



DEMOCRATIC AND POPULAR ALGERIAN REPUBLIC

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف

CHADLI BENDJEDID EL TARF UNIVERSITY

كلية علوم الطبيعة والحياة

FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES

قسم العلوم الفلاحية



## Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master en

« Production et nutrition animal »

### Thème

**Contribution à l'étude de la Qualité des œufs au  
niveau des exploitations familiales de la wilaya  
d'El Tarf**

Présenté Par : SALHI Amina

Soutenue publiquement le : 16/06/2026

Devant le jury composé de

NOM et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
MERDACI Latifa	Pr	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Président
CHAKER HOUD Kahina	Pr	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Directeur
BOUDECHICHE Lamia	Pr	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Co-Directeur
ATTIA Kheyreddine	MCB	Université Chadli Bendjedid-El-Tarf	Examineur
LAADJAL Abdessatar	MR	Centre de recherche en agropastoralisme	Examineur

Année universitaire : 2025/2026

# ***REMERCIEMENTS***

Avant tout, nous remercions Dieu le Tout-Puissant de nous avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur, Pr CHAKER HOUD Kahina, qui n'a cessé de nous guider tout au long de ce travail. Par ses précieux conseils, sa disponibilité, son suivi rigoureux, sa patience et ses encouragements constants, elle a largement contribué à l'aboutissement de ce mémoire.

Qu'elle trouve ici l'expression de notre profond respect et de notre reconnaissance.

Nous adressons également nos remerciements à notre co-encadreur, Pr MEBIROUK BOUDECHICHE Lamia, pour ses orientations, ses remarques constructives et son accompagnement durant la réalisation de ce travail.

Nous remercions également les membres du jury Pr MERDACI Latifa, Dr ATTIA khyredinne et Dr. LAADJAL Abdessatar qui nous font l'honneur d'accepter d'évaluer ce mémoire et d'apporter leurs remarques et suggestions enrichissantes.

Nous exprimons notre vive reconnaissance à Dr. LAADJAL Abdessatar, pour son aide précieuse au laboratoire, sa disponibilité, son soutien et les nombreuses connaissances pratiques qu'il nous a transmises. Son accompagnement durant la partie expérimentale a été d'une grande importance et a contribué de manière significative à la réussite de ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à l'ensemble des enseignants ainsi qu'au personnel technique du laboratoire de l'Université Chadli Bendjedid pour leur aide et leur collaboration.

Enfin, nous adressons nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

**Merci à tous**

# DEDICACE

## À mes chers parents

Aux piliers de ma vie, ma tendre mère et mon cher père. Vos sacrifices, votre amour inconditionnel et vos précieuses prières m'ont guidée tout au long de ce parcours. Ce travail est le fruit de votre dévouement. Que Dieu vous garde pour moi.

## À mon cher grand-père

À celui que la vie a séparé de moi, mais qui reste éternellement gravé dans mon cœur. Toi qui m'as toujours encouragée à poursuivre mes études et qui attendais ce moment avec tant de fierté. Tu n'es pas là pour assister à mon diplôme, mais j'espère que de là-haut, tu es fier de moi. Que ton âme repose en paix.

## À ma chère tante

À celle qui m'a élevée avec tant d'amour et de tendresse, et que je considère comme ma seconde mère. Merci pour tout ce que tu as fait pour moi.

## À moi-même

À celle qui n'a jamais abandonné, qui a surmonté les doutes et les nuits blanches, et qui a cru en ses rêves jusqu'au bout. Ce succès est aussi le tien, sois-en fière.

## À mes frères et sœurs

À mon frère et mon soutien **Amine**... tu es ma force.

À mon petit frère chéri **Iyad**, mon petit protégé que je considère comme mon propre fils... que Dieu te protège.

À ma tendre sœur chérie **Israa**, pour sa douceur et sa présence. Merci d'être ma source de joie et de réconfort.

## À mon ombre qui me ressemble

À celui/celle qui lit dans mon silence, et qui a partagé chaque étape de ce parcours comme si nous étions une seule âme. Merci d'être ma « seconde moi » ; ce soutien précieux qui a donné à chaque pas de ce chemin un sens que nous seuls comprenons.

## À mes précieux amis

À ceux qui ont rendu ce parcours universitaire plus beau et plus léger...**Imen, Rayan, wissal,** et **Nour**. Merci pour votre amitié sincère, vos rires et vos encouragements continus.

**Avec tout mon amour et ma gratitude**

**Amina Salhi.....**

# ***LISTE DES FIGURES***

<b>Figure 01:</b> Coupe longitudinale illustrant la structure anatomique d'un œuf de poule. ....	18
<b>Figure 02:</b> Structure interne de l'œuf. (Saidou Alzouma, 2005). ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 03 :</b> Carte Administrative de la Wilaya montrant les limites communales (Bentouili, 2007)...	42
<b>Figure 04 :</b> La poule domestique locale (Salhi, 2026).....	45
<b>Figure 05 :</b> La caille domestique en cage (Salhi, 2026) .....	46
<b>Figure 06 :</b> La dinde dans un élevage familiale à El Tarf (Salhi, 2026).....	47
<b>Figure 07 :</b> Le canard domestique (Salhi, 2026).....	47
<b>Figure 08 :</b> Mesure du poids de l'œuf (Salhi, 2026).....	49
<b>Figure 09 :</b> Mesure de la longueur et la largeur de l'œuf (Salhi, 2026).....	50
<b>Figure 10 :</b> Mesure de diamètre vitellin et la coquille (Salhi, 2026) .....	51
<b>Figure 11 :</b> Opération de calcination des échantillons (Salhi, 2026).....	53
<b>Figure 12 :</b> Etapes de dosage de la matière azotée totale (Salhi, 2026).....	55

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Les analyses chimiques réalisés et les méthodes de dosage correspondantes .....	52
Tableau 02 : Caractéristiques morphométriques externes des œufs selon les espèces étudiées.....	57
Tableau 03 : Caractéristiques morphométriques internes des œufs selon les espèces étudiées .....	58
Tableau 04 : Indices de qualité et de fraîcheur des œufs selon les espèces étudiées.....	60
Tableau 05 : Composition Chimique des œufs selon les espèces étudiées.....	61

## **Résumé**

Cette étude compare les caractéristiques des œufs de quatre espèces aviaires de basse-cour (poule, canard, dinde, caille) élevées en mode traditionnel dans la région d'El Tarf. Les analyses morphométriques révèlent une forte hétérogénéité interspécifique, la dinde présentant les œufs les plus lourds et volumineux, et la caille les plus petits. L'examen interne montre que le canard se distingue par un jaune prédominant, conférant à ses œufs d'excellentes propriétés technologiques. Toutes les espèces présentent une fraîcheur optimale (Unité Haugh > 85). La composition chimique confirme la spécialisation fonctionnelle du blanc, riche en protéines, et du jaune, concentré en lipides. Ces variations sont influencées par la génétique et l'alimentation.

**Mots-clés :** Œuf, basse-cour, morphométrie, qualité interne, composition chimique, Unité Haugh.

## ملخص

تقارن هذه الدراسة بين خصائص بيض أربعة أنواع من طيور الفناء الخلفي (الدجاج، البط، الديك الرومي، السمان) التي يتم تربيتها بالطريقة التقليدية في منطقة الطارف. وتكشف التحليلات المورفومترية (القياسات الشكلية) عن تباين كبير بين الأنواع؛ حيث يمتلك الديك الرومي البيض الأكثر وزنًا وحجمًا، في حين يمتلك السمان البيض الأصغر حجمًا.

ويظهر الفحص الداخلي تميز البط بصفار مهيم (أكبر حجمًا)، مما يمنح بيضه خصائص تكنولوجية ممتازة. كما أظهرت جميع الأنواع طزاجة مثالية (وحدة هاو >85) ويؤكد التركيب الكيميائي التخصص الوظيفي للبياض (الزلال) الغني بالبروتينات، والصفار المركز بالدهون. وتتأثر هذه الاختلافات بالعوامل الوراثية والنظام الغذائي.

**الكلمات المفتاحية:** بيض، طيور الفناء، القياسات المورفومترية، الجودة الداخلية، التركيب الكيميائي، وحدة هاو (Unité)

(Haugh

## **Abstract**

This study compares the characteristics of eggs from four backyard avian species (hen, duck, turkey, quail) raised under traditional management in the El Tarf region. Morphometric analyses reveal a high interspecific heterogeneity, with the turkey producing the heaviest and most voluminous eggs, and the quail producing the smallest.

Internal examination shows that the duck stands out with a predominant yolk, conferring excellent technological properties to its eggs. Furthermore, all species exhibit optimal freshness (Haugh Unit > 85). The chemical composition confirms the functional specialization of the albumen (white), which is rich in proteins, and the yolk, which is concentrated in lipids. These variations are influenced by both genetics and diet.

**Keywords:** Egg, backyard poultry, morphometry, internal quality, chemical composition, Haugh Unit.

# SOMMAIRE

## **REMERCIEMENTS**

## **DEDICACE**

## **LISTE DES FIGURES**

## **LISTE DES TABLEAUX**

Résumé

ملخص

**Abstract**

## **SOMMAIRE**

## **INTRODUCTION**

<b>Introduction</b> .....	1
---------------------------	---

## **PREMIER PARTIE**

### **ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

Chapitre 1 : L'Aviculture et la Production d'Œufs .....	4
Introduction Générale .....	4
1. État des Lieux de la Production Mondiale et Dynamiques Métaboliques .....	4
1.1. Croissance Démographique, Demande et Transition Nutritionnelle .....	4
1.2. Les grands producteurs et Leurs Avantages Bioclimatiques .....	4
1.3. Systèmes d'Élevage .....	5
2. Enjeux Sanitaires, Environnementaux et Commerciaux .....	5
2.1. Épidémiologie et Menace Sanitaire Permanente .....	5
2.2. Impact Environnemental Cycles Biogéochimiques et Durabilité .....	6
2.3. Commerce International et Économie .....	7
3. Le Secteur Avicole en Algérie : Enjeux Stratégiques et Biologiques .....	7
3.1. Importance Économique et Apports Nutritionnels .....	7
3.2. Dualité Structurelle : Secteur Privé vs Public .....	7
3.3. La Dépendance aux Intrants : Vulnérabilité Métabolique et Génétique .....	8
3.4. Pathologies Infectieuses et Biosécurité .....	8

4. Biologie et Écologie de l'Aviculture Familiale.....	9
4.1. Définition, Éthologie et Caractéristiques Biologiques .....	9
4.2. Importance Socio-Économique et Nutritionnelle .....	9
4.3. Contraintes Épidémiologiques et Techniques .....	10
4.4. Perspectives Vétérinaires de Développement.....	10
5. Physiologie et Endocrinologie de la Production des Œufs dans les Systèmes Familiaux.....	10
5.1. Neuroendocrinologie et Caractéristiques du Cycle de Ponte .....	11
5.2. Performances Zootechniques et Biométrie de l'Œuf .....	11
5.3. Qualité Organoleptique, Composition Biochimique et Valorisation.....	12
5.4. Contraintes Environnementales Spécifiques à la Production d'Œufs .....	12
6. Les Ressources Génétiques Avicoles .....	13
6.1. Importance et Diversité des Races Avicoles Locales .....	13
6.2. Menaces et Érosion Génétique .....	13
6.3. Stratégies de Caractérisation et de Conservation .....	14
7. les types de Filières Avicoles .....	15
7.1. La Filière Avicole Traditionnelle (Familiale ou Rurale) .....	15
7.2. La Filière Avicole Industrielle (Commerciale et Intensive) .....	16
7.3. Coexistence et Dynamiques Actuelles.....	16
Chapitre 02 : Structure et caractéristiques des œufs de consommation.....	18
1. Définition et classification des œufs de consommation .....	18
1.1. Définition de l'œuf de consommation.....	18
1.1.1. Définition biologique.....	18
1.1.2. Définition réglementaire et commerciale .....	19
1.2. Classification des œufs de consommation.....	19
1.2.1. Classification selon la catégorie de qualité (Normes de commercialisation) .....	19
1.2.2. Classification selon le calibrage (Poids).....	21
1.2.3. Classification selon le mode d'élevage (Traçabilité) .....	21
2. Structure interne de l'œuf.....	22
2.1. Le vitellus (jaune).....	23
2.2. L'albumen (blanc) .....	23
2.3. Les membranes coquillières .....	24
2.4. La chambre à air .....	24
2.5. La coquille et la cuticule.....	25
3. Les caractéristiques physiques de l'œuf.....	26

3.1. La couleur de la coquille .....	26
3.2. La forme .....	26
3.3. Les dimensions .....	27
3.4. Le poids .....	28
3.5. La densité (ou poids spécifique).....	28
4. Composition chimique et valeur nutritionnelle de l'œuf.....	29
4.1. Composition chimique globale.....	29
4.2. Les protéines : La référence nutritionnelle absolue.....	30
4.3. Les lipides : Profil en acides gras et cholestérol.....	30
4.4. Les micronutriments : Vitamines, minéraux et antioxydants .....	31
Chapitre 03 : Qualités des œufs.....	32
1. Notion générale de la qualité des œufs.....	32
1.1.La perspective du consommateur .....	32
1.2.La perspective du producteur et de l'accoureur.....	32
1.3.La perspective de l'industrie agroalimentaire .....	33
2. Qualité externe .....	33
2.1.Aspect et résistance de la coquille.....	33
2.2.Propriétés et défauts .....	34
3. Qualité interne .....	35
3.1.Fraîcheur.....	35
3.2.Indice de jaune et d'albumen.....	36
3.3.Unités de mesure du jaune et de l'albumen.....	36
3.4.Unité de Haugh.....	36
4. Facteurs influençant la qualité des œufs.....	37
4.1.Alimentation.....	37
4.2.Conduite de l'élevage.....	38
4.3.Âge et santé des poules.....	38
4.4.Conditions de stockage.....	39

## *DEUXIEME PARTIE*

### *MATERIEL ET METHODES*

3 .Matériel et méthodes .....	41
3.1. Objectif de l'étude .....	41
3.2. Présentation des zones d'étude.....	41
3.2.1. Situation géographique et organisation administrative .....	41

3.2.2. Caractéristiques topographiques.....	42
3.2.3. Caractéristiques édaphiques (Sols).....	43
3.2.4. Caractéristiques hydrologiques .....	43
3.2.5. Caractéristiques climatiques .....	43
3.2.6. Couvert végétal et biodiversité.....	44
3.2.7. Activités agricoles et pastorales .....	44
3.3. Matériel .....	44
<b>3.3.1 Matériel biologique (œufs)</b> .....	44
<b>3.4. Expérimentation</b> .....	48
3.4.1. Matériel de laboratoire .....	48
3.4.2. Mesures physiques de l'œuf entier .....	49
3.4.2.1. Pesée de l'œuf entier .....	49
3.4.2.2 Morphométries des œufs .....	49
3.4.3. Les examens après cassage des œufs.....	50
3.4.4.1 Détermination de la teneur en matière sèches .....	52
3.4.4.2 Détermination de la teneur en matière minérale.....	53
3.4.4.3. Détermination de la teneur en matière organique.....	53
<b>3.4.4.4 Détermination de la matière azotée totale (Protéines brutes)</b> .....	54
 <b>RESULTATS ET DISCUSSION</b>	
4. Résultats .....	57
4.1 Résultats des examens avant cassage des œufs .....	57
4.1.1 Résultats des Mensurations de l'œufs entier .....	57
4.1.2. Résultats des examens après cassage des œufs .....	58
4.1.2.1. Caractéristique internes des œufs selon les espèces étudiées .....	58
<b>4.1.2.2. Mesure des ratios et des indices de qualité et de fraîcheur des œufs selon les espèces étudiées</b> .....	59
4.1.3. Résultats de la composition chimiques des œufs des espèces étudiées .....	61
 <b>CONCLUSION</b>	
<b>Conclusion</b> .....	64

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

# ***INTRODUCTION***

# Introduction

---

## Introduction

L'aviculture s'impose aujourd'hui comme le secteur le plus dynamique de la production mondiale de protéines animales, répondant de manière efficiente à une demande croissante dictée par la transition nutritionnelle et l'expansion démographique (FAO, 2023). Grâce à un coût de production métabolique relativement faible, la volaille et ses produits dérivés, notamment les œufs, constituent une ressource alimentaire universelle (OCDE-FAO, 2020).

En Algérie, ce secteur revêt une dimension stratégique majeure au sein des filières agroalimentaires animales. Il contribue significativement à la couverture des besoins nationaux en protéines, à la réduction du déficit structurel en viandes rouges et à la garantie d'un approvisionnement abordable pour les populations (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural MADR, 2019). Cette dynamique repose sur la coexistence de deux modèles de production : une filière industrielle intensive, fondée sur l'utilisation de souches commerciales hyper-sélectionnées, et une aviculture familiale traditionnelle qui valorise des écotypes locaux rustiques, adaptés aux contraintes environnementales et aux ressources limitées des zones rurales (Sonaiya & Swan, 2004).

Sur le plan biologique, l'œuf de consommation se présente comme une structure complexe organisée en trois compartiments fonctionnels : la coquille, assurant la protection mécanique et microbiologique ; l'albumen, riche en protéines de haute valeur biologique ; et le vitellus, concentrant les lipides, les vitamines liposolubles et les réserves énergétiques (Nys & Sauveur, 2004). La qualité de ce produit, qu'elle soit externe (morphologie, solidité de la coquille) ou interne (indice de fraîcheur, composition biochimique), est soumise à une multiplicité de facteurs de variation incluant le génotype, l'âge de la poule, les conditions d'élevage (alimentation, climat, stress) et les modalités de stockage post-ponte (Stadelman & Cotterill, 1995 ; Roberts, 2004). L'évaluation rigoureuse de ces paramètres repose sur des indices standardisés tels que l'Unité de Haugh, l'épaisseur et la densité de la coquille, ainsi que l'analyse de la composition chimique globale.

Si la poule domestique (*Gallus gallus domesticus*) domine la production et la littérature scientifique, d'autres espèces avicoles contribuent de manière non négligeable à l'approvisionnement des marchés locaux, particulièrement dans les zones rurales et périurbaines. La caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*), la dinde (*Meleagris gallopavo*)

## Introduction

---

et le canard domestique (*Anas platyrhynchos domesticus*) fournissent des œufs présentant des caractéristiques morphologiques, physico-chimiques et technologiques distinctes de celles de la poule (**Romanoff & Romanoff, 1949**). Ces différences interspécifiques offrent des opportunités de diversification des productions et de résilience économique pour les élevages familiaux.

Toutefois, la littérature scientifique relative à la qualité des œufs en Algérie demeure largement centrée sur la poule domestique en milieu industriel. Peu d'études se sont attachées à caractériser de manière comparative et standardisée la qualité physico-chimique et morphométrique des œufs issus d'espèces alternatives commercialisées *via* les circuits informels. Or, dans certaines régions, et notamment dans le Nord-est algérien, ces circuits informels constituent le principal canal de distribution pour les productions avicoles familiales. La wilaya d'El Tarf, située dans l'extrême Nord-est du pays et caractérisée par un climat méditerranéen humide, abrite une aviculture traditionnelle diversifiée où la cohabitation de plusieurs espèces avicoles sur des élevages de petite échelle est courante. L'absence de données fiables sur la qualité réelle des œufs circulant sur ces marchés informels constitue un obstacle à leur valorisation objective et à l'élaboration de recommandations sanitaires et nutritionnelles adaptées.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude. Son objectif principal est de réaliser une analyse comparative de la qualité physico-chimique et morphométrique des œufs de consommation issus de quatre espèces avicoles : la poule, la caille, la dinde et le canard actuellement commercialisées sur le marché informel de la wilaya d'El Tarf. À travers l'évaluation des paramètres physiques (masse, dimensions, indices de forme), des indices de fraîcheur (Unité de Haugh, pH de l'albumen) et de la composition chimique (matière sèche, lipides, protéines, cendres), ce travail vise à établir un profil qualitatif différencié par espèce. Les résultats attendus devraient contribuer à une meilleure caractérisation des ressources avicoles locales, fournir un appui technique aux éleveurs familiaux et enrichir les données disponibles pour une gestion optimisée de la qualité des œufs en circuits courts.

***PREMIER PARTIE***

***ETUDE***

***BIBLIOGRAPHIQUE***

## Chapitre 1 : L'Aviculture et la Production d'Œufs

### Introduction Générale

L'aviculture, définie comme l'élevage d'oiseaux ou de volailles (poulets, dindes, canards, oies) principalement pour leurs œufs et leur viande, constitue aujourd'hui la source de protéines animales la plus dynamique à l'échelle globale. D'un point de vue évolutif et biologique, la poule domestique (*Gallus gallus domesticus*) a subi une sélection génétique intense modifiant profondément son métabolisme basal et son endocrinologie reproductive. En raison de son coût de production métabolique relativement faible, de l'absence de barrières religieuses majeures à sa consommation et de son profil lipidique diététique (faible en acides gras saturés), la volaille est devenue la viande la plus consommée au monde, dépassant le porc en 2019 (OCDE-FAO, 2020). Ce rapport analyse la situation actuelle de l'aviculture mondiale, ses systèmes de production, ainsi que les défis sanitaires et environnementaux auxquels elle fait face.

### 1. État des Lieux de la Production Mondiale et Dynamiques Métaboliques

#### 1.1. Croissance Démographique, Demande et Transition Nutritionnelle

La production mondiale de viande de volaille a connu une croissance exponentielle au cours des cinq dernières décennies, dictée par la demande en acides aminés essentiels de haute biodisponibilité. Selon les données de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, la production mondiale a atteint plus de 137 millions de tonnes en 2022 (FAO, 2023). Sur le plan socio-économique, cette augmentation est tirée par les pays en développement où l'urbanisation et l'augmentation des revenus favorisent une transition nutritionnelle vers les protéines animales.

