blanc, de la coquille et du jaune (Hocking et al., 2003 ; Benabdeljelil et Merat, 1995).

Le poids du blanc :

Le poids de l'albumen était de $36,37 \pm 2.94$ plus important par rapport aux œufs PL 29.96 ± 8.42 les résultats obtenus pour le poids du blanc sont confortés par les résultats de Offiong et al., (2006), Tixier-Boichard et al., (2006b) et Benabdeljelil et al., (2003) qui ont rapporté des valeurs élevées du poids du blanc chez les souches commerciales comparées aux races locales. Cette supériorité peut être expliquée par le poids de l'œuf entier, important chez les lignées commerciales ayant subi une importante sélection génétique. De plus, une corrélation positive très significative est enregistrée entre le poids de l'œuf entier et du blanc. Hartmann et al., (2000) ont rapporté que le poids du blanc augmente avec l'augmentation de celui de l'œuf entier

Le poids du jaune :

la population locale donne des œufs avec des teneurs plus importants en jaune 17.31 ± 2.93 et 18.22 ± 2.84 pour PL et SS respectivement.

Le poids de la coquille :

Nous avons enregistré des valeurs de poids de la coquille de 7.96 ± 0.77 et 7.11 ± 0.82 pour SS et PL respectivement, Une différence significative est enregistrée entre le poids des coquilles d'œufs issus des deux types de poules étudiés. Les poules commerciales ont présenté les coquilles les plus lourdes. Cela pourrait s'expliquer par le poids de l'œuf entier des souches commerciales ainsi que par la sélection génétique. Suk et Park (2001) ont noté que les coquilles de poule KNC (Korean Native Chicken) ont présenté un poids inférieur à celui de la poule CEC (Commercial egg-type chicken). D'autres études ont lié le poids de la coquille à la race. Dans ce contexte, Amer (1972) avait enregistré un poids de coquille pour la Fayoumi supérieur à celui de la Rhode Island Red (4,4 g contre 4,3 g). Dans les études de Fletcher et al., (1983) et de Harms et Hussein (1993), le poids de la coquille variait d'une souche à une autre sans lien avec le poids de l'œuf entier.

Chapitre II : Résultats et Discussion

Longueur et largeur

Les longueurs enregistrées sont de $5,49 \pm 0,58$ et $5,61 \pm 0,39$ pour PL et SS respectivement tandis que les largeurs sont de $4,25 \pm 0,39$ et $4,26 \pm 0,29$ pour PL et SS respectivement d'où une différence significative a été enregistrée

Pour la longueur et la largeur de l'œuf, mesurées dans le but de calculer l'indice de forme, une différence significative ($P < 0,5$) est enregistrée entre les races locales et les souches commerciales. Premavalli et Viswanathan (2004) et Özbey et Esen (2007) expliquent ces variations par le mode d'élevage avec le système en cage qui favorise la production d'œufs avec des indices de forme élevés. Cela peut expliquer en partie la supériorité de l'indice de forme de la souche industrielle par rapport aux poules locales ces résultats ne correspondent pas à ceux de Amer (1972) et Merat et al., (1983) qui ont noté dans leurs travaux que les races locales Fayoumi et Dandarawi ont un indice supérieur à celui de la souche commerciale Rhode Island Red. Ces variations sont plus de nature génétique. D'ailleurs Dottavio et al. (2001) ont enregistré d'importantes différences dans l'indice de forme des œufs des différents réservoirs génétiques qu'ils ont étudiés

Tableau n°4 : valeurs de pH du blanc et du jaune

Paramètre	PL	SS
pH jaune	6.01 ± 0.24	6.15 ± 0.23
Ph blanc	8.53 ± 0.28	8.96 ± 0.31

pH du jaune :

Les résultats de pH du jaune sont donnés dans le tableau 4

Nos résultats montrent qu'il existe une différence hautement significative pour le pH du jaune entre les deux populations étudiées 6.15 ± 0.23 chez SS alors que celle de PL était de 6.01 ± 0.24