#### 1.2. Les grands producteurs et Leurs Avantages Bioclimatiques

La géographie de la production avicole est très concentrée, régie par la disponibilité des terres arables pour la culture des intrants (soja, maïs) et les capacités d'innovation génétique. Quatre entités dominent le marché :

- **Les États-Unis** : Premier producteur mondial, caractérisé par une intégration verticale très poussée et une optimisation technologique maximale des conditions microclimatiques d'élevage (USDA, 2023).

- **La Chine** : Leader incontesté de la production d'œufs et acteur majeur pour la viande, bien que sa production soit parfois freinée par des épisodes sanitaires (virologie aviaire).
- **Le Brésil** : Premier exportateur mondial, bénéficiant de ressources abondantes en soja et maïs pour l'alimentation animale, assurant un apport énergétique optimal (**ABPA, 2022**).
- **L'Union Européenne** : Un producteur majeur qui se distingue par des normes de bien-être animal (éthologie) et de sécurité sanitaire les plus strictes au monde.

### 1.3. Systèmes d'Élevage

#### 1.3.1. Le Modèle Intensif (Industriel)

D'un point de vue zootechnique, plus de 70% de la production mondiale de volaille provient de systèmes intensifs. Ce modèle repose sur la sélection génétique de souches à croissance rapide (poulet de chair atteignant 2,5 kg en moins de 40 jours). Cette hypertrophie musculaire rapide modifie l'homéostasie physiologique de l'oiseau.

**Efficacité alimentaire et physiologie digestive** : Le tractus gastro-intestinal de ces souches a été sélectionné pour une absorption maximale des nutriments. L'indice de consommation (IC) a été considérablement réduit, atteignant souvent moins de 1,6 kg d'aliment pour 1 kg de gain de poids (**Mottet & Tempio, 2017**). Cette efficacité métabolique fait du poulet l'animal terrestre le plus efficient à produire.

#### 1.3.2. Le Modèle Extensif et Alternatif

En réponse aux demandes sociétales concernant le stress physiologique des oiseaux, les systèmes alternatifs (Biologique, Plein air) gagnent du terrain, notamment en Europe. Ces systèmes privilégient des souches à croissance lente (métabolisme basal plus équilibré) et l'accès au parcours extérieur, ce qui améliore la qualité organoleptique de la viande mais augmente les coûts de production de 30 à 50% (**Magdelaine et al., 2018**).

## 2. Enjeux Sanitaires, Environnementaux et Commerciaux

### 2.1. Épidémiologie et Menace Sanitaire Permanente

La concentration des animaux et leur faible diversité génétique (consanguinité relative des souches pures) rendent la filière extrêmement vulnérable aux épizooties.

### 2.1.1. Virologie : L'Influenza Aviaire (Grippe Aviaire)

Le virus de l'influenza aviaire, un virus à ARN segmenté (Orthomyxoviridae), présente une très forte capacité de mutation (glissement et cassure antigénique). Le virus H5N1 (et ses variants) représente la menace la plus grave. Depuis 2020, une panzootie (pandémie animale) frappe l'Europe, l'Amérique et l'Asie, entraînant l'abattage de centaines de millions de volailles pour freiner la propagation virale. L'Organisation Mondiale de la Santé Animale note que la saisonnalité du virus s'estompe, le rendant endémique dans certaines zones sauvages, ce qui complique l'épidémiologie-surveillance (WOAH/OIE, 2023).

### 2.1.2. Microbiologie : L'Antibiorésistance

L'usage excessif d'antibiotiques modifie le microbiome intestinal des volailles. Parfois utilisés comme facteurs de croissance dans certains pays (pratique interdite en UE depuis 2006 en raison de la pression de sélection exercée sur les bactéries), cet usage contribue à l'émergence de bactéries résistantes (comme *E. coli* ou *Salmonella*) transmissibles à l'homme. Des études récentes appellent à une réduction drastique de leur usage prophylactique afin de préserver l'arsenal thérapeutique humain (Van Boeckel *et al.*, 2019).

## 2.2. Impact Environnemental Cycles Biogéochimiques et Durabilité

L'aviculture possède une double facette environnementale complexe :

- **Avantage comparatif sur l'effet de serre** : La physiologie digestive monogastrique de la volaille ne produit pas de méthane entérique, contrairement à la fermentation ruminale. L'empreinte carbone du poulet est nettement inférieure à celle des ruminants. (Gerber *et al.*, 2013) estiment que la volaille émet environ 6 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> par kg de protéine, contre plus de 200 kg pour le bœuf (Gerber *et al.*, 2013).
- **Inconvénients majeurs et eutrophisation** : L'impact réside principalement dans la production de l'aliment (soja/maïs), souvent liée à la déforestation (notamment en Amazonie pour le soja importé perturbant le cycle du carbone végétal), et dans la gestion des effluents (riches en nitrates et phosphore issus de l'excrétion urique des oiseaux) qui peuvent polluer les nappes phréatiques et causer l'eutrophisation des milieux aquatiques.

### 2.3. Commerce International et Économie

Le marché mondial est caractérisé par une forte volatilité des prix, liée au coût des matières premières (céréales) qui dictent le coût métabolique de la ration.

- **Flux commerciaux** : Le Brésil domine les exportations mondiales (environ 35% de part de marché), approvisionnant le Moyen-Orient (viande Halal) et l'Asie.
- **Préférences des consommateurs** : On observe une dichotomie anatomique dans la consommation : les pays occidentaux privilégient les muscles pectoraux (filets blancs, fibres musculaires rapides à métabolisme glycolytique), tandis que les pays asiatiques et africains importent souvent les bas-morceaux (cuisses, ailes, fibres musculaires rouges à métabolisme oxydatif), créant une complémentarité économique (**Windhorst, 2006**).

### 3. Le Secteur Avicole en Algérie : Enjeux Stratégiques et Biologiques

En Algérie, l'aviculture est un secteur stratégique qui constitue la « locomotive » des industries agroalimentaires animales. Elle représente la principale source de protéines animales pour la population, palliant le déficit structurel et le prix élevé des viandes rouges issues des ruminants (**MADR, 2019**).

#### 3.1. Importance Économique et Apports Nutritionnels

Le secteur avicole algérien a connu une croissance spectaculaire depuis les plans de relance des années 2000, modifiant le profil nutritionnel national. Aujourd'hui, la viande blanche est la viande la plus consommée par les ménages algériens.

- **Consommation** : Selon les données du Ministère de l'Agriculture, la consommation moyenne avoisine les 18 à 20 kg/habitant/an pour les viandes blanches et plus de 180 œufs/habitant/an. Cela place l'Algérie à un niveau de consommation (et d'apport protéique) comparable à celui de certains pays d'Europe du Sud (**MADR, 2023**).
- **Production** : L'Algérie a atteint une forme d'autosuffisance apparente en volume, avec une production annuelle estimée à plus de 550 000 tonnes de viandes blanches et plus de 6,5 milliards d'œufs (**Kaci et al., 2020**).

#### 3.2. Dualité Structurelle : Secteur Privé vs Public

La filière se caractérise par une forte dichotomie entre un secteur public régulateur et un secteur privé atomisé :

- **Le secteur privé (Dominant) :** Il assure plus de 90 % de la production nationale. Il est composé d'une multitude de petits éleveurs (souvent avec moins de 5000 sujets) et de quelques grands complexes intégrés. Ce segment souffre cependant d'un fort taux d'informel, rendant la prophylaxie (contrôle sanitaire) et le contrôle fiscal difficiles (**Bencharif, 2011**).
- **Le secteur public (ONAB) :** L'Office National des Aliments du Bétail (ONAB) ne détient plus le monopole de la production mais joue un rôle de régulateur (stockage de sécurité, approvisionnement en poussins et aliments) pour tenter de stabiliser les prix lors des crises économiques (**Boukella & Kaci, 2015**).

### 3.3. La Dépendance aux Intrants : Vulnérabilité Métabolique et Génétique

Malgré l'autosuffisance en produits finis (poulet, œuf), l'aviculture algérienne reste une "industrie de transformation" très dépendante de l'extérieur d'un point de vue trophique et génétique.

- **Importations massives de substrats énergétiques et protéiques :** L'alimentation des volailles (maïs source d'énergie, et tourteau de soja source de protéines riches en lysine et méthionine) est importée à près de 100 %. Ces intrants représentent 70 à 80 % du coût de revient du poulet en Algérie. Par conséquent, toute fluctuation des prix sur les bourses mondiales ou du taux de change du Dinar se répercute immédiatement sur le prix au consommateur algérien (**Oulmane & Benatallah, 2019**).
- **Matériel biologique :** Bien que l'Algérie produise des poussins d'un jour, les souches parentales (les grands-parents porteurs du patrimoine génétique sélectionné) sont majoritairement importées d'Europe, maintenant une dépendance technologique génétique stricte.

### 3.4. Pathologies Infectieuses et Biosécurité

La forte densité des élevages (proximité des hôtes potentiels) dans certaines wilayas (comme Batna, Bouira, Médéa) et la faiblesse des mesures de biosécurité (permettant la rupture de la barrière d'espèce) dans les élevages précaires exposent la filière à des risques récurrents. On note des épisodes graves de maladies virales respiratoires et systémiques (maladie de Newcastle due à un *Paramyxovirus*, grippe aviaire, bronchite infectieuse à *Coronavirus* aviaire), entraînant des taux de mortalité parfois élevés qui déstabilisent profondément le marché (**Alloui et al., 2016**).

#### 4. Biologie et Écologie de l'Aviculture Familiale

L'aviculture familiale, souvent qualifiée d'aviculture villageoise ou traditionnelle, se distingue nettement de l'aviculture industrielle par ses objectifs socio-économiques et ses moyens de production biologiques. Elle repose sur la génétique adaptative de races locales rustiques et des intrants limités.

##### 4.1. Définition, Éthologie et Caractéristiques Biologiques

L'aviculture familiale est définie par la **FAO (2004)** comme un système de production à petite échelle, pratiqué par des ménages utilisant la main-d'œuvre familiale et, si possible, des ressources alimentaires locales disponibles.

- **Système extensif et éco-éthologie** : Les volailles sont généralement élevées en liberté (système de divagation ou "scavenging"). Ce mode de vie respecte le comportement exploratoire naturel des oiseaux qui se nourrissent de restes de cuisine, d'insectes (source protéique) et de plantes (source de caroténoïdes), avec peu ou pas de complémentation alimentaire synthétique (**Sonaiya & Swan, 2004**).
- **Génétique des populations (Races locales)** : Le cheptel est constitué de races indigènes non standardisées. D'un point de vue physiologique, elles sont caractérisées par une croissance lente mais possèdent un système immunitaire robuste, offrant une grande résistance aux maladies endémiques et aux conditions climatiques difficiles (thermotolérance) (**Besbes, 2009**).
- **Faible investissement zootechnique** : Les abris sont rudimentaires (matériaux de récupération) et les soins vétérinaires prophylactiques sont rares, voire inexistantes.

##### 4.2. Importance Socio-Économique et Nutritionnelle

L'aviculture familiale joue un rôle multifonctionnel crucial dans les économies rurales des pays en développement.

- **Sécurité alimentaire** : Elle fournit des protéines animales de très haute qualité biologique (profil complet en acides aminés des œufs et viande) aux familles rurales pauvres, contribuant de manière vitale à la lutte contre la malnutrition infantile (**Alders & Pym, 2009**).
- **Rôle économique et genre** : Ce secteur est souvent le domaine réservé des femmes. La vente des produits avicoles (œufs, poulets sur pied) procure un revenu monétaire rapide

et direct ("cash-flow") utilisé pour les dépenses courantes (scolarité, médicaments), favorisant ainsi l'autonomisation économique des femmes rurales (**Guèye, 2000**).

- **Fonction socioculturelle** : Les volailles jouent un rôle important dans les cérémonies religieuses, les fêtes traditionnelles et le renforcement des liens sociaux (dons, hospitalité) (**Kondombo, 2005**).

#### 4.3. Contraintes Épidémiologiques et Techniques

Malgré sa résilience évolutive, ce système fait face à des obstacles majeurs environnementaux et pathologiques qui limitent sa productivité.

- **Contraintes sanitaires** : La mortalité est très élevée chez les jeunes sujets, souvent due à la maladie de Newcastle (pseudopeste aviaire), une virose foudroyante qui peut décimer des troupeaux entiers en l'absence de vaccination. La prédation écologique et le parasitisme (endoparasites digestifs et ectoparasites) sont également des causes majeures de pertes (stress immunitaire) (**Moula et al., 2012**).
- **Contraintes techniques et environnementales** : L'absence d'habitat adéquat (microclimat non contrôlé) expose les animaux au stress thermique des intempéries. De plus, le potentiel polygénique pour la ponte (productivité génétique des races locales) limite le rendement en œufs par rapport aux souches commerciales hyper-sélectionnées.

#### 4.4. Perspectives Vétérinaires de Développement

L'amélioration de l'aviculture familiale ne passe pas par l'industrialisation brutale, mais par des améliorations marginales adaptées à l'écologie locale : vaccination systématique contre la maladie de Newcastle (utilisation de vaccins vivants atténués thermostables), amélioration de l'habitat (poulaillers améliorés pour la biosécurité) et complémentation alimentaire stratégique (correction des carences minérales et protéiques) (**Gondwe et al., 2007**).

### 5. Physiologie et Endocrinologie de la Production des Œufs dans les Systèmes Familiaux

Dans les systèmes familiaux, la production d'œufs obéit à des logiques biologiques et économiques (lois de la thermodynamique de l'oiseau) très différentes de l'aviculture industrielle. Si la productivité numérique est faible, la valeur ajoutée (nutritionnelle et économique) de chaque œuf, considéré comme un ovule amniotique complexe, est extrêmement élevée.

### 5.1. Neuroendocrinologie et Caractéristiques du Cycle de Ponte

Le contrôle neuroendocrinien de l'ovulation aviaire implique l'axe hypothalamo-hypophysogonadique (GnRH, LH, FSH, œstrogènes).

- **Le phénomène de couvaion (clochage) contrôlé par la prolactine :** Contrairement aux souches hybrides industrielles (type *Lohmann* ou *Isa Brown*) sélectionnées pour une ponte en continu (inhibition génétique de l'instinct de couvaion), la poule locale (« *beldi* » en Algérie) conserve un cycle naturel marqué par l'instinct maternel induit par des pics de sécrétion de prolactine hypophysaire. C'est le facteur biologique principal limitant la production d'œufs. Après avoir pondu un chapelet d'œufs (généralement 10 à 15), la poule locale entre en période de couvaion thermique qui dure 21 jours (embryogenèse), suivie d'une longue période d'élevage des poussins (**Besbes, 2009**). Durant ces phases, l'atrésie folliculaire ovarienne bloque le cycle et la ponte s'arrête complètement, ce qui réduit considérablement le nombre de cycles annuels.
- **Maturité sexuelle (Photopériodisme et génétique) :** La poule locale entre en ponte plus tardivement (vers 24 à 28 semaines d'âge, lorsque le tractus reproducteur est pleinement mature) comparée aux poules pondeuses industrielles (18 à 20 semaines), ce qui raccourcit mécaniquement sa durée de vie productive (**Padhi, 2016**).

### 5.2. Performances Zootechniques et Biométrie de l'Œuf

La productivité dans les systèmes familiaux est modeste mais fortement corrélée aux variations de l'environnement (climat, disponibilité en calcium et protéines).

- **Production annuelle (Dynamique folliculaire) :** En système de divagation strict (sans complémentation énergétique ou minérale), une poule locale produit en moyenne 40 à 60 œufs par an. Avec une amélioration de l'habitat et une complémentation alimentaire, l'activité ovarienne est stimulée et ce chiffre peut atteindre 100 à 120 œufs/an (**Moula et al., 2012**). À titre de comparaison, une pondeuse industrielle sélectionnée dépasse les 300 ovulations/an.
- **Calibre et morphologie des œufs :** Les œufs issus de l'aviculture familiale sont généralement plus petits (volume des réserves vitellines réduit), pesant entre 35 et 45 grammes, contre plus de 60g pour les œufs standards du commerce (**Fotsa et al., 2007**).

### 5.3. Qualité Organoleptique, Composition Biochimique et Valorisation

Bien que moins nombreux et plus petits, les œufs de ferme bénéficient d'une image très positive auprès des consommateurs en raison de leur composition biochimique distincte.

- **Qualité biochimique (Pigmentation) :** Les consommateurs apprécient la couleur jaune-orangé intense du vitellus (jaune d'œuf). Cette caractéristique physiologique est due à l'alimentation riche en pigments naturels, les caroténoïdes (xanthophylles trouvées dans l'herbe, insectes, maïs), que les poules absorbent dans l'intestin et déposent dans le follicule ovarien en développement lors de leur picorage à l'extérieur (**Moula et al., 2012**).
- **Profil physico-chimique :** Le ratio vitellus/albumen est souvent plus élevé dans ces races, ce qui donne une concentration lipidique supérieure et un goût plus prononcé, très recherché pour la cuisine traditionnelle.
- **Prix de vente (Niche de marché) :** En Algérie comme ailleurs, cette qualité perçue fait que l'œuf « arabe » ou « beldi » se vend souvent 2 à 3 fois plus cher que l'œuf industriel standard. Cette prime de qualité permet aux familles rurales de générer un revenu significatif avec un faible apport métabolique initial (investissement faible) (**Guèye, 2002**).

### 5.4. Contraintes Environnementales Spécifiques à la Production d'Œufs

La chaîne de valeur est entravée par des pertes physiques importantes liées au milieu naturel, avant même la consommation ou la vente :

- **Pertes par prédation et comportement de ponte :** L'éthologie de la poule locale la pousse à chercher des nids isolés. En l'absence de nichoirs protégés, les œufs sont souvent pondus dans des endroits cachés (buissons), les exposant aux prédateurs naturels de la chaîne trophique (rats, serpents, chiens) ou rendant leur collecte aléatoire (**Kondombo, 2005**).
- **Conservation et dégradation protéique :** La coquille de l'œuf est poreuse. Dans les zones rurales sans chaîne du froid (réfrigération), la conservation des œufs pose un problème microbiologique majeur, surtout en été (fluidification de l'albumen et risque de multiplication bactérienne de type *Salmonella*), ce qui oblige les producteurs à vendre rapidement ou à consommer immédiatement le produit.

## 6. Les Ressources Génétiques Avicoles

Les ressources génétiques avicoles englobent l'ensemble du matériel génétique contenu dans les multiples espèces, races, lignées et souches d'oiseaux domestiques (poulets, dindes, canards, pintades, cailles, etc.). Elles représentent une composante cruciale de la biodiversité agricole mondiale et jouent un rôle fondamental dans la sécurité alimentaire et le développement socio-économique, particulièrement dans les zones rurales.

### 6.1. Importance et Diversité des Races Avicoles Locales

La diversité génétique avicole s'est forgée au fil des millénaires grâce à la sélection naturelle et aux pratiques d'élevage traditionnelles. Contrairement aux souches commerciales sélectionnées pour des rendements maximaux en conditions contrôlées, les races locales possèdent des caractéristiques d'adaptation uniques. Selon (Moula *et al.*, 2012) dans leurs recherches sur la volaille locale, ces populations autochtones se distinguent par leur rusticité, leur capacité à valoriser des aliments de faible qualité, et leur résistance remarquable aux maladies endémiques et aux stress environnementaux (notamment le stress thermique). De plus, des travaux de thèse comme ceux de (Boukhalfa, 2019) soulignent que l'aviculture traditionnelle rurale, basée sur ces écotypes locaux, constitue un filet de sécurité économique pour les petits exploitants en Afrique du Nord, exigeant très peu d'intrants tout en fournissant des protéines de haute qualité. Le rapport mondial de la (FAO, 2015) rappelle d'ailleurs que la diversité de ces ressources est une "assurance" indispensable pour adapter l'élevage aux défis futurs, tels que les changements climatiques et l'émergence de nouvelles épizooties.

### 6.2. Menaces et Érosion Génétique

Malgré leur valeur inestimable, les ressources génétiques avicoles subissent une érosion alarmante. L'industrialisation rapide de l'aviculture mondiale a conduit à une standardisation extrême. Aujourd'hui, la production commerciale de viande et d'œufs repose sur une poignée de croisements hybrides (comme les souches Ross, Cobb, ou Isa Brown) détenus par quelques firmes multinationales (Hoffmann, 2009).

Cette dynamique menace directement les races locales par deux mécanismes principaux :

- **Le remplacement direct** : L'abandon progressif des races autochtones au profit des souches commerciales importées, réputées plus productives à court terme.

- **L'introgression génétique non contrôlée** : Comme l'a démontré l'étude de (**Bessadok et al., 2003**) sur les populations avicoles locales, les croisements anarchiques entre les coqs de souches importées et les poules locales diluent le patrimoine génétique originel. Ce phénomène entraîne la perte irréversible des allèles responsables de la rusticité et de l'adaptation au milieu naturel.

### 6.3. Stratégies de Caractérisation et de Conservation

Face à l'urgence de la situation, la communauté scientifique et les institutions agricoles recommandent la mise en place de programmes de gestion durable. La première étape consiste à évaluer ce patrimoine. Des mémoires de recherche récents, tels que ceux de (**Mahammi, 2021**), insistent sur l'importance de la caractérisation phénotypique (morphologie, biométrie) couplée à la caractérisation moléculaire. L'utilisation de marqueurs génétiques (microsatellites et SNP) permet, comme le précise (**Tixier-Boichard et al., 2011**), de cartographier la diversité allélique, d'établir les distances génétiques entre les populations et d'identifier des gènes d'intérêt (par exemple, le gène *cou nu Na* ou le gène de la frisure *F*, qui confèrent une tolérance à la chaleur).

Une fois caractérisées, la préservation de ces ressources s'articule autour de deux approches complémentaires :

- **La conservation *in situ* (ou *in vivo*)** : Recommandée par la (**FAO, 2012**), cette méthode consiste à maintenir les populations animales dans leur système de production d'origine. Elle permet de conserver l'interaction dynamique entre les animaux et leur environnement, favorisant ainsi la continuité de l'évolution adaptative.
- **La conservation *ex situ* (ou *in vitro*)** : Face au risque sanitaire (comme la grippe aviaire) qui peut décimer un troupeau de conservation, des auteurs comme (**Delany, 2006**) mettent en avant l'importance des banques de gènes. Celles-ci reposent sur la cryoconservation de la semence (sperme), et de plus en plus sur des techniques avancées comme la conservation des cellules germinales primordiales (PGCs) ou du tissu gonadique, l'œuf entier ne pouvant être congelé de manière viable.

## 7. les types de Filières Avicoles

Le secteur avicole mondial et national se caractérise par une forte hétérogénéité de ses systèmes de production. La littérature scientifique et économique distingue généralement deux grandes filières qui coexistent, s'ignorent ou parfois se concurrencent : la filière traditionnelle (ou rurale) et la filière industrielle (ou commerciale moderne). La transition de l'une vers l'autre implique des changements profonds en matière de gestion, d'investissements et de ressources génétiques.

### 7.1. La Filière Avicole Traditionnelle (Familiale ou Rurale)

La filière traditionnelle représente le système d'élevage le plus ancien et le plus répandu dans les pays en développement. Elle est souvent qualifiée de système extensif ou de "basse-cour".

- **Caractéristiques zootechniques et techniques** : Ce système repose exclusivement sur l'exploitation de races ou d'écotypes locaux. Les effectifs par élevage sont réduits (généralement entre 5 et 50 têtes). Selon les travaux de **(Sonaiya & Swan, 2004)**, ce mode d'élevage est dit "divagant" (scavenging) : les oiseaux sont laissés en liberté la journée pour chercher une grande partie de leur nourriture (insectes, vers, déchets de cuisine, graines) et sont mis à l'abri la nuit. Les intrants vétérinaires et zootechniques sont quasiment inexistantes.
- **Aspects économiques et stratégiques** : Bien que sa contribution à la production nationale brute soit souvent sous-estimée dans les statistiques officielles, la filière traditionnelle joue un rôle socio-économique vital. Les recherches de **(Guèye, 2000)** soulignent que cet élevage exige un investissement initial minime et constitue une véritable "caisse d'épargne sur pied" pour les ménages ruraux, permettant de faire face à des dépenses urgentes. De plus, comme le montre le mémoire de **(Bouزيد, 2018)** sur l'économie rurale en Algérie, les produits issus de cette filière (œufs et viande) bénéficient d'une forte demande pour leurs qualités organoleptiques supérieures, leur permettant de se positionner sur un marché de niche avec des prix de vente très attractifs.

### 7.2. La Filière Avicole Industrielle (Commerciale et Intensive)

À l'opposé, la filière industrielle est le fruit d'une démarche d'optimisation économique et de management stratégique visant à maximiser la production (viande ou œufs) dans un minimum de temps et d'espace.

- **Caractéristiques zootechniques et techniques :** Cette filière s'appuie sur l'élevage en claustration totale de souches hybrides hyper-spécialisées (type chair comme Ross et Cobb, ou type ponte comme Isa Brown). L'environnement de ces oiseaux (température, humidité, ventilation, luminosité) est strictement contrôlé. Selon l'article de synthèse de (**Magdelaine *et al.*, 2008**) sur l'économie avicole mondiale, ce système est extrêmement dépendant d'intrants externes : aliments composés équilibrés (maïs, soja), protocoles de prophylaxie médicale rigoureux (vaccins, antibiotiques) et équipements spécialisés.
- **Gestion et intégration économique :** La filière industrielle est caractérisée par une forte intensité capitaliste. Des mémoires spécialisés en management stratégique des entreprises agricoles, à l'instar des analyses de (**Belaid, 2019**) sur les performances des complexes avicoles, démontrent que la rentabilité de cette filière repose sur la maîtrise des coûts de production (notamment l'alimentation qui représente près de 70% du coût de revient) et sur l'intégration verticale. Les acteurs industriels gèrent souvent l'ensemble de la chaîne de valeur : accoupage, usines d'aliments, élevage, et abattage. La (**FAO, 2014**) précise que c'est cette filière qui assure aujourd'hui la sécurité alimentaire urbaine en fournissant des protéines animales à bas coût et à grande échelle.

### 7.3. Coexistence et Dynamiques Actuelles

Dans des contextes économiques comme celui de l'Algérie, ces deux filières ne s'excluent pas totalement mais répondent à des segments de marché différents. La filière industrielle, souvent soutenue par des subventions étatiques ou des politiques de développement agricole (comme l'indiquent les rapports de (**Benabdeljelil & Arfaoui, 2001**)), vise la production de masse. La filière traditionnelle, quant à elle, répond à une demande axée sur la qualité perçue, l'authenticité et le respect des traditions culinaires locales.

Cependant, la filière industrielle est très vulnérable aux fluctuations des cours mondiaux des matières premières (maïs, soja), ce qui pousse aujourd'hui les gestionnaires d'entreprises

agricoles à repenser leurs stratégies d'approvisionnement et à rechercher des modèles de production plus résilients.

## Chapitre 02 : Structure et caractéristiques des œufs de consommation

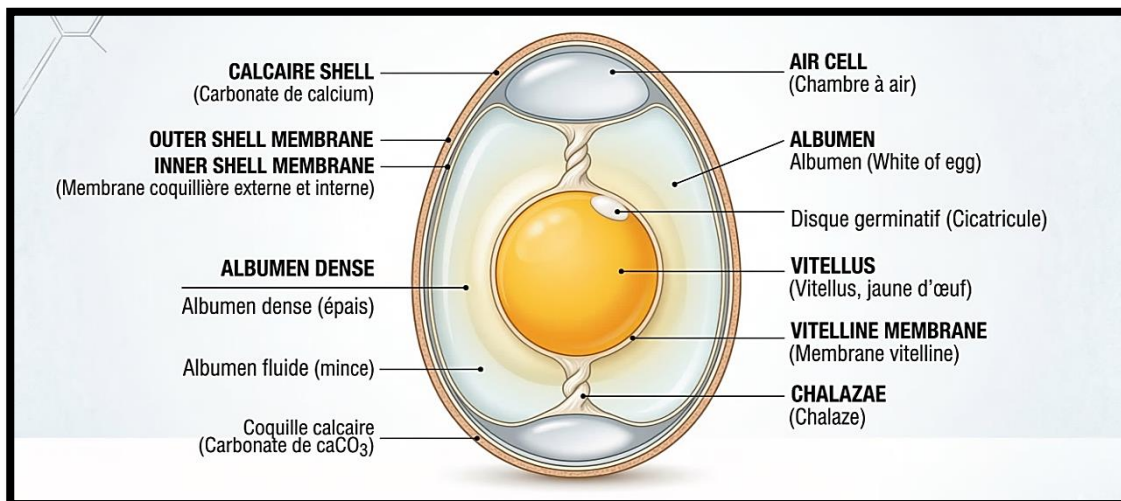
### 1. Définition et classification des œufs de consommation

L'œuf est un produit complexe qui peut être appréhendé sous différents angles selon qu'on se place d'un point de vue purement biologique, zootechnique, ou d'un point de vue commercial et réglementaire. Cette multiplicité d'approches nécessite une définition rigoureuse et une classification standardisée, essentielles pour garantir la transparence des marchés et la protection du consommateur (Magdelaine *et al.*, 2010).

#### 1.1. Définition de l'œuf de consommation

##### 1.1.1. Définition biologique

Sur le plan strictement biologique, l'œuf est défini comme le produit de l'ovulation de la poule (ou d'autres oiseaux), qu'il soit fécondé ou non. Il s'agit d'une cellule reproductrice géante (l'ovocyte), entourée de réserves nutritives (le vitellus et l'albumen) et d'enveloppes protectrices (les membranes et la coquille) dont le but originel est d'assurer le développement extracorporel de l'embryon (Nys & Sauveur, 2004). Sa structure est le résultat d'un processus physiologique complexe se déroulant dans l'oviducte de la poule sur une période d'environ 24 heures.



**Figure 01:** Coupe longitudinale illustrant la structure anatomique d'un œuf de poule.

### 1.1.2. Définition réglementaire et commerciale

Dans le cadre de la législation commerciale et de la protection des consommateurs, le terme "œuf" fait l'objet d'une définition légale très stricte afin de prévenir les fraudes et d'assurer la sécurité alimentaire. Selon le *Codex Alimentarius* (FAO/WHO, 2004) et la réglementation internationale, le terme « œuf » utilisé sans aucune autre indication désigne exclusivement l'œuf de poule (*Gallus gallus*) en coquille, propre à la consommation humaine en l'état ou à l'utilisation par les industries agroalimentaires.

Les œufs provenant d'autres espèces (caille, cane, oie, autruche) doivent obligatoirement porter la mention de l'espèce productrice (Commission Européenne, 2008). De plus, l'appellation « œuf frais » est juridiquement protégée et ne peut s'appliquer qu'aux œufs n'ayant subi aucun traitement de conservation autre que la réfrigération standard au cours du transport, et dont les caractéristiques internes répondent à des normes de qualité précises (Stadelman & Cotterill, 1995).

## 1.2. Classification des œufs de consommation

La classification des œufs est une procédure de standardisation cruciale dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement agroalimentaire. Elle permet de segmenter le marché, de fixer les prix de manière équitable et d'informer le consommateur. Cette classification s'opère selon trois axes principaux : la qualité (fraîcheur et intégrité), le calibrage (poids) et le mode de production.

### 1.2.1. Classification selon la catégorie de qualité (Normes de commercialisation)

La qualité de l'œuf est évaluée dans les centres d'emballage agréés à l'aide de techniques spécifiques, dont le mirage (l'observation de l'intérieur de l'œuf par transparence sous un faisceau lumineux). Les œufs sont classés en deux catégories principales (Diré, 2014) :

#### A. La Catégorie A (Œufs frais) :

Ce sont les œufs destinés à la consommation humaine directe. Pour être classé en catégorie A, un œuf ne doit présenter aucun défaut majeur et doit répondre à des exigences strictes en matière de :

- **Coquille et cuticule** : Elles doivent être normales, propres, intactes et non lavées (le lavage détruisant la cuticule protectrice).
- **Chambre à air** : Sa hauteur ne doit pas dépasser 6 millimètres (ou 4 mm pour la mention "extra frais"). L'augmentation de la taille de la chambre à air est le principal indicateur du vieillissement de l'œuf dû à l'évaporation de l'eau (**Mead, 2004**).
- **Albumen (blanc)** : Il doit être clair, limpide, de consistance gélatineuse et exempt de corps étrangers.
- **Vitellus (jaune)** : Au mirage, il ne doit apparaître que sous forme d'une ombre au contour indistinct, et doit rester au centre de l'œuf lors de sa rotation.
- **Développement germinal** : Le germe doit être imperceptible.

La mention « **Extra** » ou « **Extra frais** » est une sous-catégorie temporaire de la catégorie A. Elle ne peut être utilisée que jusqu'au neuvième jour après la ponte. Passé ce délai, les œufs perdent cette mention mais restent dans la catégorie A jusqu'à leur date de durabilité minimale (28 jours après la ponte) (**Commission Européenne, 2008**).

- ✓ **Les Normes Algériennes (NA) et critères sanitaires** : Les exigences techniques précises sont élaborées par l'Institut Algérien de Normalisation. Les Normes Algériennes relatives aux œufs de consommation imposent des critères microbiologiques sévères. Lors des contrôles officiels (C.O.H.S), les services de l'inspection vétérinaire algérienne exigent que les œufs soient totalement exempts de germes pathogènes majeurs, avec une tolérance zéro pour des bactéries comme *Salmonella enteritidis* ou *Salmonella typhimurium* (**Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, 2021**).
- ✓ **Classification et traçabilité sur le marché national** : Bien que la filière rurale traditionnelle algérienne commercialise encore souvent des œufs en vrac, la filière avicole industrielle est soumise aux normes modernes de conditionnement. Celles-ci incluent l'obligation de mirage pour s'assurer de la qualité interne (absence de taches de sang ou de développement germinal), le calibrage selon le poids, et surtout le marquage. L'apposition de la date de ponte et de la Date Limite de Consommation (DLC) sur l'emballage ou directement sur la coquille est une exigence réglementaire imposée pour assurer la traçabilité et protéger le consommateur (**IANOR, 2018**).

**B. La Catégorie B (Œufs destinés à l'industrie) :**

Cette catégorie regroupe les œufs qui ne répondent plus aux critères de la catégorie A (par exemple, coquille fêlée, chambre à air trop grande, blanc liquéfié). Ces œufs sont déclassés et sont strictement interdits à la vente au détail. Ils sont acheminés vers des établissements spécialisés (casseries) pour être transformés en ovoproduits (œufs liquides, en poudre, ou congelés) destinés à l'industrie de la biscuiterie, de la pâtisserie et des plats préparés, après avoir subi une pasteurisation obligatoire pour éliminer les risques bactériologiques, notamment liés aux *Salmonelles* (Stadelman & Cotterill, 1995).

**1.2.2. Classification selon le calibrage (Poids)**

Le tri par poids est une étape fondamentale du conditionnement. Il permet une uniformité dans les emballages, ce qui est indispensable pour la commercialisation à grande échelle et pour l'utilisation en restauration ou en boulangerie où le grammage des recettes doit être précis. Les œufs de catégorie A sont classés en quatre calibres (FAO/WHO, 2004) :

- **XL (Très gros) :** Poids supérieur ou égal à 73 g.
- **L (Gros) :** Poids compris entre 63 g et moins de 73 g.
- **M (Moyen) :** Poids compris entre 53 g et moins de 63 g. (C'est le calibre de référence utilisé dans la plupart des calculs nutritionnels et économiques).
- **S (Petit) :** Poids inférieur à 53 g.

Le poids de l'œuf est un facteur de variation économique important. Il est influencé par plusieurs paramètres zootechniques, principalement l'âge de la poule (les jeunes poules pondent de petits œufs, dont la taille augmente avec l'âge), la génétique de la souche, et la qualité de la ration alimentaire, particulièrement sa teneur en protéines et en acide linoléique (Nys & Sauveur, 2004).

**1.2.3. Classification selon le mode d'élevage (Traçabilité)**

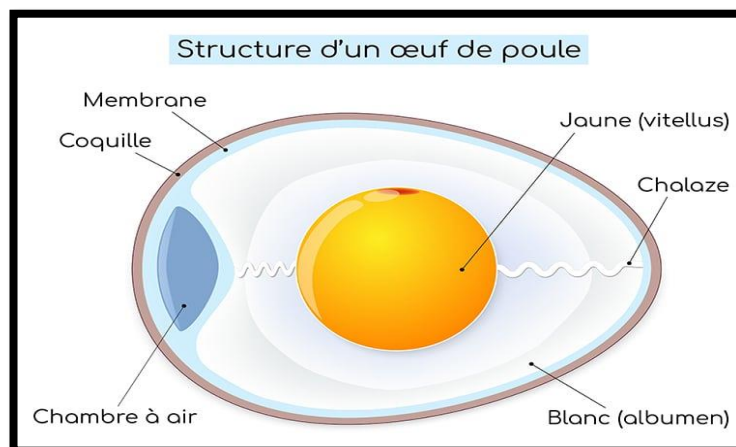
Avec l'évolution des exigences sociétales en matière de bien-être animal et de transparence, une classification basée sur les conditions d'élevage s'est imposée dans de nombreux pays. Cette classification se traduit par un marquage obligatoire sur la coquille de l'œuf, permettant une traçabilité totale du producteur au consommateur. Le code commence par un chiffre de 0 à 3, définissant le mode de production (Magdelaine *et al.*, 2010) :

- **Code 0 (Production biologique)** : Les poules ont accès à un parcours extérieur, disposent de vastes espaces intérieurs, et sont nourries avec une alimentation issue de l'agriculture biologique (minimum 95%).
- **Code 1 (Élevage en plein air)** : Les poules ont un accès continu pendant la journée à un parcours extérieur recouvert de végétation (minimum 4 m<sup>2</sup> par poule). Le fameux "Label Rouge" s'inscrit dans cette catégorie avec des exigences supplémentaires.
- **Code 2 (Élevage au sol)** : Les poules sont élevées en liberté à l'intérieur d'un bâtiment fermé (sans accès à l'extérieur), souvent équipé de volières.
- **Code 3 (Élevage en cages aménagées)** : Les poules vivent en groupes dans des cages équipées de perchoirs, de nids et d'espaces de grattage. Bien que ce système optimise les rendements et l'hygiène, il est de plus en plus controversé et réglementé en raison des préoccupations liées au bien-être animal.

## 2. Structure interne de l'œuf

L'œuf de la poule (*Gallus gallus domesticus*) est une merveille d'ingénierie biologique. Il constitue un système clos et autonome, conçu pour protéger et nourrir l'embryon lors de son développement à l'extérieur du corps maternel. Cette fonction primaire dicte une architecture interne hautement organisée, compartimentée et hiérarchisée (Nys & Guyot, 2011).

Macro-scopiquement, l'œuf est constitué de trois fractions morphologiques principales dont les proportions pondérales moyennes sont remarquablement constantes : la coquille (environ 9 à 11 %), l'albumen ou blanc (environ 58 à 60 %) et le vitellus ou jaune (environ 30 à 32 %) (Stadelman & Cotterill, 1995).



**Figure 02:** Structure interne de l'œuf. (Saidou Alzouma, 2005).

### 2.1. Le vitellus (jaune)

Le vitellus, communément appelé "jaune d'œuf", est la véritable cellule œuf (ovocyte) libérée par l'ovaire lors de l'ovulation. Il est sphérique et se situe normalement au centre géométrique de l'œuf, maintenu en suspension dans l'albumen.

Structurellement, le vitellus n'est pas une masse homogène. Il est constitué de plusieurs éléments anatomiques distincts (**Anton, 2013**) :

- **Le disque germinal (ou cicatricule) :** C'est un petit disque blanchâtre d'environ 3 à 4 mm de diamètre situé à la surface du jaune, juste sous la membrane vitelline. C'est ici que se trouve le noyau cellulaire contenant le matériel génétique maternel (et paternel si l'œuf est fécondé).
- **Le latebra ou (Latèbre) :** C'est un canal central en forme de cône inversé qui relie le disque germinal au centre du vitellus. Il est rempli de "vitellus blanc", moins dense que le reste du jaune.
- **Les couches concentriques :** Le jaune est formé d'une succession de couches sphériques concentriques alternant du "vitellus jaune" (épais de 2 mm) et du "vitellus blanc" (plus fin, environ 0,25 à 0,4 mm). Cette stratification reflète le rythme circadien du métabolisme de la poule lors de la formation du jaune dans l'ovaire (vitellogenèse), alternant les phases diurnes (alimentation active) et nocturnes (**Bellairs, 1993**).
- **La membrane vitelline :** C'est une enveloppe transparente, élastique et semi-perméable qui entoure le vitellus et le sépare de l'albumen. Elle est vitale pour l'intégrité de l'œuf. D'une épaisseur d'environ 15 à 20 micromètres, elle est composée de deux couches de fibres glycoprotéiques (une couche interne ovarienne et une couche externe sécrétée dans l'oviducte) (**Mann, 2008**). Le relâchement de cette membrane est un indicateur du vieillissement de l'œuf, conduisant à l'aplatissement du jaune lorsqu'on le casse.

### 2.2. L'albumen (blanc)

L'albumen est une solution aqueuse visqueuse qui entoure le vitellus. Ses fonctions principales sont d'amortir les chocs mécaniques, de fournir de l'eau et des protéines à l'embryon, et de constituer une formidable barrière antimicrobienne chimique et physique (**Nau et al., 2010**). L'albumen est sécrété par le magnum (la partie la plus longue de l'oviducte) et se divise anatomiquement en quatre couches distinctes, de l'intérieur vers l'extérieur :

1. **La couche chalazifère (albumen interne dense) :** C'est une très fine couche de blanc extrêmement visqueux qui enveloppe directement la membrane vitelline.
2. **Les chalazes :** Ce sont deux cordons torsadés et blanchâtres, formés à partir de la couche chalazifère. Ils s'étendent dans l'axe longitudinal de l'œuf (vers les deux pôles). Leur rôle mécanique est fondamental : ils agissent comme des "ressorts" ou des amarres pour maintenir le vitellus au centre de l'œuf, protégeant ainsi le disque germinal des chocs contre la coquille (**Awad et al., 1997**).
3. **L'albumen liquide interne :** Une couche fluide qui entoure la couche chalazifère.
4. **L'albumen épais (ou dense) moyen :** C'est la couche la plus volumineuse (environ 50 à 60% du volume total de l'albumen). Sa structure gélatineuse est due à la présence d'un complexe protéique (l'ovomucine). La fermeté de cet albumen épais est mesurée par l'unité Haugh, le standard international pour évaluer la fraîcheur interne d'un œuf.
5. **L'albumen liquide externe :** C'est la couche la plus proche des membranes coquillières, particulièrement fluide.