Chapitre II : Résultats et Discussion

pH de l'albumen :

Les résultats relatifs d'albumen sont donnés dans le tableau 4 pour les deux variétés d'œufs étudiées. le pH du blanc 8.96 ± 0.31 et 8.53 ± 0.28 pour SS et PL respectivement

Nos résultats montrent qu'il existe une différence très hautement significative pour le pH le pH du blanc 8.96 ± 0.31 et 8.53 ± 0.28 pour SS et PL respectivement

Teneurs en MS, MM, MO et TE

Les résultats obtenus sont cités dans le tableau suivant

Tableau n°5 : MS et TE, MM, et MO dans l'albumen et le vitellus de l'œuf PL et SS

Paramètres	PL	SS
MS	1.41 ± 0.87	1.49 ± 0.93
MS%	28.15 ± 17.51	29.75 ± 18.92
TE%	71.87 ± 17.50	70.28 ± 18.62
MM	0.80 ± 0.082	0.12 ± 0.11
MM%	1.70 ± 1.70	2.48 ± 2.18
MO%	26.47 ± 16.67	27.73 ± 17.81

Après analyse des données recueillies les paramètres chimiques des œufs de poule locale, et poule commerciales ont été comparés comme suit

On a trouvé une différence significative pour la teneur en MM (0.80 ± 0.082 et 0.12 ± 0.11 pour PL et SS respectivement) tandis que les autres paramètres MO (27.73 ± 17.81 et 26.47 ± 16.67 respectivement), MS (29.75 ± 18.92 et 28.15 ± 17.51 pour SS et PL respectivement) et les teneurs en lipides totaux ($24,25g$ et $23,52g$ pour les œufs SS et PL respectivement) n'ont pas présentés une différence

D'après les résultats exprimés dans le tableau, aucune différence n'a été constatée entre la matière sèche (g) de œuf PL avec une moyenne $1,41 \pm 0,87$ et l'œuf Pc avec une moyenne $1,49 \pm 0,93$. Dans la présente étude aucune différence significative est observée.

Chapitre II : Résultats et Discussion

D'après les résultats exprimés dans le tableau, aucune différence n'a été constatée entre la teneur en eau (%) de l'œuf PL avec une moyenne 71.87 ± 17.50 et l'œuf PC avec une moyenne 70.28 ± 18.62 , aucune différence significative est observée.

Comparaison des teneurs en lipides totaux

Tableau n°6 : Comparaison des teneurs en lipides totaux à froid(%) :

Paramètre	PL	SS
Lipide totaux à froid(%)	23.52 ± 3.54	24.27 ± 2.48

Après analyse des données collectées, les résultats de la comparaison entre les teneurs en lipides totaux des œufs PL et PC sont indiqués dans le tableau suivant :

En ce qui concerne les teneurs en lipides totaux, les résultats obtenus (Tableau6) montrent qu'il n'existe pas une différence significative entre les œufs des poules commerciales et les deux autres populations locales. La différence notée n'est pas assez importante si on compare les chiffres enregistrés respectivement chez les œufs de poules PL 22,50 %; pc 24,20 %. Ces valeurs ne sont pas très loin de ceux citées par (Sauveur, 1988) qui a mentionné que la quantité des lipides est comprise entre 11,8 et 12,3g par 100 g d'œuf entier. Dans leur remarquable ouvrage, (Jacquot et Adrian, 1954) ont classé les lipides totaux parmi les constituants de l'œuf qui sont peu ou pas variables, selon ces derniers, les lipides sont des éléments constants, indépendants des conditions d'élevage et surtout de l'alimentation par contre les acides gras des lipides varient avec la nature des aliments.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Les résultats de la comparaison entre les œufs PL et SS montre que les œufs SS présentent un poids plus élevé, contiennent plus d'albumen et moins de vitellus que les œufs PL. Quant à la solidité de la coquille dans la présente étude, les œufs SS présentent une solidité plus élevée comparativement avec celle des œufs PL. Cette supériorité peut être considérée comme un bon indicateur pour l'industrie de transformation des œufs du fait que ce critère est lié à un taux élevé de matières sèches et aussi à une teneur importante en acides gras essentiels (Benabdeljelil et Mérat, 1995). Cet avantage peut aussi offrir une perspective intéressante qui doit être exploitée en sélection commerciale du fait que ce critère présente une héritabilité assez élevée quel que soit le stade de ponte (Beaumont et al., 2010). Ces différences de composition traduisent certainement les spécificités du cycle d'ovogenèse chez la poule locale. En tout état de cause, beaucoup de facteurs, d'origine génétique, photopériodique et nutritionnelle, interviennent dans la formation de l'œuf chez la poule et expliquent les différences obtenues (Blum, 1968 ; N'dri, 2006). Ces caractères influencent donc nettement le poids et la composition de l'œuf.