### 2.3. Les membranes coquillières

Entre l'albumen et la coquille calcaire se trouvent deux membranes organiques, fines mais extrêmement résistantes : la membrane coquillière interne et la membrane coquillière externe.

- **Structure :** Elles sont constituées d'un réseau complexe et entrelacé de fibres protéiques (apparentées à la kératine et au collagène de type X), cimentées par des glycoprotéines (**Arias et al., 1991**). La membrane externe, directement en contact avec la coquille, est environ trois fois plus épaisse (50  $\mu\text{m}$ ) que la membrane interne (15  $\mu\text{m}$ ).
- **Rôle physiologique :** Elles forment un filtre physique très poreux pour les gaz (oxygène et dioxyde de carbone) mais constituent une barrière mécanique redoutable contre la pénétration des bactéries (comme *Salmonella Enteritidis*) ou des filaments mycéliens. La membrane interne possède un maillage plus fin, agissant comme le dernier rempart avant l'albumen (**Hincke et al., 2000**).

### 2.4. La chambre à air

La chambre à air n'est pas une structure sécrétée par la poule, mais un espace physique qui se crée naturellement après la ponte.

Lorsqu'il est pondu, l'œuf est à la température corporelle de la poule (environ 41 °C) et son contenu remplit totalement l'espace interne. Au contact de l'air ambiant plus froid, le contenu

liquide de l'œuf (albumen et vitellus) se contracte. Cette rétractation thermique provoque la séparation des membranes coquillières interne et externe, généralement au pôle le plus large de l'œuf (le gros bout), formant ainsi la chambre à air (**Roberts, 2004**).

Au fil du temps, l'eau contenue dans l'albumen s'évapore à travers les pores de la coquille et est remplacée par de l'air. Par conséquent, le volume de la chambre à air augmente avec l'âge de l'œuf, ce qui en fait le critère de base, facilement observable par mirage, pour évaluer le degré de fraîcheur lors de la classification.

### 2.5. La coquille et la cuticule

La coquille est l'enveloppe minérale externe de l'œuf. C'est un biomatériau exceptionnel combinant légèreté, finesse (environ 0,3 mm d'épaisseur) et une très grande résistance mécanique à l'écrasement.

- **La cuticule** : C'est la couche la plus externe, une très fine pellicule organique (10 à 30  $\mu\text{m}$ ) composée principalement de protéines (mucines), de polysaccharides et de lipides. Déposée juste avant la ponte, elle recouvre toute la surface de la coquille et bouche partiellement les pores. Son rôle est de réguler la perte d'eau et de bloquer l'entrée des micro-organismes. Elle est facilement altérée par le lavage ou le frottement (**Bain et al., 2013**).
- **La coquille minéralisée** : Sécrétée dans la glande coquillière (utérus), elle est constituée à 95 % de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) sous forme de cristaux de calcite, insérés dans une matrice organique (protéines de la matrice coquillière) qui dirige la minéralisation (**Nys et al., 1999**). Elle se divise en deux couches principales :
  - *La couche papillaire (ou mammillaire)* : C'est la couche interne, ancrée sur la membrane coquillière externe. Elle est formée de cônes de calcite.
  - *La couche palissadique (ou spongieuse)* : C'est la couche la plus épaisse et la plus dense, responsable de la solidité structurelle de l'œuf.
- **Les pores** : La coquille n'est pas hermétique. Elle est traversée par 7 000 à 17 000 canaux microscopiques en forme d'entonnoir (les pores), qui assurent les échanges respiratoires indispensables à l'embryon (entrée de l' $\text{O}_2$ , sortie du  $\text{CO}_2$  et de la vapeur d'eau).

### 3. Les caractéristiques physiques de l'œuf

Les caractéristiques physiques de l'œuf de consommation jouent un rôle fondamental non seulement dans son évaluation qualitative et sa classification commerciale, mais aussi dans sa manipulation à l'échelle industrielle. Des paramètres tels que le poids, la forme, la couleur et la résistance mécanique conditionnent les procédés de tri, de conditionnement et de transport (**Bain, 2005**). L'étude de ces propriétés physiques permet d'évaluer l'intégrité de l'œuf et de déduire certaines informations sur l'état physiologique de la poule pondeuse.

#### 3.1. La couleur de la coquille

La coloration de la coquille est l'une des caractéristiques les plus visibles et, paradoxalement, l'une des plus sujettes aux idées reçues chez les consommateurs. Contrairement à une croyance populaire, la couleur de la coquille n'a absolument aucune corrélation avec la valeur nutritionnelle, la saveur ou la qualité interne de l'œuf (**Nys & Sauveur, 2004**).

- **Déterminisme génétique** : La couleur est un trait génétique strict, dépendant de la race de la poule. Par exemple, les poules de race Leghorn pondent des œufs blancs, tandis que les races Rhode Island Red ou Marans pondent des œufs roux à brun foncé. Certaines races spécifiques (comme l'Araucana) pondent même des œufs à coquille bleu-vert.
- **Origine des pigments** : La coloration s'effectue dans les toutes dernières heures de la formation de l'œuf, lors de son passage dans la glande coquillière (l'utérus). Les pigments sont sécrétés par les cellules épithéliales utérines et se déposent principalement dans la couche spongieuse externe et la cuticule (**Samiullah et al., 2015**).
  - Pour les œufs bruns, le pigment principal est la **protoporphyrine IX**, un précurseur de l'hème du sang synthétisé directement dans la glande coquillière.
  - Pour les œufs bleus/verts, le pigment impliqué est l'**oocyanine** (ou biliverdine), un sous-produit du métabolisme de la bile.
- **Variations** : L'intensité de la couleur brune peut varier en fonction de l'âge de la poule (les poules plus âgées ont tendance à pondre des œufs plus clairs car la même quantité de pigment est répartie sur une surface d'œuf plus grande), du stress, ou de certaines maladies virales (comme la bronchite infectieuse) qui affectent l'utérus (**Roberts, 2004**).

#### 3.2. La forme

L'œuf présente une forme asymétrique caractéristique, dite "ovoïde", avec un pôle obtus (le gros bout) et un pôle aigu (le petit bout). Cette forme n'est pas aléatoire ; elle est le résultat

des pressions musculaires exercées par les parois de l'isthme et de l'utérus sur la masse de l'œuf (albumen et vitellus) entourée de ses membranes coquillières, juste avant le début de la calcification (Narushin, 2005).

- **L'indice de forme** : En aviculture et en recherche, la forme de l'œuf est mathématiquement quantifiée par l'"indice de forme" (Shape Index), qui correspond au rapport entre la largeur (diamètre maximum) et la longueur de l'œuf, multiplié par 100.
  - Indice de forme =  $(\text{Largeur} / \text{Longueur}) \times 100$ .
  - Un œuf standard a un indice de forme d'environ 74. Les œufs ayant un indice inférieur à 72 sont considérés comme allongés, tandis que ceux ayant un indice supérieur à 76 sont considérés comme arrondis (Anderson *et al.*, 2004).
- **Importance fonctionnelle et industrielle** : D'un point de vue mécanique, la forme ovoïde confère à la coquille une voûte naturelle qui lui offre une résistance exceptionnelle à l'écrasement, protégeant ainsi l'embryon. Sur le plan industriel, une forme standard est cruciale : des œufs trop longs ou trop ronds posent des problèmes lors du calibrage automatique et sont plus susceptibles de se briser dans les alvéoles de conditionnement standardisées (Bain, 2005).

### 3.3. Les dimensions

Les dimensions linéaires de l'œuf sont intimement liées à sa forme et à son poids. Pour un œuf de poule moyen (environ 60 grammes), les dimensions standards se situent généralement dans les plages suivantes :

- **Longueur (axe longitudinal)** : Varie entre 55 mm et 60 mm.
- **Largeur (diamètre équatorial)** : Varie entre 40 mm et 45 mm.

Ces dimensions tendent à augmenter proportionnellement avec l'âge de la poule pondeuse. L'augmentation du volume de l'albumen et du vitellus au fil du cycle de ponte entraîne un étirement des membranes avant la minéralisation, ce qui donne des œufs de plus en plus grands (Nau *et al.*, 2010).

### 3.4. Le poids

Le poids est le critère commercial de base. C'est une caractéristique quantitative majeure qui détermine la rentabilité économique d'un élevage. Le poids moyen d'un œuf de poule de consommation est d'environ **60 grammes**.

- **Répartition pondérale** : Ce poids global est réparti de manière relativement stable entre les trois constituants principaux (**Stadelman & Cotterill, 1995**) :
  - L'albumen (blanc) représente environ 58 à 60 % du poids (soit ~35 g).
  - Le vitellus (jaune) représente environ 30 à 32 % du poids (soit ~18 g).
  - La coquille représente environ 9 à 11 % du poids (soit ~6 à 7 g).
- **Facteurs de variation** : Le poids de l'œuf est soumis à de multiples influences :
  - *La génétique* : Les souches modernes de poules pondeuses sont sélectionnées pour produire des œufs d'un poids optimal et constant.
  - *L'âge de la poule* : C'est le facteur de variation le plus important. Une poulette (jeune poule) commence par pondre de petits œufs (45-50 g). Le poids augmente rapidement durant les premiers mois de ponte pour se stabiliser, puis continue d'augmenter légèrement jusqu'à la fin de la carrière de l'animal (**Leeson & Summers, 2005**).
  - *L'alimentation* : L'apport en protéines (notamment les acides aminés soufrés comme la méthionine) et en acides gras essentiels (acide linoléique) influence directement le développement du vitellus et de l'albumen, et donc le poids final de l'œuf.

### 3.5. La densité (ou poids spécifique)

La densité de l'œuf entier est une mesure physique extrêmement importante en technologie des œufs, car elle est un indicateur non destructif à la fois de la **qualité de la coquille** (son épaisseur et sa porosité) et de la **fraîcheur de l'œuf** (**Hamilton, 1982**).

- **Évaluation de la fraîcheur** : À la ponte, un œuf est très dense. Sa densité spécifique est supérieure à celle de l'eau (environ **1,080 à 1,090 g/cm<sup>3</sup>**), ce qui explique qu'un œuf ultra-frais coule immédiatement s'il est plongé dans un récipient d'eau. Au fur et à mesure du stockage, l'eau s'évapore à travers les pores de la coquille et le volume de la chambre à air augmente. L'œuf s'allège sans perdre de son volume externe, ce qui fait chuter sa densité globale. Un vieil œuf aura une densité inférieure à 1 g/cm<sup>3</sup> et flottera à la surface de l'eau.

- **Méthodes de mesure** : En laboratoire ou dans l'industrie, la densité n'est pas simplement mesurée par immersion dans l'eau pure. On utilise couramment le "test de flottaison" dans des bains de solutions salines (NaCl) de concentrations croissantes (et donc de densités spécifiques connues, allant par exemple de 1,060 à 1,100). La densité de l'œuf correspond à la densité de la solution dans laquelle il reste en suspension (ni ne coule, ni ne flotte). Cette méthode permet d'estimer indirectement, mais avec une grande fiabilité, la quantité de coquille et sa solidité (**Roberts, 2004**).

#### 4. Composition chimique et valeur nutritionnelle de l'œuf

L'œuf de poule est universellement reconnu comme l'un des aliments les plus denses sur le plan nutritionnel. Sa composition chimique est conçue par la nature pour fournir l'intégralité des éléments nécessaires à la création d'un organisme vivant complexe (le poussin), ce qui en fait une matrice alimentaire d'une richesse exceptionnelle pour l'homme. Il apporte une quantité importante de macro et micronutriments hautement biodisponibles, pour un apport calorique modéré (environ 70 à 75 kcal pour un œuf de 60 g) (**Nys & Sauveur, 2004**).

##### 4.1. Composition chimique globale

La composition de l'œuf entier (sans la coquille) est caractérisée par une forte teneur en eau, suivie des protéines et des lipides. Les glucides n'y sont présents qu'à l'état de traces. Cette composition varie considérablement selon que l'on analyse l'albumen ou le vitellus (**Anton, 2013**).

- **Eau** : L'œuf entier contient environ 74 à 76 % d'eau. L'albumen est la partie la plus aqueuse (environ 88 %), tandis que le vitellus contient environ 48 % d'eau.
- **Protéines** : Elles représentent environ 12 à 13 % du poids de l'œuf entier décoquillé. Elles se répartissent de manière presque égale entre le blanc et le jaune.
- **Lipides** : Ils constituent environ 10 à 11 % de l'œuf entier, mais ils sont **exclusivement localisés dans le vitellus** (qui en contient environ 32 à 34 %). L'albumen en est totalement dépourvu.
- **Glucides** : L'œuf est un aliment très pauvre en glucides (moins de 1 %), présents principalement sous forme de glucose libre dans le blanc.
- **Minéraux (Cendres)** : Ils représentent environ 1 % de la partie comestible.

#### 4.2. Les protéines : La référence nutritionnelle absolue

Les protéines de l'œuf sont considérées par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) comme la protéine de référence pour l'évaluation de la qualité protéique des autres aliments. Elles possèdent une "Valeur Biologique" de 100, signifiant qu'elles fournissent tous les acides aminés essentiels (ceux que le corps humain ne peut synthétiser) dans des proportions parfaitement adaptées aux besoins physiologiques humains (FAO/WHO, 1991).

- **Les protéines de l'albumen** : Le blanc d'œuf contient une quarantaine de protéines différentes, majoritairement globulaires (Abeyrathne *et al.*, 2013).
  - *L'ovalbumine* (54 %) : C'est la protéine majoritaire. Elle possède d'excellentes propriétés gélifiantes et moussantes, très exploitées en industrie agroalimentaire.
  - *L'ovotransferrine ou conalbumine* (12 %) : Elle a la capacité de lier le fer, ce qui lui confère un rôle antimicrobien puissant en privant les bactéries de ce minéral essentiel à leur croissance.
  - *L'ovomucoïde* (11 %) : C'est un inhibiteur d'enzymes (protéases) et il est identifié comme l'allergène majeur de l'œuf.
  - *Le lysozyme* (3,5 %) : Une enzyme capable de détruire la paroi cellulaire de certaines bactéries (Gram positif). Il est extrait industriellement pour être utilisé comme conservateur naturel (E1105) dans les fromages ou les vins.
- **Les protéines du vitellus** : Elles sont majoritairement associées aux lipides sous forme de lipoprotéines (LDL et HDL) qui confèrent au jaune ses formidables propriétés émulsifiantes (utilisées pour la mayonnaise). On y trouve également la *phosvitine*, une protéine fortement phosphorylée qui lie le fer et le calcium du jaune (Anton, 2013).

#### 4.3. Les lipides : Profil en acides gras et cholestérol

Les lipides, concentrés dans le vitellus, fournissent la majorité de l'énergie de l'œuf. Leur composition est particulièrement intéressante :

- **Les triglycérides (environ 65 % des lipides)** : Ils constituent la réserve énergétique. Le profil en acides gras de l'œuf est très favorable sur le plan cardiovasculaire : il est riche en acides gras mono-insaturés (environ 45 %, principalement l'acide oléique, comme dans l'huile d'olive) et contient une bonne proportion d'acides gras poly-insaturés (acide linoléique). De plus, ce profil peut être facilement modifié par l'alimentation de la poule

(par exemple, des poules nourries aux graines de lin produiront des œufs enrichis en oméga-3) (Fraeye *et al.*, 2012).

- **Les phospholipides (environ 30 % des lipides) :** Le jaune d'œuf est l'une des meilleures sources alimentaires de phosphatidylcholine (communément appelée lécithine). La choline est un nutriment essentiel pour le développement cérébral, la fonction hépatique et la transmission nerveuse (Zeisel & da Costa, 2009).
- **Le cholestérol (environ 5 % des lipides) :** Un œuf moyen apporte environ 200 mg de cholestérol. Historiquement accusé d'augmenter le risque cardiovasculaire, des décennies de recherches épidémiologiques ont démontré que le cholestérol alimentaire (celui de l'œuf) a un impact minime sur le cholestérol sanguin chez la majorité des individus sains, la génétique et les acides gras saturés jouant un rôle beaucoup plus déterminant (Hu *et al.*, 1999).

#### 4.4. Les micronutriments : Vitamines, minéraux et antioxydants

L'œuf est un véritable cocktail de micronutriments, à la seule exception de la vitamine C qui y est totalement absente.

- **Vitamines :** Le vitellus est le compartiment le plus riche. Il concentre les vitamines liposolubles (A, D, E, K). L'œuf est d'ailleurs l'une des rares sources alimentaires naturelles de vitamine D. Le blanc et le jaune sont d'excellentes sources de vitamines du groupe B, particulièrement la B12 (cobalamine), la B2 (riboflavine) et la B9 (acide folique) (Nys & Sauveur, 2004).
- **Minéraux :** L'œuf apporte des quantités significatives de phosphore (essentiel pour la santé osseuse), de sélénium (un antioxydant puissant), de zinc et d'iode. Bien qu'il contienne du fer, sa biodisponibilité est en partie réduite par sa liaison avec la phosvitine du jaune et l'ovotransferrine du blanc.
- **Pigments antioxydants :** La couleur jaune/orange du vitellus est due à la présence de caroténoïdes, principalement la **lutéine** et la **zéaxanthine**. Ces deux pigments s'accumulent spécifiquement dans la rétine humaine et sont scientifiquement reconnus pour leur rôle protecteur contre la Dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) et la cataracte (Handelman *et al.*, 1999).

---

## Chapitre 03 : Qualités des œufs

### 1. Notion générale de la qualité des œufs

Dans le domaine de l'aviculture et des sciences alimentaires, la notion de "qualité" appliquée à l'œuf revêt un caractère particulièrement complexe et multidimensionnel. En effet, il n'existe pas une seule définition universelle de la qualité de l'œuf, car celle-ci varie considérablement en fonction des intérêts spécifiques et des attentes de l'utilisateur final, qu'il soit consommateur, producteur, industriel de transformation ou accoureur (**Gendron & Blentz, 1970**).

De manière générale, l'œuf est considéré comme un produit biologique hautement élaboré, dont l'anatomie et la composition sont soumises à un contrôle physiologique rigoureux lors de sa formation dans le tractus génital de la poule (**Sauveur, 1988 ; Nys, 2010**). L'appréciation globale de sa qualité peut être subdivisée selon les perspectives suivantes :

#### 1.1. La perspective du consommateur

Pour le consommateur, la qualité de l'œuf est d'abord perçue à travers des critères d'acceptabilité visuelle et sensorielle. Le choix s'oriente souvent vers le poids de l'œuf, la propreté, l'intégrité de la coquille, ainsi que la coloration du jaune (**Beaumont, 2010**). Au-delà de l'aspect esthétique, la valeur nutritionnelle est un critère de choix fondamental. L'œuf de consommation est reconnu comme un véritable concentré de nutriments ; il constitue une source de protéines de très haute qualité (contenant tous les acides aminés essentiels), de lipides facilement assimilables, et d'une multitude de vitamines et de minéraux (**Sow, 2008 ; Tolik et al., 2014**). Enfin, la qualité sanitaire (notamment l'absence de germes pathogènes comme *Salmonella* ou de résidus médicamenteux) et la fraîcheur constituent des exigences absolues pour garantir la sécurité alimentaire.

#### 1.2. La perspective du producteur et de l'accoureur

Pour l'éleveur, la notion de qualité est intrinsèquement liée à la rentabilité économique de son exploitation. Son attention porte prioritairement sur le calibre moyen des œufs, le maintien du taux de ponte, et surtout la solidité de la coquille. Une coquille résistante est cruciale pour minimiser le taux de déclassement et les pertes économiques causées par les fêlures ou la casse lors du ramassage, du tri et du transport (**Romanoff & Romanoff, 1949**).

Pour l'accoureur (production de poussins), la qualité se définit par des caractéristiques garantissant un bon développement embryonnaire et un taux d'éclosion optimal : une porosité adéquate de la coquille pour assurer les échanges gazeux, un poids adéquat et une charge microbienne minimale (**Sauveur, 1988**).

### **1.3.La perspective de l'industrie agroalimentaire**

L'industrie de transformation (production d'ovoproduits liquides ou en poudre pour la pâtisserie, biscuiterie, etc.) s'intéresse principalement aux propriétés physico-chimiques et fonctionnelles de l'œuf. La notion de qualité se traduit ici par le rendement au cassage (le ratio de proportion entre le blanc, le jaune et la coquille), la facilité de séparation physique du blanc et du jaune, ainsi que les aptitudes technologiques spécifiques telles que le pouvoir moussant (foisonnement) de l'albumen et le pouvoir émulsifiant du vitellus (**Nau et al., 2010**).

En synthèse, pour évaluer scientifiquement et objectivement les aptitudes de ce produit aux multiples facettes, la communauté scientifique et les normes de classification ont convenu de scinder l'étude de la qualité de l'œuf en deux grandes catégories mesurables : la qualité externe (qui englobe les paramètres physiques de la coquille) et la qualité interne (qui évalue l'état de l'albumen et du vitellus) (**Roberts, 2004**).

## **2. Qualité externe**

La qualité externe de l'œuf repose fondamentalement sur les caractéristiques de sa coquille. Cette structure minéralisée complexe joue un rôle primordial de barrière physique et biologique. Elle protège le contenu de l'œuf contre les chocs mécaniques lors de la ponte, du ramassage et du conditionnement, tout en empêchant la pénétration des micro-organismes pathogènes (**Nys et al., 2004**). Sur le plan économique, la qualité de la coquille est un enjeu majeur pour l'industrie avicole, car les œufs fêlés ou cassés représentent une perte financière considérable et un risque sanitaire accru (**Mertens et al., 2006**).

### **2.1.Aspect et résistance de la coquille**

L'évaluation de la coquille se fait principalement à travers son aspect visuel et ses propriétés biomécaniques :

- **L'aspect visuel (Couleur, lissage et propreté) :** L'aspect de la coquille est le premier critère de choix pour le consommateur. La couleur de la coquille (blanche, brune, etc.) est déterminée génétiquement par la race de la poule et résulte du dépôt de pigments

(comme la protoporphyrine pour les œufs bruns) dans les couches externes de la coquille durant les dernières heures de sa formation dans l'utérus (**Samiullah et al., 2015**). Une coquille de haute qualité doit présenter une surface lisse, uniforme et exempte de salissures (fientes, sang, terre), car la présence de matières organiques favorise la prolifération bactérienne (**Bain, 2005**).

- **La résistance mécanique (Solidité) :** La résistance de la coquille à la rupture est essentielle pour supporter les contraintes physiques du conditionnement et du transport. Cette solidité ne dépend pas uniquement de l'épaisseur de la coquille (qui varie généralement entre 0,3 et 0,4 mm), mais surtout de son ultrastructure, de sa densité et de l'organisation de ses cristaux de carbonate de calcium (calcite) (**Roberts, 2004**). La forme de l'œuf (idéalement ovoïde) contribue également à une meilleure répartition des forces mécaniques, augmentant ainsi sa résistance à la compression (**Hunton, 2005**).

## 2.2. Propriétés et défauts

La coquille possède des propriétés fonctionnelles spécifiques, mais elle peut également présenter diverses anomalies affectant la qualité globale de l'œuf.

- **Propriétés structurelles et fonctionnelles :**
  - *La porosité :* La coquille est traversée par des milliers de minuscules pores (entre 7 000 et 17 000 par œuf) qui permettent les échanges gazeux (oxygène, dioxyde de carbone) et la perte en eau, indispensables au développement de l'embryon (**Board & Tranter, 1995**).
  - *La cuticule :* C'est une fine pellicule protéique invisible qui recouvre la coquille à l'état frais. Elle obstrue partiellement les pores, limitant ainsi l'évaporation excessive de l'eau (préservation de la fraîcheur interne) et agissant comme une barrière chimique et physique contre la pénétration des bactéries, notamment *Salmonella enteritidis* (**Rodriguez-Navarro et al., 2013**).
- **Défauts et anomalies de la coquille :** Les défauts de la coquille sont variés et peuvent avoir des origines génétiques, nutritionnelles, pathologiques ou environnementales (**Coutts & Wilson, 2007**). On distingue plusieurs types d'anomalies :
  - *Défauts d'intégrité (Fêlures et cassures) :* Il peut s'agir de fêlures franches (visibles) ou de micro-fêlures (fêlures capillaires ou étoilées, détectables uniquement par mirage). Elles compromettent gravement la sécurité sanitaire de l'œuf.

- *Défauts de calcification* : Les "œufs sans coquille" ou à "coquille molle" surviennent souvent lors d'une carence sévère en calcium, en phosphore ou en vitamine D3, ou suite à une maladie infectieuse comme la bronchite infectieuse (**Ketta & Tumová, 2016**).
- *Défauts de texture et de forme* : On observe parfois des coquilles rugueuses (texture de "papier de verre"), des œufs plissés, des dépôts calcaires anormaux (boutons calcaires), ou des œufs asymétriques. Ces défauts, souvent liés à l'âge avancé de la poule ou à un stress physiologique, déclassent systématiquement l'œuf pour la vente en coquille (**Kemps et al., 2006**).

### 3. Qualité interne

La qualité interne de l'œuf est un critère déterminant pour son acceptabilité par le consommateur et son utilisation dans l'industrie agroalimentaire. Elle englobe les caractéristiques rhéologiques, physico-chimiques et organoleptiques du blanc (albumen) et du jaune (vitellus). Contrairement à la qualité externe, la qualité interne n'est pas statique : elle est maximale au moment de la ponte et subit une détérioration inéluctable et progressive au fil du temps (**Stadelman & Cotterill, 1995 ; Roberts, 2004**).

#### 3.1. Fraîcheur

La fraîcheur est le paramètre fondamental de la qualité interne. Le vieillissement de l'œuf se traduit par une série de modifications physico-chimiques complexes. Immédiatement après la ponte, l'œuf perd du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de l'eau à travers les pores de la coquille. Cette perte hydrique entraîne une augmentation progressive du volume de la chambre à air, dont la hauteur est un indicateur légal et commercial de fraîcheur (**Kemps et al., 2010**).

Parallèlement, la perte en CO<sub>2</sub> provoque une alcalinisation de l'albumen (le pH passe d'environ 7,6 à l'état frais jusqu'à 9,2 avec le temps). Cette hausse du pH déstabilise le complexe protéique ovomucine-lysozyme, entraînant la liquéfaction (ou fluidification) du blanc épais, qui perd alors sa texture gélatineuse (**Stevens, 1991**). De plus, par phénomène d'osmose, l'eau migre de l'albumen vers le vitellus, ce qui distend et fragilise la membrane vitelline. Le jaune devient ainsi plus plat, plus volumineux et se rompt très facilement lors du cassage (**Jones & Musgrove, 2005**).

### 3.2. Indice de jaune et d'albumen

Pour quantifier objectivement la dégradation physique des constituants internes, les chercheurs s'appuient sur des indices biométriques spécifiques :

- **L'indice de jaune (Indice vitellin) :** Développé initialement par **Funk (1948)**, cet indice est défini comme le rapport entre la hauteur du jaune et son diamètre moyen. Un œuf extra-frais présente un jaune bien bombé et ferme avec un indice généralement compris entre 0,40 et 0,45. Au fur et à mesure que l'œuf vieillit et que l'eau pénètre dans le jaune, ce dernier s'étale et l'indice diminue significativement (**Obanu & Mpiéri, 1984**).
- **L'indice d'albumen :** Proposé par **Heiman & Carver (1936)**, il est calculé en divisant la hauteur du blanc épais par la moyenne de ses diamètres (longueur et largeur mesurées à la base). Un albumen de haute qualité, bien structuré, restera fermement concentré autour du jaune, donnant un indice élevé (généralement entre 0,09 et 0,12 pour un œuf très frais).

### 3.3. Unités de mesure du jaune et de l'albumen

L'évaluation précise de ces indices nécessite des mesures physiques rigoureuses, généralement exprimées en millimètres (mm). La procédure standardisée implique de peser l'œuf, puis de le casser délicatement sur une surface plane (une plaque de verre ou un miroir) et d'utiliser des instruments de métrologie de précision, tels qu'un micromètre à trépied ou un sphéromètre (**Silversides & Villeneuve, 1994**). On mesure ainsi la hauteur maximale du jaune en son centre (sans percer la membrane vitelline) et la hauteur du blanc épais à une distance standardisée (souvent 1 cm) du bord externe du jaune (**Akyurek & Okur, 2009**). Ces valeurs brutes (unités de mesure) constituent la base mathématique de tous les calculs de la qualité interne.

### 3.4. Unité de Haugh

L'Unité de Haugh (UH ou HU en anglais) est reconnue mondialement comme la méthode de référence et le standard industriel pour exprimer la qualité de l'albumen et, par extension, la fraîcheur globale de l'œuf. Introduite par Raymond Haugh en 1937, cette mesure intègre une correction mathématique qui met en relation la hauteur du blanc épais avec le poids total de l'œuf (**Haugh, 1937**).

La formule logarithmique de l'Unité de Haugh s'écrit de la manière suivante :

$$HU=100\log_{10} (h-1.7w^{0.37} +7.6)$$

Où :

**HU** : Unité de Haugh

**h** : Hauteur observée du blanc épais (en mm)

**w** : Poids de l'œuf (en grammes)

L'échelle des unités de Haugh permet de classer les œufs selon des standards internationaux stricts (comme ceux de l'**USDA, 2000**) : un œuf de qualité exceptionnelle (Catégorie AA) présente une valeur supérieure à 72 UH. Les œufs de bonne qualité (Catégorie A) se situent entre 60 et 72 UH, tandis que les valeurs inférieures à 60 UH indiquent une qualité dégradée (Catégorie B, caractérisée par un blanc très liquéfié, et souvent destinée à l'industrie des ovoproduits) (**Williams, 1992**).

#### **4. Facteurs influençant la qualité des œufs**

La qualité de l'œuf, tant externe qu'interne, n'est pas un paramètre constant. Elle est le résultat d'une interaction complexe entre le potentiel génétique de l'oiseau et une multitude de facteurs environnementaux, nutritionnels et physiologiques. La maîtrise de ces facteurs est essentielle pour les éleveurs afin de garantir un produit répondant aux exigences strictes du marché et de l'industrie agroalimentaire (**Roberts, 2004**).

##### **4.1. Alimentation**

La nutrition de la poule pondeuse est le levier le plus direct et le plus efficace pour moduler la composition et la qualité de l'œuf. Les carences ou les déséquilibres alimentaires se répercutent rapidement sur la production :

- **Qualité de la coquille** : La formation d'une coquille solide exige un apport massif et quotidien en calcium (environ 2 à 2,5 grammes de calcium sont exportés par œuf). L'équilibre entre le calcium, le phosphore et la vitamine D3 (indispensable à l'absorption intestinale du calcium) dans la ration est crucial (**Bar, 2001**). Une granulométrie adaptée du calcium (particules grossières) permet une assimilation plus lente et continue, particulièrement bénéfique pendant la nuit lors de la calcification de la coquille (**Travel et al., 2011**).

- **Poids de l'œuf et qualité de l'albumen** : Le taux de protéines brutes, et plus spécifiquement la concentration en acides aminés soufrés (comme la méthionine et la lysine), influence directement le poids de l'œuf et le volume de l'albumen (**Safaa et al., 2008**). L'acide linoléique, un acide gras essentiel, joue également un rôle clé dans la taille de l'œuf.
- **Couleur du vitellus** : La coloration du jaune est entièrement dépendante des pigments ingérés par la poule, celle-ci ne pouvant pas les synthétiser. L'incorporation de matières premières riches en xanthophylles et en caroténoïdes (comme le maïs, la farine de luzerne, ou des extraits de tagète) permet d'obtenir la coloration dorée ou orangée recherchée par les consommateurs (**Leeson & Caston, 2004**).

#### 4.2. Conduite de l'élevage

Le système de logement et les conditions environnementales influencent significativement le comportement de la poule et, par conséquent, la qualité de ses œufs :

- **Systèmes d'élevage** : Les œufs issus de poules élevées en plein air ou au sol présentent souvent un risque plus élevé de salissures (contamination microbienne) par rapport aux systèmes en cages aménagées, nécessitant une gestion rigoureuse de la litière et des pondoires (**Samiullah et al., 2015**). Cependant, les systèmes alternatifs répondent mieux aux attentes en matière de bien-être animal.
- **Environnement et stress thermique** : La température ambiante est un facteur critique. En cas de stress thermique (températures supérieures à 30°C), la poule halète pour se refroidir (alcalose respiratoire), ce qui diminue le taux de dioxyde de carbone sanguin et limite la disponibilité des ions carbonates nécessaires à la formation de la coquille. De plus, la consommation d'aliment chute, entraînant une diminution du poids des œufs et une fragilisation extrême des coquilles (**Mashaly et al., 2004**).

#### 4.3. Âge et santé des poules

- **L'âge de l'oiseau** : Le vieillissement de la poule a des effets antagonistes sur la qualité. Au fur et à mesure que la poule vieillit, le poids de l'œuf augmente. Cependant, la quantité de carbonate de calcium déposée reste relativement constante. Par conséquent, cette même quantité de minéraux doit recouvrir une surface plus grande, ce qui rend les coquilles des vieilles poules (après 60 semaines d'âge) significativement plus fines, poreuses et fragiles (**Travel et al., 2011**). Sur le plan de la qualité interne, l'âge affecte

négativement l'intégrité de l'albumen, se traduisant par une baisse naturelle des Unités de Haugh (**Silversides & Scott, 2001**).

- **L'état sanitaire** : La santé du tractus génital est primordiale. Plusieurs pathologies aviaires affectent gravement la qualité de l'œuf. Le virus de la bronchite infectieuse (IBV) et la maladie de Newcastle (NDV) altèrent les cellules de l'oviducte, provoquant la ponte d'œufs décolorés, déformés (coquilles plissées ou absentes) et caractérisés par un albumen extrêmement liquide, ressemblant à de l'eau (**Coutts & Wilson, 2007**).

#### 4.4. Conditions de stockage

La détérioration de la qualité interne de l'œuf commence dès le moment de l'oviposition. Le maintien de cette qualité dépend exclusivement des paramètres de conservation post-ponte :

- **Température et hygrométrie** : La température est le facteur le plus influent. Un stockage à température ambiante élevée accélère drastiquement les échanges gazeux (perte de CO<sub>2</sub> et d'eau) provoquant une augmentation rapide du pH de l'albumen, la liquéfaction du blanc épais et la chute vertigineuse des Unités de Haugh (**Samli et al., 2005**).
- **Optimisation de la conservation** : Pour ralentir le vieillissement physico-chimique et limiter l'agrandissement de la chambre à air, il est scientifiquement recommandé de stocker les œufs dans un environnement frais (idéalement entre 12°C et 15°C) avec une humidité relative maintenue entre 70 % et 80 % (**Jin et al., 2011**). Un tel conditionnement garantit une durée de conservation optimale tout en préservant les propriétés technologiques et organoleptiques de l'œuf.

***DEUXIEME PARTIE***

***MATERIEL ET METHODES***

### 3 . Matériel et méthodes

#### 3.1. Objectif de l'étude

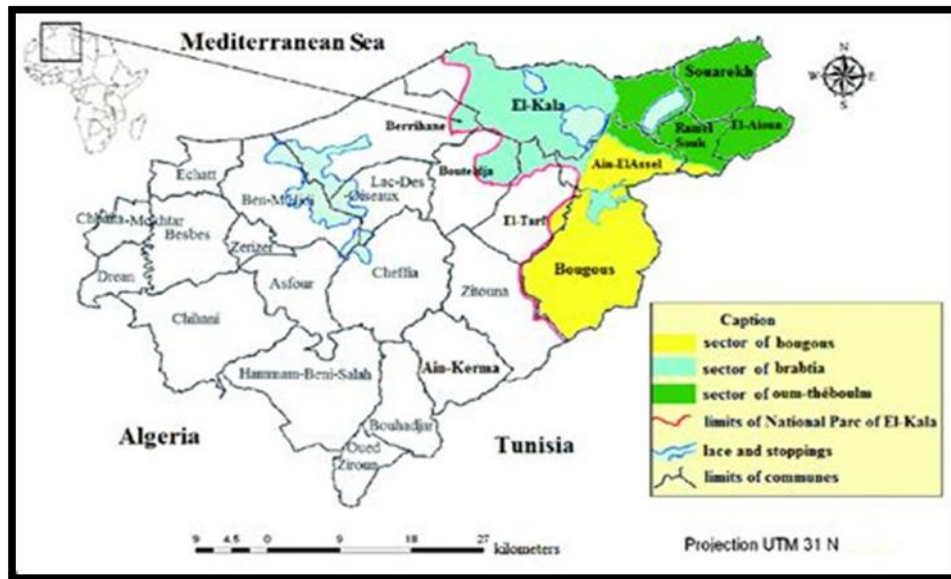
Cette étude vise à analyser la qualité physico-chimique des œufs de consommation issus de diverses espèces avicoles commercialisées dans la wilaya d'El Tarf (Algérie). Elle s'attache plus particulièrement à évaluer la variabilité de leurs paramètres physiques et chimiques : poids, dimensions, taux de matière sèche, minérale et organique.

Cette démarche s'inscrit dans la suite d'une enquête de terrain préalablement menée sur les marchés formels et informels de la région, dont l'objectif était d'identifier les espèces avicoles qui approvisionnent ces circuits de distribution et de recueillir des informations sur leurs modes d'élevage et leurs conditions de commercialisation.

#### 3.2. Présentation des zones d'étude

##### 3.2.1. Situation géographique et organisation administrative

- **Localisation et importance** : La wilaya d'El Tarf bénéficie d'une position stratégique majeure à l'extrême nord-est de l'Algérie, constituant un point de passage essentiel entre la mer Méditerranée, la région tellienne et les frontières tunisiennes (Cote, 1996). Elle se distingue par sa nature diversifiée et son climat humide, et bien qu'influencée par la ville d'Annaba, elle conserve son caractère rural et écologique propre (Dubois, 2003). Sur le plan astronomique, la wilaya se situe dans le domaine bioclimatique méditerranéen humide (Seltzer, 1946 ; ONM, 2021), et ses coordonnées géographiques ont été définies avec précision par l'Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT, 2020).
- **Superficie et population** : Sa superficie s'élève à environ 2 891,75 km<sup>2</sup> (ONS, RGPH 2008). Malgré sa modeste étendue, elle est extrêmement riche en ressources naturelles (DGF, 2020). 60 % de la population et des activités économiques se concentrent dans les plaines du nord (30 % du territoire), tandis que les régions montagneuses du sud et de l'est se caractérisent par une faible densité de population et un couvert forestier dense (Wilaya d'El Tarf, 2021).



**Figure 03 :** Carte Administrative de la Wilaya montrant les limites communales (Bentouili, 2007)

### 3.2.2. Caractéristiques topographiques

Le relief de la wilaya est très diversifié et comprend :

- **Les reliefs montagneux :** Concentrés au sud et à l'est (Monts de la Medjerda et de Kroumirie), ils se caractérisent par des pentes abruptes et des formations gréseuses fragiles entraînant de fréquents glissements de terrain (Marre, 1992).
- **Les cordons dunaires (littoral d'El Kala) :** Représentent une zone de transition comprenant des dunes anciennes fixées par les forêts et des dunes blanches mobiles sur la côte.
- **Les plaines et dépressions :** Les plaines de la Mafragh et de la Bounamoussa sont des zones très basses et plates, ce qui les rend vulnérables aux inondations et les transforme en lacs temporaires lors des fortes pluies (Ghosn, 2011).
- **Les systèmes lacustres :** Comprennent des zones basses qui peuvent se situer sous le niveau de la mer (comme le lac Mellah) ou se présenter sous forme de cuvettes endoréiques (comme les lacs Oubeira et Tonga).
- **L'impact du relief sur les précipitations :** Les montagnes agissent comme une barrière, entraînant une augmentation des taux de précipitations sur les sommets par rapport aux zones côtières (Sari, 1995).

### 3.2.3. Caractéristiques édaphiques (Sols)

Les sols de la wilaya se forment grâce à une interaction complexe entre un climat très humide, le couvert végétal et la diversité géologique (**Direction du PNEK, 2005**). Ils se divisent en :

- **Les sols sablonneux** : Présents sur le littoral, ils sont pauvres en matière organique, à l'exception des dunes rouges qui retiennent l'eau et supportent les subéraies (forêts de chêne-liège).
- **Les sols hydromorphes** : Situés près des lacs et dans les plaines, ils se caractérisent par une forte proportion d'argiles et de limons, ce qui rend leur exploitation agricole très difficile (**BNEDER, 2005**).
- **Les sols forestiers et de montagne** : Ce sont des sols profonds et acides, riches en humus, qui soutiennent grandement les forêts, mais restent fragiles et sujets à l'érosion.

### 3.2.4. Caractéristiques hydrologiques

- **Les ressources en eau** : El Tarf est considérée comme le "château d'eau" de l'Algérie grâce à ses pluies abondantes. Les oueds se caractérisent par un ruissellement de surface fort et rapide en raison de la nature des sols et des roches montagneuses (**Kherici, 1993**).
- **Les eaux souterraines** : La wilaya renferme des nappes superficielles sableuses (vulnérables à la pollution) et des aquifères rocheux profonds offrant une eau pure et durable.
- **Les risques hydrologiques** : Le risque d'inondation constitue le défi majeur dans les plaines en raison de leur topographie basse et de la saturation rapide des sols (**Ghosn, 2011**), auquel s'ajoute le problème de l'envasement des barrages (comme le barrage de Cheffia) dû à l'érosion des sols montagneux.

### 3.2.5. Caractéristiques climatiques

Le climat de la région est méditerranéen subhumide à humide :

- **Températures et précipitations** : Les températures sont modérées sur la côte et plus contrastées à l'intérieur des terres (**ONM, 2020**). Les précipitations varient entre 700 mm sur le littoral et dépassent 1 200 mm en montagne (**Sari, 1995**).
- **Saisons de sécheresse et d'humidité** : La saison sèche estivale s'étend sur environ 3 à 4 mois, ce qui augmente le risque d'incendies de forêt (**Cote, 2006**). En revanche,

l'humidité relative de l'air reste élevée tout au long de l'année grâce à l'influence de la mer et des lacs, créant un microclimat bénéfique pour le couvert végétal (Marre, 1992).

### 3.2.6. Couvert végétal et biodiversité

La wilaya (en particulier le Parc National d'El Kala) est considérée comme un réservoir exceptionnel de biodiversité. Les forêts de chêne-liège et de chêne-zéen dominant les hauteurs (Djebaili, 1990), tandis que les forêts décidues et les denses roselières se développent dans les zones humides, formant un écosystème très rare en Afrique du Nord (Ghosn, 2011).