D'après notre étude il y a aucune différence entre les deux types des œufs pour les paramètres physicochimiques étudiés pH et TE, MS sauf pour la teneur en matière minérale. Les œufs PL contiennent une quantité plus importante des lipides totaux par rapport à l'autre population SS. D'où la nécessité d'accomplir ce travail par une chromatographie pour voir s'il y a une différence dans la composition en acides gras

Ce travail mérite d'être accompli par d'autres travaux afin d'étudier mieux l'effet de l'alimentation sur la qualité de l'œuf locale et d'autre part d'étudier parmi les poules locales des phénotypes bien déterminés comme cou nu, huppe,..... Afin de choisir parmi eux les phénotypes qui donnent des œufs de meilleure qualité. Il sera très intéressant donc de compléter ce travail par l'étude des autres paramètres pour mieux caractériser nos poules locales et nous proposons quelques recommandations

L'augmentation de la quantité d'œufs produite doit aller de pair avec la qualité de ces derniers, car l'œuf est une denrée alimentaire périssable. Et créer des méthodes de conservation convenables

Améliorer les conditions d'élevage par l'instauration d'une conduite alimentaire

Respecter les règles d'hygiène

Conclusion Générale

Il est également recommandé de tenir compte de l'équilibre la ration alimentaire des poules particulièrement pour le rapport phospho-calcique et l'enrichir en acides gras

Maitrise des normes de la conduite zootechnique d'élevage et amélioration des moyens et du matériel d'élevage, former et renforcer le personnel.

Valoriser nos ressources naturels en protégeant la population locale

Références Bibliographiques

1. **Akouango, F., Mouango, F et Ganongo, G., 2004.** Phénotypes et performances d'élevage chez des populations locales de volailles à Brazaville. Cahiers Agriculture, 13 (3), p. 257-262.
2. **Alloui, N., 2011.** Situation actuelle et perspectives de modernisation de la filière avicole en Algérie. 9èmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, France, 29 et 30 Mars 2011.
3. **Amghrou, S. et Badrani, S., 2007.** La compétitivité de l'aviculture algérienne. Cahiers du CREAD, 79-80, pp.53-76.
4. **Angrand A., 1986** Contribution à l'étude de la qualité commerciale des oeufs de consommation de la région de Dakar (Sénégal).Th: Méd. Vét: Dakar; 23.
5. **Angrand, A., 1986.** Contribution à l'étude de la qualité commerciale des œufs de consommation de la région de Dakar (Sénégal). Thèse de doctorat. Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires (E. I. S. M. V). 158 p.
6. **Angrand, A., 1986.** Contribution à l'étude de la qualité commerciale des œufs de consommation de la région de Dakar (Sénégal). Thèse de doctorat. Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires (E. I. S. M. V). 158 p
7. **Balnave, D. ET Weatherup, S.T.C., 1974.** The necessity of supplement in layinghendietswithlinoleic. British Poultry science, 15(3), pp.325-331.
8. **Basmacioglu H., and Ergul M., 2005.**Research on the factor affectingcholesterol content and someothercharacteristics of eggs in layinghens – the effect of genotype and rearing system. Turk. J. Vet. Anim. Sci., 29, 157-164.
9. **Bean LD, Leeson S (2003).** Long-termeffects of the feedingflaxseed on performance and eggfattyacid composition of brown and white hens. Poult Sci. 82:388-94
10. **Belaid, B., 1993.** Notion de zootechnie générale. Office des publications universitaires. Alger, 1993.
11. **Bougheddou, A., 2016.** Contribution à l'étude des caractères phénotypiques et du potentiel de reproduction de la poule locale : cas de la région de Tiaret. Mémoire de master agronomie. Université de Mostaganem. 64 p
12. **Bouvarel I, Nys Y, Lescoat P (2011).**Hennutrition for sustainedeggquality. In: Van Immerseel F, Nys Y, Bain M. Improving the safety and quality of eggs and eggproducts, Vol 2. Cambridge, WoodheadPublishing, 261-99.
13. **Bouvarel I, Nys Y, Panheleux M, Lescoat P (2010).** Comment l'alimentation des poules influence la qualité des œufs? In: Nys Y. Numéro Spécial, Qualité de l'œuf. Inra ProdAnim. 23:167-82.
14. **Bouvarel, Y. Nys, M. Panheleux , P. Lescoat . Itavi,** Comment l'alimentation des poules influence la qualité des œufs. Recherches Avicoles, F-37380 Nouzilly, France 2 INRA, UR83 Recherches Avicoles, F-37380 Nouzilly, France 3 CCPA, Parc d'activité du bois de Teillay, F-35150 Janzé, France Courriel : Bouvarel.itavi@tours.inra.fr Yves.Nys@tours.inra.fr. INRA Prod. Anim., 2010, 23 (2) 167-182
15. **Bouvarel1, Y. NYS2, M. PANHELEUX3, P. LESCOAT2.**Comment l'alimentation des poules influence la qualité des oeufs?; INRA Prod. Anim., 2010, 23 (2), 167-182.
16. **Burley, R.W. et Vadehra, D. V., 1989.**The Avianegg: chemistry and biology. New York :Wiley-Interscience.