### 3.2.7. Activités agricoles et pastorales

L'activité économique rurale repose principalement sur l'agriculture :

- **Cultures et élevage :** Les plaines sont réputées pour la culture de la tomate industrielle, et les zones sablonneuses se distinguent par la culture de la pastèque et de l'arachide. L'élevage bovin et l'apiculture sont également très présents grâce à la grande diversité florale de la région (Bouasla, 2012).
- **Systèmes de production :** Ils se divisent en un système intensif dans les plaines (reposant sur la mécanisation, l'irrigation et les intrants chimiques) et un système traditionnel sylvopastoral en montagne. Ce dernier peut entraver la régénération naturelle des forêts s'il n'y a pas de contrôle strict du surpâturage (Sari, 1995).

## 3.3. Matériel

### 3.3.1 Matériel biologique (œufs)

L'enquête préalable menée sur les marchés formels et informels de la wilaya d'El Tarf a permis d'identifier quatre espèces avicoles dont les œufs sont issus des élevages familiaux traditionnels et commercialisés dans la région. Un échantillon total de 120 œufs a été constitué et analysé, réparti en quatre lots de 30 œufs chacun, correspondant chacun à une espèce.

#### A- La poule domestique, *Gallus gallus domesticus* (Linnaeus, 1758).

Trois souches ont été identifiées sur les marchés étudiés :

- Souche locale, élevée en plein air en système traditionnel ;

- Souche industrielle ISA Brown, variété mitis F1, de type hybride ;
- Souche industrielle Lohmann LSL-Classic, de couleur blanche.

L'essor de l'élevage de l'espèce *Gallus gallus* est étroitement lié au déploiement des modèles avicoles intensifs. L'adoption massive de poules hybrides a indéniablement favorisé l'offre en protéines animales et diminué les coûts de production grâce à d'excellents rendements. Néanmoins, cette transition s'est faite au détriment de l'aviculture traditionnelle rurale et a engendré une perte de diversité génétique chez les races locales, dont l'ampleur exacte reste à évaluer.

Toutefois, bien que ces souches locales affichent une productivité modeste, un fort instinct de couvaison et une ponte saisonnière, elles possèdent des atouts majeurs. Elles se distinguent par l'excellente qualité gustative de leur chair et leur grande robustesse, leur permettant de s'adapter à des conditions de logement et d'alimentation précaires. Les poules pondeuses locales jouent ainsi un rôle clé dans la valorisation des déchets ménagers et des fourrages grossiers des exploitations. Plus important encore, leur patrimoine génétique constitue une ressource fondamentale pour l'amélioration des souches commerciales, notamment pour l'adaptation aux régions caractérisées par un climat chaud (**Ferrah *et al.*, 2003**).



**Figure 04 :** La poule domestique locale (**Salhi, 2026**)

**B- La caille domestique, *Coturnix japonica* (Temminck et Schlegel, 1849).**

En Algérie, cette espèce est principalement concentrée dans les régions telliennes du nord. Elle y fait l'objet de deux modes d'exploitation : un élevage traditionnel au sol (de type basse-cour) et un système semi-intensif en batterie, s'appuyant sur une alimentation industrielle. L'essor de l'élevage intensif de la caille japonaise est étroitement lié à l'augmentation de la demande dans le secteur de la restauration, conjuguée à l'accompagnement mis en place par l'État à partir de l'année 2000 via le PNDA (Plan National de Développement Agricole). Il est par ailleurs à noter que l'introduction de cet oiseau sur le territoire algérien s'est faite depuis l'Europe (Ferrah *et al.*, 2003).



**Figure 05 :** La caille domestique en cage (Salhi, 2026)

**C- La dinde : *Meleagris gallopavo domesticus* (Linnaeus, 1758).**

Présente en Algérie à travers des populations locales, cette espèce possède de multiples atouts qui en font un excellent moyen de valoriser les terres en jachère et les parcours dans les bassins céréaliers. Elle se distingue notamment par sa grande rusticité, sa croissance rapide et un bon indice d'efficacité alimentaire. Actuellement, ces dindes locales ne survivent qu'en effectifs très limités, principalement confinées dans les élevages familiaux (basses-cours) de la région Est du pays. Sur le plan morphologique, ces oiseaux s'apparentent fortement aux dindons sauvages protégés dans les réserves d'Amérique du Nord : ils arborent une silhouette élancée et haute perchée sur patte, un corps effilé, un long cou, une petite crête associée à des barbillons imposants, ainsi qu'un instinct de couvaision très prononcé. Enfin,

ces cheptels se divisent en trois variétés phénotypiques majeures : le noir, le bronzé et le roux (Ferrah *et al.*, 2003).



**Figure 06 :** La dinde dans un élevage familiale à El Tarf (Salhi, 2026)

**D- Le canard domestique : *Anser anser domesticus* (Linnaeus, 1758).**

L'élevage des ansériformes demeure relativement marginal en Algérie. Il se cantonne essentiellement à des exploitations traditionnelles de type « basse-cour », prédominantes dans les régions humides et subhumides. Les cheptels de canards domestiques se caractérisent par un brassage de multiples phénotypes. Cette situation contraste fortement avec la grande diversité des espèces sauvages observables sur le territoire. Toutefois, une part importante de cette avifaune sauvage, largement issue des flux migratoires, est aujourd'hui fragilisée par l'assèchement des plans d'eau, l'urbanisation croissante et la pression anthropique liée à la chasse. Concernant l'oie, elle se rencontre à la fois à l'état sauvage (*Anser anser*) et domestique les lignées d'élevage affichent de nombreux phénotypes résultant de croisements très variés. Quoi qu'il en soit, face au manque de recensements exhaustifs, il reste ardu d'estimer avec précision le volume et la structure des effectifs d'ansériformes actuellement présents en Algérie (Ferrah *et al.*, 2003).



**Figure 07 :** Le canard domestique (Salhi, 2026)

Dans le cadre de cette contribution à la recherche, au total de 120 œufs provenant des espèces susmentionnées a été analysé dont la répartition est la suivante :

- 30 œufs de poule de souche locale (élevée au sol).
- 30 œufs de caille.
- 30 œufs de dinde.
- 30 œufs de canard.

### **3.4. Expérimentation**

#### **3.4.1. Matériel de laboratoire**

L'ensemble des mesures et des analyses a été réalisé au sein des laboratoires de recherche scientifique à savoir le laboratoire Agriculture et fonctionnement des écosystèmes de l'université Chadli Bendjedid d'El Tarf et le Laboratoire d'épidémio-surveillance, santé, productions et reproduction, expérimentation et thérapie cellulaire des animaux domestiques et sauvages au sein de la même institution. Ces travaux se sont déroulés sur une période s'étendant de janvier à mai 2026. Tous les résultats sont présentés en moyenne  $\pm$  Ecart type.

Pour la réalisation des différentes étapes de mesure et de dosage, les équipements suivants ont été mobilisés :

- **Pied à coulisse électronique** (précision  $\pm 0,01$  mm) : mesure de la longueur et la largeur de l'œuf, ainsi que le diamètre du jaune ;
- **Balance analytique** (précision  $\pm 0,001$  g) : pesée de l'œuf entier et de ses différents constituants (coquille, blanc, jaune) ;
- **Étuve ventilée** : détermination de la matière sèche primaire et analytique par dessiccation à 60 et  $103 \pm 2$  °C respectivement jusqu'à poids constant ;
- **Four à moufle** : calcination à  $550 \pm 25$  °C pour la détermination de la matière minérale ;
- **Broyeur électrique** : broyage et homogénéisation des échantillons avant analyse ;
- **Micromètre à vis** : mesure de l'épaisseur de la coquille (pôle aigu, pôle obtus et équateur), l'épaisseur du jaune et du blanc.

Dès leur réception au laboratoire, les œufs ont été numérotés individuellement et soumis à un traitement standardisé. L'analyse de chaque œuf a suivi la séquence suivante :

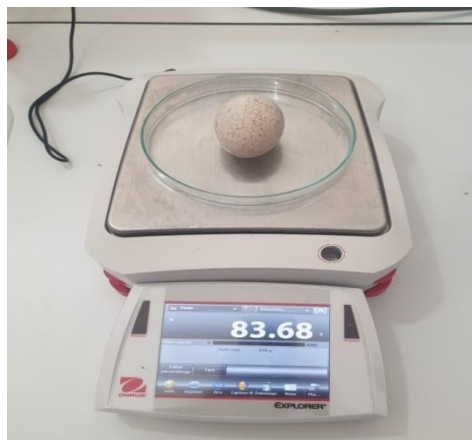
1. Mesures physiques de l'œuf entier ;
2. Cassage de l'œuf et séparation des constituants ;
3. Pesée des différentes fractions ;
4. Mesures des dimensions internes ;
5. Prélèvement des échantillons pour analyses chimiques.

### 3.4.2. Mesures physiques de l'œuf entier

L'ensemble des examens ont été systématiquement effectué sur l'ensemble des œufs de chaque espèce.

#### 3.4.2.1. Pesée de l'œuf entier

Le poids de chaque œuf entier a été déterminé par pesée directe sur la balance analytique. Le résultat est exprimé en grammes (g) (**Gloor et al., 2004**).



**Figure 08** : Mesure du poids de l'œuf (**Salhi, 2026**)

#### 3.4.2.2 Morphométries des œufs

Les dimensions ont été mesurées à l'aide du pied à coulisse électronique :

- **Longueur (L)** : distance entre les deux pôles de l'œuf, en millimètres ;
- **Largeur (l)** : diamètre maximal perpendiculaire à l'axe longitudinal, en millimètre (**Thapon & Bourgo 1999**).

- **Indice de forme** : ces mesures (longueur et largeur) ont permis de calculer l'indice de forme (IF) présent en pourcentage (%) ; selon la formule suivante :

$$IF=L/l\times 100$$

- **Volume estimé** : en utilisant les paramètres précédant ; il est présenté en  $\text{cm}^3$  et calculé selon la formule suivante :

$$V=0,6057 \times L \times l^2$$



**Figure 09** : Mesure de la longueur et la largeur de l'œuf (Salhi, 2026)

### 3.4.3. Les examens après cassage des œufs

Après cassage délicat de l'œuf sur une surface plane, les constituants internes ont été séparés et analysés :

- **Pesée des différentes fractions** : À l'aide de la balance analytique, ont été

Pesés successivement :

- Le blanc d'œuf (albumen) ;
- Le jaune d'œuf (vitellus) ;
- La coquille (après rinçage et séchage à l'étuve à  $103^{\circ}\text{C}$  pendant une nuit).
- **Mesures des dimensions interne** : À l'aide du pied à coulisse électronique et du micromètre à vis, ont été déterminés :
  - la hauteur du blanc épais ;
  - La hauteur et le diamètre du jaune ;
  - L'épaisseur de la coquille (mesurée en trois points : pôle aigu, pôle obtus et équateur).



**Figure 10 :** Mesure de diamètre vitellin et la coquille (Salhi, 2026)

- **Calcul du Ratio (blanc/jaune)**

Ensuite, le rapport entre le vitellus (jaune) et l'albumen (blanc) a été évalué en appliquant l'équation suivante :

$$\text{Ratio (blanc/jaune)} = (\text{poids du jaune/poids du blanc}) \times 100$$

Les pourcentages respectifs de l'albumen et du vitellus ont été déterminés en rapportant la masse de chaque fraction à la masse totale de l'œuf :

- **Le pourcentage (%) blanc** : calculé selon la formule suivante :

$$(\%) \text{ blanc} = (\text{poids du blanc/poids de l'œuf entier}) \times 100$$

- **Le pourcentage (%) jaune** calculé selon la formule suivante :

$$(\%) \text{ jaune} = (\text{poids du jaune/poids de l'œuf entier}) \times 100$$

- **Unité de Haugh (HU)** : cet indice est calculé selon la formule suivante :

$$\text{HU} = 100 \times \log (h - 1,7w^{0,37} + 7,57)$$

**h** : hauteur du blanc épais

**w**: poids de l'œuf

- **Indice de jaune (IJ%)** : calculé selon la formule suivante :

$$\text{IJ} = \text{hauteur} / \text{diamètre} \times 100$$

### 3.4.4 Détermination de la composition chimique des œufs

Dans cette section, les analyses de la composition chimiques que nous avons réalisées se concentrent sur la détermination de la matière sèche, la matière minérale (cendres), la

matière organique, et la matière azotée totale et cela selon les méthodes internationales. Les différents paramètres de la composition chimique des œufs sont exprimés en % MS. Les résultats sont présentés en moyenne  $\pm$ écart type.

**Tableau 01 :** Les analyses chimiques réalisés et les méthodes de dosage correspondantes

<b>Paramètre</b>	<b>Méthode</b>	<b>Référence normative</b>
<b>Matière sèche primaire</b>	Séchage à 60°C	ISO 6496:1999
<b>Matière sèche analytique</b>	Dessiccation à 103 °C	ISO 6496:1999
<b>Matière minérale</b>	Calcination à 550 °C	ISO 5984 :2002
<b>Matière Azotée totale</b>	Minéralisation + distillation et titration	AOAC 920.87 (Kjeldahl)

### 3.4.4.1 Détermination de la teneur en matière sèches

En s'appuyant sur la méthode de référence issue de la norme international ISO 6496:1999 relatives à certains produits dérivés des œufs, l'objectif est d'estimer la fraction totale de matière sèche.

Pour ce faire, une prise d'essai d'approximativement 5 g d'œuf est placée dans un creuset, puis introduite dans une étuve sous vide à une température de  $103\pm 1^\circ$  C pour une durée d'environ 5 heures, jusqu'à la stabilisation de la masse (poids constant). Cette méthode gravimétrique repose sur l'évaporation de l'eau libre et d'une partie de l'eau liée. Le pourcentage de matière sèche par rapport à la masse initiale de l'échantillon se calcule comme suit :

$$MS (\%) = M1/M0 \times 100$$

- **MS :** Proportion de matière sèche.
- **M0 :** Masse initiale de la prise d'essai (en g).
- **M1 :** Masse de l'échantillon après séchage à poids constant (en g).

### 3.4.4.2 Détermination de la teneur en matière minérale

La détermination de la matière minérale par calcination repose sur une méthode d'incinération directe de l'échantillon préalablement séché. Un échantillon de 5 g est introduit dans un creuset préalablement séché et taré, puis calciné dans un four à moufle à une température comprise entre 450 et 500° C durant 5 heures (Linden, 1981).

Le pourcentage de cendres (matière minérale) est obtenu via la relation :

$$MM (\%) = X/Y * 100$$

- **MM** : Taux de matière minérale.
- **X** : Masse de l'échantillon post-incinération (en g).
- **Y** : Masse de l'échantillon pré-incinération (en g).



Figure 11 : Opération de calcination des échantillons (Salhi, 2026)

### 3.4.4.3. Détermination de la teneur en matière organique

La matière organique correspond à la fraction combustible de l'échantillon. Cette valeur est obtenue par différence entre la proportion de matière sèche et celle des minéraux, en utilisant l'expression suivante :

$$MO (\%) = MS (\%) - MM (\%)$$

- **MO** : Matière organique.
- **MS** : Matière sèche.
- **MM** : Matière minérale.

**3.4.4.4 Détermination de la matière azotée totale (Protéines brutes)**

La méthode de Kjeldahl permet de doser l'azote total d'un échantillon organique dont les œufs. Après minéralisation sulfurique en présence d'un catalyseur, l'azote organique est transformé en sulfate d'ammonium. L'ammoniac libéré par action de la soude est distillé et recueilli dans un acide borique, puis dosé par acide chlorhydrique. Le pourcentage d'azote total (N) est d'abord calculé selon la relation suivante :

$$\%N = m (V - V_0) \times C \times 0,014 \times 100$$

**% N** : Teneur en azote total de l'échantillon.

**V** : Volume de la solution acide versé pour le titrage de l'échantillon (en mL).

**V<sub>0</sub>** : Volume de la solution acide versé pour le titrage à blanc (en mL).

**C** : Normalité (ou concentration) de la solution acide de titrage.

**0,014** : Milliéquivalent gramme de l'azote.

**M** : Masse initiale de la prise d'essai (en g).

Une fois la teneur en azote déterminée, la proportion de matière azotée totale (MAT) ou protéines brutes est obtenue en multipliant ce résultat par un facteur de conversion spécifique. Pour les œufs, ce coefficient est conventionnellement fixé à 6,25 :

$$\text{MAT (\%)} = \%N \times 6,25$$

**MAT** : Matière azotée totale (Protéines brutes).

**% N** : Teneur en azote calculée précédemment.

**6,25** : Facteur de conversion standard pour les protéines de l'œuf.



Figure 12 : Etapes de dosage de la matière azotée totale (Salhi, 2026)

***RESULTATS ET  
DISCUSSION***

## Résultats et Discussion

### 4. Résultats

#### 4.1 Résultats des examens avant cassage des œufs

##### 4.1.1 Résultats des Mensurations de l'œufs entier

Les paramètres morphométriques mesurés sur les œufs entiers de notre échantillonnage sont consignés dans le tableau ci-dessous

Tableau 02 : **Caractéristiques morphométriques externes des œufs selon les espèces étudiées**

Espèce	Poids(g)	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Indice de forme (%)	Volume estimé(cm <sup>3</sup> )
Poule	55,29 ± 6,86	55,56 ± 3,17	42,21 ± 2,22	76,09 ± 4,01	60,35 ± 9,25
Canard	64,43 ± 4,96	58,5 ± 1,83	44,47 ± 1,53	76,07 ± 3,05	70,19 ± 5,75
Dinde	78,9 ± 4,79	64,87 ± 1,4	47,41 ± 1,28	73,12 ± 2,6	165,54 ± 10,77
Caille	12,18 ± 1,53	32,6 ± 2,75	26,21 ± 1,93	80,96 ± 9,58	13,66 ± 2,57

L'analyse des paramètres morphométriques externes met en évidence une hétérogénéité interspécifique marquée, étroitement liée au gabarit et au patrimoine génétique des oiseaux (**Romanoff & Romanoff, 1949**). L'œuf de dinde affiche les valeurs maximales en matière de poids (78,9 g) et de volume (165,54 cm<sup>3</sup>), suivi par celui des canards. À l'opposé, le faible poids de l'œuf de caille (12,18± 1,53 g) reflète le petit format de cette espèce (**Panda & Singh, 1990**). Par ailleurs **Moula et al. (2014)**, déclarent que le poids moyen des œufs de caille élevées à Mila dans l'Est algérien est de 12,99±0.03g ; ce résultat réconforte le nôtre en matière des œufs de caille. Le poids moyen des œufs de poule est estimé à 55,29 ± 6,86g ; selon **Adrian et al. (2003)**, l'œuf de poule a un poids moyen approchant 60 g et peut se situer entre 45 et 70 g, il dépend des facteurs génétiques, des conditions physiologiques de la pondeuse, de l'âge, et de la lignée hybride de la poule, ce qui concordent avec nos résultats.

Concernant l'indice de forme, bien que les valeurs soient globalement proches, la caille présente un œuf tendanciellement plus sphérique (80,96 %) par rapport à la morphologie plus allongée et ovoïde de l'œuf de dinde (73,12 %). Ces caractéristiques physiques sont d'une importance capitale en aviculture, car elles dictent la conception des alvéoles et les protocoles

## Résultats et Discussion

d'incubation, influençant directement les échanges thermiques et gazeux nécessaires au développement embryonnaire (Tullett, 1990). Globalement ; le poids et la taille de l'œuf sont influencé par une série de facteur tels que les contraintes d'élevage, l'âge de la bande, l'alimentation, la conduite et la génétique. Le taux de production des œufs peut avoir aussi un impact sur la dimension des œufs (Aviagen Turkeys, 2014).

### 4.1.2. Résultats des examens après cassage des œufs

#### 4.1.2.1. Caractéristique internes des œufs selon les espèces étudiées

Les Caractéristiques internes des œufs selon les espèces étudiées met en évidence les variations de l'épaisseur, du poids et du diamètre des différents constituants de l'œuf chez les espèces étudiées.

**Tableau 03 :** Caractéristiques morphométriques internes des œufs selon les espèces étudiées

Caractéristiques	Poule	Canard	Dinde	Caille
Ep_Jn (mm)	18,79 ± 0,69	21,91 ± 0,93	19,4 ± 0,58	12,94 ± 0,84
Ep_Bl (mm)	7,01 ± 0,87	8,62 ± 0,96	7,46 ± 1	6,03 ± 1,01
Ep_Coq - Eq (mm)	0,58 ± 0,03	0,54 ± 0,04	0,64 ± 0,03	0,36 ± 0,09
Ep_Coq - Ob (mm)	0,73 ± 0,04	0,68 ± 0,06	0,74 ± 0,05	0,49 ± 0,08
Ep_Coq - aig (mm)	0,79 ± 0,04	0,78 ± 0,08	0, ± 0,06	0,79 ± 0,08
Poids_Bl (g)	28,13 ± 6,29	25,14 ± 4,15	41,2 ± 3,78	5,72 ± 1,28
Poids_Jn (g)	18,07 ± 1,87	29,4 ± 3,03	25,76 ± 1,62	3,54 ± 0,87
Diam_Jn (mm)	44,26 ± 2,6	52,27 ± 3,64	52,91 ± 1,6	24,73 ± 2,72
Poids_Coq (g)	5,23 ± 0,69	6,54 ± 0,58	7,8 ± 0,59	0,78 ± 0,38

Ep\_Jn : épaisseur jaune ; Ep\_Bl : épaisseur du blanc ; Ep\_Coq - Eq : épaisseur de la coquille à l'équateur ; Ep\_Coq - Ob : épaisseur de l'obtus ; Ep\_Coq - aig : épaisseur de l'aigu; Poids\_Bl : Poids du blanc ; Poids\_Jn : Poids du jaune ; Diam\_Jn: Diamètre du jaune ; Poids\_Coq; Poids de la coquille.