Références Bibliographiques

17. **Campo J. L., Gil M. G. and Dávila S. G., 2007.** Differences among white-, tinted-, and brown-egg laying hens for incidence of eggs laid on the floor and for oviposition time. *Arch. Geflügelkunde* 71:105–109.
18. **Chowdhury, S.D., 1990.** Shell membrane protein system in relation to lathyrigenotoxicity and copper deficiency. *World's Poultry Science Journal*, 46(2), pp.153-169
19. **Cook, M.I., Beissinger, S.R., Toranzos, G.A., Rodriguez, R.A. et Arendt, W.J., 2003.** Transshell infection by pathogenic micro-organisms reduces the shelf life of nonincubated
20. **Coudurier B., 2015.** Pertes alimentaires dans la filière ponte d'œufs de consommation. *Innovations Agronomiques*, 48, p. 177-200
21. **Dennis, J.E., Xiao, S-Q., Agarwal, M., Fink, D.J., Heuer, A.H. et Caplan, A.I., 1996.** Microstructure of matrix and mineral components of eggshells from white leghorn chickens (*Gallus gallus*). *Journal of Morphology*, 228(3), pp.287-306.
22. **Dobrzanski Z, Gorecka H, Triska T, Gorecki H (1999).** Concentration of macro and microelements in the eggs of hens housed in three different systems. In: Cavalchini L.G, Baroli D. *Proceedings the VIII European symposium of the quality of eggs and egg products*. Bologna, 283-5
23. **Dominguez-Vera, J. M., J. Gautron, J. M. Garcia-Ruiz, et. Nys, Y., 2000.** The effect of avian uterine fluid on the growth behavior of calcite crystals. *Poultry Science*, 79(6), pp.901-907.
24. **FAO.** «Comment nourrir le monde en 2050». Forum d'experts, Rome, 12 et 13 octobre, 2009, p. 2.
25. **FAO.** Techniques de conduite des élevages de poules pondeuses d'œufs de consommation. FAO : France. 2005 ; 30.
26. **Fisinin VI, Papazyan TT, Surai PF (2009).** Producing selenium-enriched eggs and meat to improve the selenium status of the general population. *Crit Rev Biotechnol*. 29:18-28.
27. **Fortic., 1987** Présentation d'un contrat pour la promotion de l'hygiène dans les restaurants de commerce. Th. : Méd. Vét.: Toulouse; 87
28. **Galobart J, Barroeta AC, Cortinas L, Baucells MD, Codony R (2002).** Accumulation of alpha-tocopherol in eggs enriched with omega 3 and omega 6 polyunsaturated fatty acids. *Poult Sci*. 81:1873-6.
29. **Griffin BA (2011).** Eggs, dietary cholesterol and disease: fact and folklore. In: Van Immerseel F, Nys Y, Bain M. *Improving the safety and quality of eggs and egg products*, Vol 2. Cambridge, Woodhead Publishing, 237-53.
30. **Guerin-Dubiard, C., Anton, M., Gautron, J., Nys, Y. et Nau, F., 2010.** Composition de l'œuf. In : F. Nau, C. Guérin-Dubiard, F. Baron, J L. Thapon, eds. 2010. *Science et technologie de l'œuf*. Paris : Tec et Doc Lavoisier. pp.1-89.
31. **Gueyrel., 1999** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des œufs de consommation de la région de Dakar (Sénégal). Th.: Méd. Vét. : Dakar; 5
32. **Guyonnet V, Nys Y (2013).** Force et faiblesse des œufs fonctionnels en nutrition. *Proceeding des 10es Journées de la recherche avicole et palmipèdes à foie gras, La Rochelle (2013- 03-26-28)*, 397-403.
33. **Hermier D (1997).** Influence de l'alimentation sur la qualité des lipides de l'œuf. *Colloque annuel Valicentre, Chambray-les-Tours, France*, 14p
34. **Herron KL, Vega-Lopez S, Conde K, Ramjiganesh T, Shachter NS, Fernandez ML (2003).** Men classified as hypo- or hyper responders to dietary cholesterol feeding exhibit differences in lipoprotein metabolism. *J Nutr*. 133:1036-42