L'évaluation des structures internes confirme la suprématie pondérale des œufs de dinde et de canard, tout en révélant des stratégies d'allocation des nutriments divergentes.

## Résultats et Discussion

---

L'épaisseur de la coquille atteint maximale chez la dinde soit  $0,97 \pm 0,06$ mm et chez le canard  $0,78 \pm 0,08$ mm, contre une structure beaucoup plus fine chez la caille (0,36 à 0,79 mm). Cette variation s'explique par une adaptation biomécanique stricte : les œufs de grand format exigent une matrice calcique renforcée pour tolérer les pressions mécaniques accrues durant l'oviposition et l'incubation (**Hunton, 2005**). De plus, le canard se démarque par un poids de jaune exceptionnellement élevé (29,4 g). Cette réserve énergétique dense est typique des anatidés dont les oisillons sont nidifuges, nécessitant une autonomie motrice et thermique rapide dès l'éclosion (**Carey et al., 1980**).

La répartition moyenne du blanc, du jaune et de la coquille varie d'un œuf à l'autre et d'une espèce à une autre. Selon, le blanc ou l'albumen représente la plus importante proportion par rapport au vitellus et la coquille chez les espèces et les souches étudiées sauf pour les œufs de canard dont le poids du blanc est inférieur au jaune soit ( $25,14 \pm 4,15$  vs  $29,4 \pm 3,03$ g).

En termes de proportions des trois composants de l'œuf (coquille, jaune, blanc), les raisons pour les différences obtenues entre les espèces sont probablement multifactorielles, d'après **Gloor et al. (2004)**, la distinction entre les œufs de différentes espèces d'oiseaux repose sur le poids moyen, la texture et la couleur de la coquille ainsi que la composition de leur contenu. Selon **Thapon & Bourgeois (1994)** pour une même espèce les proportions des différents constituants varient en fonction de nombreux facteurs tels que l'âge, l'origine génétique, l'alimentation et le mode d'élevage ; ce qui explique les différences obtenues dans cette étude.

### 4.1.2.2. Mesure des ratios et des indices de qualité et de fraîcheur des œufs selon les espèces étudiées

L'analyse des indices de qualité et de fraîcheur révèle des différences notables dans la composition interne (pourcentages de blanc et de jaune) et les standards de qualité entre les œufs de poule, de canard, de dinde et de caille.

## Résultats et Discussion

**Tableau 04 :** Indices de qualité et de fraîcheur des œufs selon les espèces étudiées

Espèce	Ratio (Jn/Bl)	% Blanc	% Jaune	HU	Indice_Jn(%)	Score Roche
<b>Poule</b>	66,6 ± 13,56	51,41 ± 5,19	33,65± 4,01	85,1 ± 5,25	42,64 ± 3,65	12,7 ± 0,82
<b>Canard</b>	119,67±21,55	39,95 ± 5,82	47,1± 7,65	91,77 ± 4,87	42,64 ± 3,65	14,2 ± 0,42
<b>Dinde</b>	62,97 ± 6,59	52,23 ± 2,07	32,77± 2,19	91,77 ± 4,87	36,69 ± 1,43	12,5 ± 0,53
<b>Caille</b>	62,91± 14,73	48,69 ± 6,45	29,87± 4,11	96,99 ± 5,36	42,17 ± 4,32	12,3 ± 0,67

Jn : Jaune d'œuf (Vitellus),Bl : Blanc d'œuf (Albumen) ,Ratio (Jn/Bl) : Rapport entre la proportion du jaune et celle du blanc d'œuf, HU : Unité Haugh (Haugh Unit) ; Indice\_Jn (%) : Indice du jaune d'œuf), Score Roche : Score de coloration du jaune d'œuf.

Les indices de qualité interne apportent un éclairage précieux sur les aptitudes technologiques et nutritionnelles des œufs (**Leeson & Summers, 2005**). Le ratio Jaune/Blanc différencie nettement le canard (119,67±21,55%) des autres espèces, où la proportion de vitellus (47,1± 7,65%) dépasse celle de l'albumen en matière sèche (39,95 ± 5,82%). Cette spécificité dote l'œuf de canard d'excellentes capacités émulsifiantes, très recherchées dans l'industrie agroalimentaire et la pâtisserie (**Awosanya et al., 1998**). Chez les autres espèces, ce ratio s'établit autour de 62-66 %.

Généralement, le taux du blanc est largement supérieur au jaune ; Ces valeurs correspondent aux 60% d'albumen et de 30% de vitellus trouvées par **Nys & Sauveur (2004)** dans les œufs de poules en France. La proportion de l'albumen et du vitellus des œufs de consommation en Algérie variait respectivement de 54,8 à 62% et de 31,72 à 25,14% (**Dahloum et al., 2015**). Nos résultats concordent avec ceux de **Zita et al. (2013)** et **Moula et al. (2014)**.

L'Unité Haugh (HU), référence mondiale pour évaluer l'intégrité de l'albumen dense, montre des valeurs optimales (> 85) pour toutes les espèces, la caille enregistrant le score le plus haut (96,99 HU), garant d'une excellente fraîcheur (**Silversides & Villeneuve, 1994**).

Enfin, l'indice de coloration (Score Roche) supérieur chez le canard (14,2 ±0,42) traduit un dépôt accru des pigments caroténoïdes dans l'ovaire, tandis que l'indice du jaune

## Résultats et Discussion

(42,64 ±3,65%) confirme la robustesse et la turgescence de la membrane vitelline pour l'ensemble des échantillons (Roberts, 2004).

### 4.1.3. Résultats de la composition chimiques des œufs des espèces étudiées

Les résultats du dosage des différents paramètres chimiques du blanc et jaune d'œufs sont rassemblés dans le tableau suivant

**Tableau 05 :** Composition Chimique des œufs selon les espèces étudiées

Espèce	Compartiment	%MS	%MM(%MS)	MO(%MS)	MAT(%MS)
Poule	Blanc	76,87 ± 2,28	6,82 ± 0,05	93,18 ± 0,05	85,72 ± 0,26
	Jaune	89,33 ± 1,6	4,05 ± 0,01	95,95 ± 0,01	31,55 ± 1,27
Canard	Blanc	75,08 ± 0,68	6,24 ± 0,01	93,76 ± 0,01	79,31 ± 0,91
	Jaune	90,34 ± 1,03	2,79 ± 0,37	97,21 ± 0,37	30,2 ± 0,63
Dinde	Blanc	71,05 ± 1,26	5,77 ± 0,32	94,23 ± 0,32	79,73 ± 0,13
	Jaune	89,33 ± 1,6	3,31 ± 0,36	96,69 ± 0,36	32,21 ± 0,25
Caille	Blanc	75,39 ± 2,15	3,8 ± 0,42	93,05 ± 0,01	84,49 ± 1,19
	Jaune	92,11 ± 0,31	6,95 ± 0,01	96,2 ± 0,42	30,5 ± 0,26

MS : Matière Sèche, MM : Matière Minérale, MO : Matière Organique, MAT : Matières Azotées Totales, MAT(%MS): indique que ce pourcentage est calculé par rapport à la matière sèche.

L'analyse de la composition chimique (Matière Sèche, Matière Minérale, Matière Organique et Matière Azotée Totale) détaillée dans ce tableau révèle une compartimentation stricte des nutriments entre le blanc (albumen) et le jaune (vitellus), tout en mettant en évidence des variations interspécifiques notables entre la poule, le canard, la dinde et la caille.

Les résultats indiquent que le jaune présente systématiquement une proportion de matière sèche (%MS) nettement supérieure (de 89,33 ± 1,6% chez la dinde à 89,33 ± 1,6 % chez la poule) à celle du blanc (de 71,05± 0,5 % chez la dinde à 76,87 ± 2,28% chez la poule). Cette forte disparité confirme le rôle biologique distinct de chaque compartiment. Comme le soulignent **Stadelman & Cotterill (1995)**, l'albumen agit principalement comme un réservoir d'eau et une barrière antimicrobienne pour l'embryon, tandis que le vitellus constitue le

## Résultats et Discussion

---

véritable centre de réserve nutritionnelle, densément concentré en lipides et en protéines. Les légères variations interspécifiques de la MS du blanc pourraient être attribuables aux différences génétiques et aux régimes hydriques des espèces étudiées (**Ahn et al., 1997**).

La teneur en matières minérales de nos espèces se situe dans l'albumen entre  $3,8 \pm 0,42$  et  $6,82 \pm 0,05\%$ MS pour la caille et la poule respectivement. Alors pour le jaune les valeurs oscillent entre  $2,79 \pm 0,37$  et  $6,95 \pm 0,01$  %MS pour le canard et la caille respectivement. Les teneurs en cendres (0,9%) pour les échantillons de poule pondeuse (industrielle) rapportée par **Sauveur & Nys (2004)** sont largement inférieurs à nos résultats et cela pour toutes les espèces étudiées. Selon **Marouf & Tremblin (2009)**; **Nathier-Dufour (2005)**, la teneur moyenne de la matière organique (protéines, lipides et glucides) des œufs de consommation est de l'ordre 23%. En ce qui concerne nos résultats, les teneurs de MO des œufs issus des espèces de basses cours élevées d'une manière traditionnelles sont plus riches en MO. Ces différences peuvent être dues essentiellement à trois facteurs dont l'espèce, le facteur génétique et l'alimentation, ce qui explique les valeurs obtenues dans cette étude.

L'examen de la Matière Azotée Totale (rapportée à la matière sèche) montre que le blanc est une matrice presque exclusivement protéique. La %MAT y atteint des valeurs spectaculaires, allant de  $79,31 \pm 0,91\%$ MS pour le canard à  $85,72 \pm 0,26\%$ MS pour la poule et  $84,49$  % pour la caille. Selon **Sauveur (1988)**, la matière sèche de l'albumen est en effet constituée à plus de 90 % par un réseau de glycoprotéines (ovalbumine, conalbumine, lysozyme). À l'inverse, dans le jaune, la fraction protéique (%MAT) est beaucoup plus faible et remarquablement stable entre les espèces (oscillant autour de 30 % à 32 %). Cette diminution relative s'explique par la présence massive de lipides dans le vitellus, qui viennent "diluer" la fraction protéique par rapport à la matière sèche totale, un phénomène d'accumulation lipidique largement décrit par **Nys & Guyot (2011)**.

Ces résultats confirment que si l'architecture chimique de base de l'œuf reste la même quelle que soit l'espèce aviaire (un blanc hautement protéique et un jaune concentré), la génétique influence la densité de ces nutriments. La poule et la caille se démarquent par une forte concentration en protéines dans leur albumen, tandis que la dinde présente un albumen globalement moins riche en matière sèche.

# ***CONCLUSION***

## Conclusion

---

### Conclusion

La présente étude avait pour objectif de caractériser, de manière comparative et standardisée, la qualité physico-chimique et morphométrique des œufs de consommation issus de quatre espèces avicoles soit la poule domestique (*Gallus gallus domesticus*), le canard domestique (*Anas platyrhynchos domesticus*), la dinde (*Meleagris gallopavo*) et la caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*) commercialisées sur le marché informel de la wilaya d'El Tarf . Les résultats obtenus confirment l'existence d'une hétérogénéité interspécifique marquée, structurée à la fois par les contraintes biomécaniques liées au gabarit de l'oiseau et par des stratégies physiologiques distinctes d'allocation des nutriments au sein de la matrice ovulaire.

Sur le plan morphométrique, les paramètres externes révèlent un gradient pondéral et volumétrique allant de l'œuf de caille ( $12,18 \pm 1,53$  g) à celui de dinde ( $78,9 \pm 4,79$  g), en cohérence avec le patrimoine génétique et la masse corporelle des pondeuses. L'indice de forme, globalement homogène entre la poule, le canard et la dinde, se distingue chez la caille par une tendance à la sphéricité (80,96 %), caractéristique à prendre en compte dans la conception des équipements d'incubation et de stockage. L'examen des structures internes confirme cette structuration interspécifique : l'épaisseur de la coquille s'adapte mécaniquement au format de l'œuf, atteignant son maximum chez la dinde ( $0,97 \pm 0,06$  mm), tandis que le canard se singularise par un poids de vitellus exceptionnel ( $29,4 \pm 3,03$  g), reflet de la stratégie nidifuge propre aux anatidés nécessitant une réserve énergétique dense dès l'éclosion.

L'analyse des indices de qualité et de fraîcheur apporte un éclairage sur les aptitudes technologiques et nutritionnelles différenciées de ces ressources. L'Unité Haugh, supérieure à 85 pour toutes les espèces et culminant à 96,99 chez la caille, atteste d'une fraîcheur optimale et d'une intégrité structurale de l'albumen dense conforme aux standards internationaux. Le ratio Jaune/Blanc, particulièrement élevé chez le canard ( $119,67 \pm 21,55$  %), traduit une inversion de la répartition habituelle des compartiments, conférant à cet œuf des propriétés émulsifiantes recherchées en agroalimentaire et en pâtisserie. Chez les autres espèces, ce ratio avoisine 62–66 %, en accord avec la littérature de référence. Par ailleurs, le score Roche élevé du canard ( $14,2 \pm 0,42$ ) témoigne d'un dépôt pigmentaire caroténoïde intense, tandis que l'indice du jaune confirme la robustesse de la membrane vitelline sur l'ensemble de l'échantillonnage.

## Conclusion

---

Sur le plan biochimique, la compartimentation classique de l'œuf se vérifie quelle que soit l'espèce : le blanc fonctionne comme une matrice aqueuse et antimicrobienne à forte teneur en protéines (MAT : 79–86 % de la matière sèche), tandis que le vitellus constitue le réservoir lipidique et énergétique principal, caractérisé par une matière sèche plus élevée (89–92 %) mais une fraction protéique relative réduite (30–32 %), diluée par l'accumulation massive de lipides. Cette architecture biochimique, bien que conservée inter-spécifiquement, présente des variations de densité : la poule et la caille affichent les concentrations protéiques les plus élevées dans l'albumen, tandis que la dinde se distingue par un albumen globalement moins concentré en matière sèche. Les teneurs en matière organique, supérieures à celles rapportées pour des élevages industriels, suggèrent une influence positive du mode d'élevage traditionnel et de l'alimentation sur la richesse nutritive des œufs de basse-cour.

En définitive, cette étude démontre que les œufs commercialisés sur le marché informel de la wilaya d'El Tarf constituent des ressources biologiques diversifiées, chaque espèce présentant un profil qualitatif spécifique répondant à des usages technologiques et nutritionnels distincts. Le canard apparaît comme une ressource privilégiée pour les applications technologiques nécessitant un jaune émulsifiant de haute qualité ; la caille offre un produit de fraîcheur optimale en format réduit ; la dinde fournit un œuf de grand gabarit à coquille résistante ; et la poule maintient sa position de référence polyvalente. Ces résultats contribuent à combler une lacune documentaire concernant les productions avicoles familiales algériennes et fournissent des bases scientifiques objectives pour la valorisation différenciée des œufs en circuits courts.

Des investigations complémentaires, portant notamment sur la qualité microbiologique, la stabilité au stockage et la réceptivité des consommateurs à ces produits alternatifs, permettraient de consolider ces données et d'appuyer le développement durable de l'aviculture familiale dans la région.

***REFERENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

# Références bibliographiques

---

## Liste des Références

### A

1. Abeyrathne, S, D, Lee, H, Y, & Ahn, D, U, (2013), Egg white proteins and their potential use in food processing or as nutraceuticals: A review, *Poultry Science*, 92(12), 3292–3299,
2. Adrian, J, Legrand, G, & Frangne, R, (2003), *Dictionnaire de biochimie alimentaire et de nutrition*, Tec & Doc,
3. Ahn, D, U, Kim, S, M, & Go, G, W, (1997), Effect of dietary conjugated linoleic acid on the quality and chemical composition of chicken eggs during storage, *Poultry Science*, 76(8), 1167–1173,
4. Akyurek, H, & Okur, A, A, (2009), Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range breeding, *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(10), 1953–1958,
5. Alders, R, G, & Pym, R, A, (2009), Village poultry: Focus on fertile grounds, *World's Poultry Science Journal*, 65(2), 181–190,
6. Alloui, N, Ayachi, A, & Alloui, O, (2016), Principales pathologies aviaires et biosécurité des élevages de poulets de chair dans la région des Aurès (Algérie), *Revue Scientifique et Technique d'Afrique*, 3(2), 45–52,
7. Anderson, K, E, Tharrington, J, B, Curtis, P, A, & Jones, F, T, (2004), Shell characteristics and asymmetry indices of eggs from different hen strains, *International Journal of Poultry Science*, 3(4), 275–281,
8. Anton, M, (2013), Composition and structure of hen egg yolk, *Particulate Science and Technology*, 31(1), 1–11,
9. Arias, J, L, Carrino, D, A, & Caplan, A, I, (1991), Asymmetric distribution of extracellular matrix components in the avian eggshell membranes, *Journal of Electron Microscopy Technique*, 18(4), 332–341,
10. Association Brésilienne des Protéines Animales [ABPA], (2022), *Rapport annuel de la production et de l'exportation avicole*, ABPA,
11. Aviagen Turkeys, (2014), *Management guidelines for commercial turkey breeders*, Aviagen Publishing,
12. Awad, A, L, Smith, D, M, & Fednic, R, G, (1997), Structure and mechanical properties of the chalazae cord in avian eggs, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(6), 2011–2016,
13. Awosanya, B, Joseph, J, K, & Apata, D, F, (1998), Comparative evaluation of physicochemical and technological properties of duck and hen eggs, *Nigerian Journal of Animal Production*, 25(1), 89–94,

### B

14. Bain, M, M, (2005), Recent advances in the assessment of eggshell quality and their application to the poultry industry, *World's Poultry Science Journal*, 61(2), 268–277,
15. Bain, M, M, Nys, Y, & Dunn, I, C, (2013), Increasing eggshell functionality and its relevance to the poultry industry, *Animal*, 7(s2), 314–321,
16. Bar, A, (2001), Calcium homeostasis and eggshell quality in the laying hen: A review, *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 14(12), 1775–1783,
17. Beaumont, C, (2010), Attentes des consommateurs et orientation de la sélection génétique chez la poule pondeuse, *INRA Productions Animales*, 23(2), 145–152,

## Références bibliographiques

---

18. Belaid, M, (2019), *Management stratégique et performances techno-économiques des grands complexes avicoles en Algérie* (Mémoire de Magister), Université de Sétif, Algérie,
19. Bellairs, R, (1993), Asymmetry and concentric stratification during vitellogenesis in the domestic fowl, *Journal of Experimental Zoology*, 266(5), 412–421,
20. Benabdeljelil, K, & Arfaoui, T, (2001), Caractérisation des systèmes d'élevage avicole intensifs et perspectives de développement en Afrique du Nord, *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 54(2), 135–142,
21. Bencharif, A, (2011), *Stratégies des acteurs et régulation de la filière avicole en Algérie : Entre logique industrielle et secteur informel*, Éditions du CIHEAM,
22. Bentouili, H, (2007), *Cartographie et organisation spatio-administrative de la wilaya d'El Tarf*, Centre Universitaire d'El Tarf,
23. Besbes, B, (2009), Genotypic characteristics and breeding plans for local poultry populations in developing countries, *Animal Genetic Resources*, 44, 53–61,
24. Bessadok, A, Khochlif, S, & Tixier-Boichard, M, (2003), Caractérisation phénotypique et menace d'introgession génétique des populations de poules locales en Tunisie, *Animal Genetic Resources Information*, 33, 67–78,
25. Bureau National d'Études pour le Développement Rural [BNEDER], (2005), *Étude d'aménagement et de classification pédologique des sols des plaines de la Bounamoussa et de la Mafragh*, Ministère de l'Agriculture, Alger,
26. Board, R, G, & Tranter, H, S, (1995), The microbiology of eggs, In W, J, Stadelman & O, J, Cotterill (Eds.), *Egg Science and Technology* (4th ed., pp, 81–104), Food Products Press,
27. Bouasla, A, (2012), *Potentialités mellifères et dynamique des systèmes de production apicoles dans le Nord-Est algérien* (Thèse de doctorat), Université d'Annaba, Algérie,
28. Boukella, S, & Kaci, M, (2015), Le rôle de l'ONAB dans la régulation des prix de l'aliment de bétail et de la viande blanche en Algérie, *Alternatives Rurales*, 3, 12–25,
29. Boukhalfa, N, (2019), *Caractérisation phénotypique et adaptative des écotypes de la volaille locale (Gallus gallus domesticus) dans les zones rurales d'Afrique du Nord* (Thèse de doctorat), Université de Batna, Algérie,
30. Bouzid, M, (2018), *Économie rurale et marchés de niche des produits de basse-cour traditionnels dans la région de Souk Ahras* (Mémoire de Master), Université de Guelma, Algérie,

### C

31. Carey, C, Rahn, H, & Parisi, P, (1980), Calories, water, and eggshell surface area of precocial and altricial birds, *Oecologia*, 46(2), 156–162,
32. Commission Européenne, (2008), Règlement (CE) no 589/2008 portant modalités d'application du règlement (CE) no 1234/2007 en ce qui concerne les normes de commercialisation applicables aux œufs, *Journal Officiel de l'Union Européenne*, L 163, 6–23,
33. Cote, M, (1996), *L'Algérie : Espace et société*, Masson,
34. Cote, M, (2006), *Le Nord-Est algérien : Dynamiques agraires et vulnérabilité bioclimatique*, Presses Universitaires d'Aix-Marseille,
35. Coutts, J, A, & Wilson, G, C, (2007), *Optimum egg quality: A practical guide*, Queensland Department of Primary Industries,