Références Bibliographiques

35. **Itavi, 2015.** Situation de la production et des marchés des oeufs et des ovoproduits d'oeufs.
36. **Kaci A et Boukella M (2007).** La filière avicole en Algérie : structure, compétitivité perspectives cahiers du CREAD, 81.82, pp.129-152.
37. **Kaci, A. et Boukella, M., 2007.** La filière avicole en Algérie : structures, compétitivité, perspectives. Cahiers du CREAD, 81-82, pp.129-153.
38. **Kramer, A., 1951.** What is quality and how can it be measured: From a food technology point of view. In: Market Demand and Product Quality. Mktg. Res. Workshop Rept., Michigan State College.
39. **Lakehal N., 2006.** Appréciation des risques bactériologiques dans les œufs et les ovoproduits. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Magister en Médecine Vétérinaire, spécialité : Aviculture et pathologie aviaire, 197p
40. **Lederer J ., (1978)** .Encyclopédie moderne de l'hygiène alimentaire. Paris : Maloine .P 870
41. **Ledvinka Z., Tumova E., Arent E., Holoubek J. and Klesalova L., 2000.** Egg shell quality in some white-egg and brown-egg cross combinations of dominant hens. Czech J Anim. Sci., 45, 285-288.
42. **Li-Chan, E. et Nakai, S., 1989.** Biochemical basis for the properties of egg white. Critical Reviews in Poultry Biology, 2(1), pp.21-57. local breeds and two commercial lines of chickens. Archiv Fur Geflugelkunde, 74 (3), p. 164- 171
43. **Lukáš Z., Tůmová E., Ladislav S., 2008.** Effects of genotype, age and their interaction on egg quality in brown-egg laying hens. Department of Animal Husbandry, Faculty of Agrobilology, Food and Natural Resources, Czech University of Life Sciences Prague, Czech Republic. ACTA VET. BRNO 2009, 78: 85–91; doi:10.2754/avb200978010085
44. **Mabe, I., Rapp, C., Bain, M. M. et Nys Y., 2003.** Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves egg shell quality in aged laying hens. Poultry Science, 82, 1903-1913.
45. **Mineki, M. et Kobayashi, M., 1997.** Microstructure of Yolk from Fresh Eggs by Improved Method. Journal of Food Science, 62(4), pp.757-761
46. **Miranda JM, Anton X, Redondo-Valbuena C, Roca-Saavedra P, Rodriguez JA, Lamas A, et al. (2015).** Egg and Egg-Derived Foods: Effects on Human Health and Use as Functional Foods. Nutrients. 7:706-29.
47. **Mourad M, Bah AS, Gbanamou G. 1997.** Evaluation de la productivité et de la mortalité de la poule locale sur l'aviculture villageoise et influence des techniques d'amélioration sur ses performances zootechniques dans la province du Sourou, région Nord-Ouest Burkinabè. Int. J. Biol. Chem. Sci., 9(3): 1528-1543. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i3.34>
48. **Musabimana Kagaju F., 2005** Consommation et commercialisation des oeufs à Dakar (Sénégal) Th : Méd. Vét. : Dakar; 36
49. **Nys Y, Sauveur B (2004).** Valeur nutritionnelle des œufs. INRA Prod Anim. 17:385-93.
50. **Nys, y., 1994.** Formation de l'oeuf. In: J L. Thapon., C M. Bourgeois, eds. 1994. L'oeuf et les ovoproduits. Paris : Tec et Doc Lavoisier. pp.27-58
51. **Nys, Y., Gautron, J., Garcia-Ruiz, J.M. et Hincke, M.T., 2004.** Avian egg shell mineralization: biochemical and functional characterization of matrix proteins. Comptes Rendus Palevol, 3(6-7), pp.549-562.
52. **Nys, Y., M. T. Hincke, J. L. Arias, J. M. Garcia-Ruiz and S. E. Solomon, 1999,** Avian egg shell mineralization, Poultry and Avian Biology Reviews, 10, (3): 143-166. of egg quality traits in White leghorn. Veterinary World, 6(5), pp. 263-266.