### D

## Références bibliographiques

---

36. Dahloun, L, Moula, N, Halbouche, M, & Grasteau, S, (2015), Phenotypic characterization of local chickens and evaluation of egg quality traits in Northwest Algeria, *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 116(2), 143–150,
37. Delany, M, E, (2006), Avian genetic conservation: The long road ahead for conserving biodiversity ex situ, *World's Poultry Science Journal*, 62(1), 123–133,
38. Direction Générale des Forêts [DGF], (2020), *Inventaire des ressources forestières et potentiel écologique de la wilaya d'El Tarf*, DGF, El Kala,
39. Direction du Parc National d'El Kala [PNEK], (2005), *Plan de gestion durable des zones humides et édaphologie des écosystèmes lacustres*, PNEK, El Tarf,
40. Diré, M, (2014), *Contrôle de qualité et normalisation des œufs de consommation en aviculture industrielle* (Manuel technique), Éditions du Point Vétérinaire,
41. Djebaili, S, (1990), *Les massifs forestiers de l'Est algérien : Écologie, phytosociologie et dynamique de la végétation*, Office des Publications Universitaires [OPU],
42. Dubois, P, (2003), Territoires ruraux et métropolisation transfrontalière : Le cas du complexe Annaba-El Tarf, *Méditerranée*, 101(3), 45–52,

### F

43. Ferrah, A, Alloui, N, & Benatallah, A, (2003), *Le guide de l'aviculture alternative en Algérie : Caille, dinde, canard et poule locale*, Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie [INRAA],
44. Fotsa, J, C, Kamdem, P, & Bordas, A, (2007), Morphometric characteristics and egg weight variations in local chicken populations under traditional scavenging systems, *Cameroon Journal of Agricultural Science*, 2(3), 112–119,
45. Fraeye, I, Bruneel, C, Lemahieu, C, Buyse, J, Muylaert, K, & Foubert, I, (2012), Dietary enrichment of chicken eggs with bio-active polyunsaturated fatty acids: A review, *Food Research International*, 48(2), 961–970,
46. Funk, E, M, (1948), The relation of yolk index to the interior quality of shell eggs, *Poultry Science*, 27(5), 687–692,

### G

47. Gendron, P, & Blentz, R, (1970), Les facteurs de qualité de l'œuf de consommation, *Revue d'Aviculture et de Nutrition Animale*, 24(4), 189–196,
48. Gerber, P, J, Steinfeld, H, Henderson, B, Mottet, A, Opio, C, Dijkman, J, Falcucci, A, & Tempio, G, (2013), *Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities*, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO],
49. Ghosn, H, (2011), *Hydrologie et risques d'inondation dans les plaines sublittorales de la Mafragh (El Tarf)* (Thèse de doctorat), Université d'Annaba, Algérie,
50. Gloor, A, Metzger, S, & Schaller, J, (2004), Comparative physical parameters of avian eggs: A zootechnical approach, *Swiss Journal of Poultry Science*, 12(2), 45–53,
51. Gondwe, T, N, Wollny, C, B, & Kitalyi, A, (2007), Review of village poultry production in sub-Saharan Africa: Veterinary perspectives for development, *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 36(6), 399–407,
52. Guèye, E, F, (2000), The role of family poultry in poverty alleviation, food security and the empowerment of women in rural areas in developing countries, *World's Poultry Science Journal*, 56(2), 99–111,

## Références bibliographiques

---

53. Guèye, E, F, (2002), Employment and income generation through family poultry in low-income food-deficit countries, *World's Poultry Science Journal*, 58(4), 541–557,

### H

54. Hamilton, R, M, G, (1982), Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality: A review, *Poultry Science*, 61(10), 2022–2039,
55. Handelman, G, J, Nightingale, Z, D, Lichtenstein, A, H, Schaefer, E, J, & Blumberg, J, B, (1999), Lutein and zeaxanthin concentrates in hen egg yolk to protect human retina against macular degeneration, *American Journal of Clinical Nutrition*, 70(2), 247–251,
56. Haugh, R, (1937), The Haugh unit for measuring egg quality, *U,S, Egg Poultry Magazine*, 43, 552–555,
57. Heiman, V, & Carver, J, S, (1936), The albumen index as a physical measurement of observed egg quality, *Poultry Science*, 15(2), 141–148,
58. Hincke, M, T, Gautron, J, Panheleux, M, Garcia-Ruiz, J, McKee, M, D, & Nys, Y, (2000), Identification and localization of eggshell membrane proteins involved in core formation and mineralization, *Journal of Structural Biology*, 129(1), 42–49,
59. Hoffmann, I, (2009), The global status of avian genetic resources – Threats and conservation efforts, *World's Poultry Science Journal*, 65(2), 221–231,
60. Hu, F, B, Stampfer, M, J, Rimm, E, B, Manson, J, E, Ascherio, A, Colditz, G, A, Rosner, B, Spiegelman, D, Speizer, F, E, Sacks, F, M, Hennekens, C, H, & Willett, W, C, (1999), A prospective study of egg consumption and risk of cardiovascular disease in men and women, *JAMA*, 281(15), 1387–1394,
61. Hunton, J, (2005), Research on eggshell structure and mechanical strength: An industrial perspective, *World's Poultry Science Journal*, 61(1), 101–109,

### I

62. Institut Algérien de Normalisation [IANOR], (2018), *Norme Algérienne NA 5322: Exigences de conditionnement, de calibrage et d'étiquetage des œufs de consommation*, IANOR, Alger,
63. Institut National de Cartographie et de Télédétection [INCT], (2020), *Référentiel géodésique et coordonnées géographiques de l'extrême Nord-Est algérien*, INCT, Alger,

### J

64. Jin, Y, H, Hocking, P, M, & Jones, R, B, (2011), Effects of storage temperature and relative humidity on egg quality traits and physicochemical properties of albumen, *Poultry Science*, 90(11), 2610–2616,
65. Jones, D, R, & Musgrove, M, T, (2005), Effects of extended storage on egg quality factors, *Poultry Science*, 84(11), 1774–1777,

### K

66. Kaci, M, Boukella, S, & Melizi, M, (2020), Bilan et perspectives de croissance de la filière des viandes blanches et des œufs de consommation en Algérie, *Revue Économique Algérienne*, 8(1), 74–89,
67. Kemps, B, J, Bamelis, F, R, De Ketelaere, B, Mertens, K, Tona, K, Decuyper, E, & De Baerdemaeker, J, (2006), Relationship between the eggshell ultrastructure, density and its mechanical shapes, *Journal of Science of Food and Agriculture*, 86(9), 1371–1377,

## Références bibliographiques

---

68. Kemps, B, J, De Ketelaere, B, Bamelis, F, R, Decuypere, E, & De Baerdemaeker, J, (2010), Non-destructive assessment of internal egg quality using light transmission and air cell height evolution, *Postharvest Biology and Technology*, 55(3), 180–184,
69. Ketta, M, & Tumová, E, (2016), Eggshell structure, calcification defects and quality as affected by hen age and nutrition: A review, *Scientia Agriculturae Bohemica*, 47(3), 113–121,
70. Kherici, N, (1993), *Hydrogéologie des aquifères sableux et vulnérabilité à la pollution de la plaine d'El Kala (El Tarf)* (Thèse de doctorat), Université d'Annaba, Algérie,
71. Kondombo, S, R, (2005), *Improvement of village poultry production systems in developing countries: Ethology, ecosystem constraints and predation losses* (Doctoral dissertation), Wageningen University, Netherlands,

### L

72. Leeson, S, & Caston, L, J, (2004), Enrichment of egg yolk with xanthophylls and carotenoids from natural sources, *Poultry Science*, 83(8), 1347–1352,
73. Leeson, S, & Summers, J, D, (2005), *Commercial poultry nutrition* (3rd ed.), University Books,
74. Linden, G, (1981), *Techniques d'analyse des constituants minéraux et gravimétrie en biochimie alimentaire*, Masson,

### M

75. Magdelaine, P, Hoste, R, & Valceschini, E, (2008), Économie avicole mondiale : Dynamiques zootechniques, coûts de production et flux commerciaux, *INRA Productions Animales*, 21(3), 259–268,
76. Magdelaine, P, Spiess, M, & Valceschini, E, (2010), Traçabilité et marquage obligatoire de l'œuf de consommation : Impacts sur la gestion des filières, *Économie Rurale*, 318, 44–58,
77. Magdelaine, P, Roffant, S, & Leorat, F, (2018), Évolution des systèmes alternatifs en aviculture pondeuse : Coûts de production et acceptabilité sociétale, *Innovations Agronomiques*, 68, 89–102,
78. Mahammi, F, (2021), *Caractérisation morphométrique, phénotypique et moléculaire des populations avicoles traditionnelles de l'Est Algérien* (Magister), Université de Guelma, Algérie,
79. Mann, K, (2008), Proteomic analysis of the chicken egg vitelline membrane, *Proteomics*, 8(11), 2322–2332,
80. Marouf, A, & Tremblin, G, (2009), *Mémento de biochimie et d'analyse des matrices alimentaires*, EDP Sciences,
81. Marre, A, (1992), *Le Tell oriental algérien : De la lisière de la Kabylie à la frontière tunisienne, Étude géomorphologique*, Office des Publications Universitaires [OPU],
82. Mashaly, M, M, Hendricks, G, L, Kalama, M, A, Gehad, A, E, Abbas, A, O, & Cheng, H, W, (2004), Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens, *Poultry Science*, 83(6), 889–894,
83. Mead, G, C, (2004), *Microbiological quality of shell eggs and air cell mechanics*, Woodhead Publishing,
84. Mertens, K, De Ketelaere, B, Kamers, B, Bamelis, F, Kemps, B, Verhoelst, E, De Baerdemaeker, J, & Decuypere, E, (2006), Dirtiness and acoustic resonance characteristics as nondestructive indicators of eggshell strength, *Poultry Science*, 85(9), 1634–1640,

## Références bibliographiques

---

85. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural [MADR], (2019), *Rapport d'évaluation de la couverture nationale en protéines animales et situation de la filière avicole*, Ministère de l'Agriculture, Alger,
86. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural [MADR], (2021), *Décret exécutif fixant les critères microbiologiques et sanitaires des œufs de consommation (C,O,H,S)*, Direction des Services Vétérinaires, Alger,
87. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural [MADR], (2023), *Statistiques officielles des productions animales et de la consommation des ménages en viandes blanches et œufs*, MADR, Alger,
88. Mottet, A, & Tempio, G, (2017), Global poultry production: Current efficiency and future sustainability challenges, *Development Policy Review*, 35(4), 512–530,
89. Moula, N, Antoine-Moussiaux, N, Farnir, F, & Leroy, P, (2012), L'aviculture familiale traditionnelle comme outil de développement durable et filet de sécurité en zones rurales, *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 65(3-4), 71–79,
90. Moula, N, Ait Kaki, A, Da Silva, A, Leprince, P, & Leroy, P, (2014), Morphometric characteristics and internal quality evaluation of Japanese quail (*Coturnix japonica*) eggs commercialized in Mila (Eastern Algeria), *Nature & Technologie*, 11(B), 25–31,

### N

91. Narushin, V, G, (2005), Egg geometry calculation using non-destructive linear dimensions, *Biosystems Engineering*, 90(2), 199–207,
92. Nathier-Dufour, N, (2005), *Valeur nutritionnelle et propriétés chimiques globales de l'œuf de consommation*, Éditions Lavoisier,
93. Nau, F, Guérin-Dubiard, C, & Lechevalier, V, (2010), *Science et technologie de l'œuf : Volume 1, Biologie de l'œuf et constituants fonctionnels*, Tec & Doc, Lavoisier,
94. Nys, Y, (2010), Physiologie de la formation de l'œuf et maîtrise de la qualité chez la poule pondeuse, *INRA Productions Animales*, 23(2), 111–122,
95. Nys, Y, & Sauveur, B, (2004), *L'œuf de consommation : Structure, biochimie et valeur nutritionnelle*, INRA Éditions,
96. Nys, Y, & Guyot, N, (2011), Hen egg white and yolk proteins: Nutritional and biochemical insights, In Y, Nys, M, Bain, & F, Van Immerseel (Eds.), *Improving the safety and quality of eggs and egg products* (pp, 63–89), Woodhead Publishing,
97. Nys, Y, Hincke, M, T, Arias, J, L, Garcia-Ruiz, J, M, & Solomon, S, E, (1999), Avian eggshell mineralization: Poultry science perspective, *Poultry and Avian Biology Reviews*, 10(3), 143–166,
98. Nys, Y, Gautron, J, Garcia-Ruiz, J, M, & Hincke, M, T, (2004), Avian eggshell mineralization: Matrix proteins and calcite crystal organization, *C, R, Palevol*, 3(6-7), 549–562,

### O

99. Obanu, Z, A, & Mpieri, A, A, (1984), Efficiency of yolk index vs vitelline membrane strength for internal freshness determination during storage, *Journal of Food Science*, 49(5), 1261–1265,
100. Office de Coopération et de Développement Économiques & Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [OCDE-FAO], (2020), *Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2020-2029*, Éditions OCDE, Paris,

## Références bibliographiques

---

101. Office National de la Météorologie [ONM], (2020), *Données thermo-pluviométriques et humidité relative de la station d'El Kala (Wilaya d'El Tarf)*, ONM, Alger,
102. Office National de la Météorologie [ONM], (2021), *Bulletin bioclimatique et cartographie des isohyètes du Nord-Est algérien*, ONM, Alger,
103. Office National des Statistiques [ONS], (2008), *Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH 2008) : Résultats par commune de la wilaya d'El Tarf*, ONS, Alger,
104. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], (2004), *Small-scale poultry production: Technical guide*, FAO Animal Production and Health Manual, no 1, Rome,
105. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], (2012), *Cryoconservation des ressources génétiques animales*, Directives FAO: Production et santé animales, no 12, Rome,
106. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], (2014), *Filières avicoles et sécurité alimentaire des grands centres urbains dans les pays en développement*, FAO, Rome,
107. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], (2015), *L'état des ressources génétiques animales dans le monde pour l'alimentation et l'agriculture*, Rapport mondial de la FAO, Rome,
108. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], (2023), *Données statistiques mondiales de la production de viande de volaille et d'œufs (FAOSTAT)*, FAO, Rome,
109. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture & Organisation Mondiale de la Santé [FAO/WHO], (1991), *Protein quality evaluation: Report of a joint FAO/WHO expert consultation*, FAO Food and Nutrition Paper, no 51, Rome,
110. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture & Organisation Mondiale de la Santé [FAO/WHO], (2004), *Codex Alimentarius: Norme pour les œufs de consommation en coquille (Codex Stan 248-2005)*, FAO/WHO, Rome,
111. Organisation Mondiale de la Santé Animale [WOAH/OIE], (2023), *Rapport de situation épidémiologique mondiale sur l'Influenza Aviaire Hautement Pathogène (H5N1)*, WOA, Paris,
112. Oulmane, A, & Benatallah, B, (2019), Dépendance trophique et impact de la volatilité des bourses mondiales de maïs/soja sur le coût de revient du poulet en Algérie, *Journal of Agricultural Economics and Development*, 6(2), 114–128,

### P

113. Padhi, M, K, (2016), Evaluation of indigenous breeds of chicken and their role in rural poultry production, *Scientifica*, 2016, 1–12,
114. Panda, B, & Singh, R, P, (1990), Developments in processing and utilization of quail meat and eggs, *World's Poultry Science Journal*, 46(3), 219–234,

### R

115. Roberts, J, R, (2004), Factors affecting egg internal and external quality: A review, *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 18(4), 221–234,

## Références bibliographiques

---

116. Rodriguez-Navarro, A, B, Dominguez-Gasca, N, Munoz, A, & Nys, Y, (2013), Change in the chicken eggshell cuticle with hen age and its effect on microbial barrier function, *British Poultry Science*, 54(6), 712–721,
117. Romanoff, A, L, & Romanoff, A, J, (1949), *The avian egg*, John Wiley & Sons,

### S

118. Safaa, H, M, Serrano, M, P, Valencia, D, G, Arbe, X, Jimenez-Moreno, E, Lazaro, R, & Mateos, G, G, (2008), Effects of protein levels and sulfur amino acid concentration on egg size and albumen quality of laying hens, *Poultry Science*, 87(8), 1585–1593,
119. Saidou Alzouma, I, (2005), *Structure interne et physiologie de l'œuf de poule* (Thèse de doctorat vétérinaire), École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires [EISMV], Dakar, Sénégal,
120. Salhi, S, (2026), *Iconographie et illustrations photographiques de laboratoire : Analyse morphométrique des ressources avicoles de la wilaya d'El Tarf* (Banque d'images scientifiques), Laboratoire Agriculture et Fonctionnement des Écosystèmes, Université Chadli Bendjedid d'El Tarf, Algérie,
121. Samiullah, S, Omar, A, S, Roberts, J, R, & Chousalkar, K, K, (2015), Effect of production systems, housing and hen strains on eggshell color, pigmentation and cuticle traits, *Animal Production Science*, 55(11), 1345–1356,
122. Samli, H, E, Agha, A, & Senkoylu, N, (2005), Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hens, *Journal of Applied Poultry Research*, 14(3), 548–553,
123. Sari, D, (1995), *Le profil agricole de l'extrême Nord-Est de l'Algérie : Climats, systèmes de culture et dynamique sylvopastorale*, Office des Publications Universitaires [OPU],
124. Sauveur, B, (1988), *Reproduction des volailles et production d'œufs*, INRA Éditions,
125. Seltzer, P, (1946), *Le climat de l'Algérie*, Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie, Alger,
126. Silversides, F, G, & Villeneuve, P, (1994), Is the Haugh unit corrected for egg weight? A mathematical evaluation, *Poultry Science*, 73(4), 567–574,
127. Silversides, F, G, & Scott, T, A, (2001), Effect of hen age on the relative proportions of albumen, yolk, and shell, and Haugh units evolution, *Poultry Science*, 80(12), 1721–1725,
128. Sonaiya, E, B, & Swan, S, E, J, (2004), *Production en aviculture familiale : Un manuel technique*, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], Rome,
129. Sow, A, (2008), *Valeur nutritionnelle complète et acceptabilité des protéines de l'œuf dans la lutte contre la malnutrition infantile* (Mémoire de Master), Université de Dakar, Sénégal,
130. Stadelman, W, J, & Cotterill, O, J, (Eds.), (1995), *Egg science and technology* (4th ed.), Food Products Press,
131. Stevens, L, (1991), Egg white proteins: Their biochemical structures, functions and pH-induced alterations, *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 100(1), 1–9,

### T

## Références bibliographiques

---

132. Thapon, J, L, & Bourgeois, C, M, (1994), *L'œuf et les ovoproduits : Proportions des constituants et variations zootechniques*, Tec & Doc, Lavoisier,
133. Thapon, J, L, & Bourgeois, C, M, (1999), *L'œuf et les ovoproduits : Caractéristiques physiques et technologiques*, Tec & Doc, Lavoisier,
134. Tixier-Boichard, M, Benatallah, A, & Bordas, A, (2011), Utilisation des marqueurs génétiques pour cartographier la diversité allélique et identifier les gènes d'intérêt (Na, F) chez les volailles rustiques, *INRA Productions Animales*, 24(4), 325–336,
135. Tolik, D, Poławska, E, Charuta, A, Cooper, R, & Horbańczuk, J, (2014), Characteristics of egg quality from alternative avian species and nutritional parameters, *Animal Science Papers and Reports*, 32(1), 5–18,
136. Travel, A, Nys, Y, & Guérin-Dubiard, C, (2011), Effet de l'âge de la poule pondeuse et de la granulométrie du calcium sur la qualité de la coquille et le poids de l'œuf, *Innovations Agronomiques*, 16, 45–58,
137. Tullett, S, G, (1990), Science and the art of incubation: Gas exchanges and thermal requirements of the avian embryo, *Poultry Science*, 69(9), 1415–1421,

### U

138. United States Department of Agriculture [USDA], (2000), *Egg-grading manual*, Agricultural Marketing Service, USDA, Washington, DC,
139. United States Department of Agriculture [USDA], (2023), *Poultry production and commercial microclimatic integration: Global reports*, USDA, Washington, DC,

### V

140. Van Boeckel, T, P, Pires, J, Silvester, R, Zhao, C, Song, J, Criscuolo, N, Gilbert, M, Bonhoeffer, S, & Laxminarayan, R, (2019), Global trends in antimicrobial resistance in animals in low- and middle-income countries, *Science*, 365(6459), eaaw1944,

### W

141. Wilaya d'El Tarf, (2021), *Monographie socio-économique et plan de développement stratégique de la wilaya d'El Tarf*, Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire [DPAT], El Tarf,
142. Williams, K, C, (1992), Some factors affecting albumen quality with particular reference to Haugh units, *World's Poultry Science Journal*, 48(1), 5–16,
143. Windhorst, H, W, (2006), Changes in poultry production and trade worldwide: Anatomical dichotomy in international trade flows, *World's Poultry Science Journal*, 62(4), 585–602,

### Z

144. Zeisel, S, H, & da Costa, K, A, (2009), Choline: An essential nutrient for public health and brain development, *Nutrition Reviews*, 67(11), 615–623,
145. Zita, L, Ledvinka, Z, & Klesalová, L, (2013), The effect of hen strain and age on eggshell quality, egg components and Haugh units in different housing systems, *Czech Journal of Animal Science*, 58(3), 107–115,