Références Bibliographiques

53. **Nys, Y., T. Burlot and I.C. Dunn, 2008.** Quality of Eggs: Better, any worse, International Egg Symposium. The Return of the Good Eggs; November 26-28, Istanbul, WPSA Turkish Branch
54. **Odabasi A.Z., Miles R.D., Balaban M.O. and Portier K.M., 2007.** Changes in brown eggshell color as the hen ages. *Poult Sci* 86: 356-363.
55. **Pavlovski Z., Hopić S., Masić B. and Lukić M., 2000.** Effect of oviposition time and age of hens on some characteristics of egg quality. *Biotechnol. Anim. Husbandry*, 55-62.
56. **Protais J. et Bougeon M., 1985** Deuxième étude relative à l'évolution de la qualité des oeufs au cours d'une saison de ponte. *Bul. d'inf. Station Exp. d'aviculture de PLOUFRAGAN*, 25, (1): 63 à 83.
57. **Réhault-Godbert S, Hervé-Grépinet V, Gautron J, Cabau C, Nys Y, Hinck M (2011).** Molecules involved in chemical defence of the chicken egg. In: Nys Y, Van Immerseel F, Bain M. Improving the safety and quality of eggs and egg products. Cambridge, Woodhead Publishing: Vol. 1, 183-208.
58. **Sauveur B, 1988** Reproduction des Volailles et production d'oeufs. Edition INRA, 11-49 ; 347-375 ; 377-431.
59. **Schiavone A, Barroeta AC (2011).** Egg enrichment with vitamins and trace minerals. In: Van Immerseel F, Nys Y, Bain M. Improving the safety and quality of eggs and egg products, Vol 2. Cambridge, Woodhead Publishing, 289-320.
60. **Shafer DJ, Carey JB, Prochaska JF (1996).** Effect of dietary methionine intake on egg component yield and composition. *Poult Sci*. 75:1080-5.
61. **Sim JS (2000).** Designer egg concept: perfecting egg through diet enrichment with w-3 PUFA and cholesterol stability. In: Sim JS, Nakai S, Guenter W. Egg Nutrition and Biotechnology. New York, CABI Publishing, 135-150.
62. **Sirri F, Meluzzi A (2011).** Modifying egg lipids for human health. In: Van Immerseel F, Nys Y, Bain M. Improving the safety and quality of eggs and egg products, Vol 2. Cambridge, Woodhead Publishing, 272-288.
63. **Skřivan M, Skřivanova V, Marounek M (2005).** Effects of dietary zinc, iron, and copper in layer feed on distribution of these elements in eggs, liver, excreta, soil, and herbage. *Poultry Sci*. 84:1570-5.
64. **Stewart G.F. et ABBOT J.C., 1982,** Commercialisation des oeufs et de la volaille. - Rome: FAO. 213 p.
65. **Swalili H (2013).** Journal elkhbar 07 /06/2013 www.djazairss.com
66. **Thieulin G. ; BASILE D. et Hautefort M., 1976** L'œuf et les produits - Paris : collection « Normes et technique »: 7 à 51.
67. **Travel, A., 2011.** Effect of henage, moult, laying environment and egg storage on egg quality. In: Y. Nys, M. Bain and F. Van Immerseel (eds.) Improving the safety and quality of eggs and egg products. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK, pp 300-329.
68. **Tremolieres F., 1996** Toxi-infections alimentaires de la France métropolitaine *La Revue du Praticien*, (46) : 158-165. two different genetic stocks. *Poultry Science*, 80(7), pp.855-858.
69. **Tůmová E. and Ebeid T., 2005.** Effect of time of oviposition on egg quality characteristics in cages and in a litter housing system. *Czech Journal of Animal Science*, 50, 129-134.
70. **Tůmová E., Zita L., Hubený M., Skřivan M. and Ledvinka Z., 2007.** The effect of oviposition time and genotype on egg quality characteristics in egg type hens. *Czech J Anim Sci* 52: 26-30.

Références Bibliographiques

71. **Umar-Faruk M, Bouvarel I, Mème N, Rideau N, Roffidal L, Tukur HM, et al. (2010).** Sequential feeding using whole wheat and a separate protein-mineral concentrate improved feed efficiency in laying hens. *Poult Sci.* 89:785-96.
72. **Underwood EJ, Suttle NF (2001).** The mineral nutrition of livestock. New York, CABI Publishin
73. **Van Den Brand H., Parmentier H.K. and Kemp B., 2004.** Effects of housing system (outdoor vs. cages) and age of laying hens on egg characteristics. *Br Poult Sci*, 45, 745-752.
74. **Whiley H, Ross K (2015).** Salmonella and Eggs: from production to plate. *Int J Environ Res Public Health*. 12:2543-56
75. **Yalçin S, Kahraman Z, Yalçin S, Yalçin SS, Dedeoğlu HE (2004).** Effect of supplementary iodine on the performance and egg traits of laying hens. *Br Poult Sci*. 45:499-503.
76. **Zeisel SH (2000).** Choline: an essential nutrient for humans. *Nutr.* 16:669-71.
77. **Zhang L.C., Ning Z.H., Xu G.Y., Hou Z.C. and Yang N., 2005.** Heritabilities and genetic and phenotypic correlations of egg quality traits in brown-egg dwarf layers. *Poult. Sci.*, 84, 1209-1213.
78. **Zita L, Tumova E, Stolc L (2009).** Effects of genotype, age and their interaction on egg quality in brown-egg laying hens. *Acta Veterinaria Brno*. 78:85-91.