



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique  
Université de Tissemsilt  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme  
de Master académique en  
Filière : Sciences Agronomiques  
Spécialité : Production Animale

Présentée par :

HAMDANI KHALDIA

&

HAMDANI ZOHIR

*Thème*

---

**RELATION ENTRE LES PARAMETRES  
MORPHOLOGIQUES DE L'ŒUF ET LE TAUX D'ECLOSION  
ET LA QUALITE DU POUSSIN CHAIR**

---

Soutenu le, 23/06/2024

**Devant le Jury :**

Mr ABDELHAMID .D	Président	M.C.A	Univ-Tissemsilt
Mr AICHOUNI A.	Encadreur	Prof. .	Univ-Tissemsilt
Mr MOHAMED CHERIF A.	Co-Encadreur	MCA	Univ-Tissemsilt
Mr GUENAOUI M	Examineur	M.C.B.	Univ-Tissemsilt

**Année universitaire : 2023-2024**

## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, c'est par la grâce de dieu tout puissant «ALLAH» que nombres de personnes ont été mises sur notre chemin et ont contribué de près ou de loin dans le rassemblement des pages de ce modeste document, pour cela on ne saura et on ne pourra les remercier assez.

A notre encadrant Mr AICHOUNI Ahmed, qui nous a inspiré le sujet de cette thèse, on exprime notre profonde reconnaissance et nos sincères remerciements pour avoir accepté de diriger ce travail, et pour n'avoir ménagé ni son talent ni ses efforts dans la réalisation de cette thèse. Il nous a réservé des moments précieux de discussion et nous a facilité toutes les conditions pour mener à bien ce travail, malgré ses multiples obligations ; qu'il soit assuré de toute notre gratitude.

A Mr MOHAMED CHERIF A, notre Co-Encadreur d'avoir participé dans la réalisation de ce modeste travail.

Nos plus vifs remerciements s'adressent également à Mr ABDELHAMID .D, qui malgré ses multiples obligations, nous a fait l'honneur d'évaluer notre travail et d'honorer le jury par sa présidence.

A Mr GUENAOUI .M; Maître de conférence (A), d'avoir accepté d'examiner notre travail.

On exprime particulièrement notre reconnaissance à Mr. CHAHBAR .M, pour ces réflexions constructives, sa précieuse aide apportée pour la réalisation des analyses statistiques, sa disponibilité, et sa gentillesse.

Nos remerciements vont également à Mr TEFIEL Hakim ; le Directeur du Laboratoire de recherche; Agronomie-Environnement du département SNV, ainsi qu'à l'ensemble de ses membres, pour avoir facilité le déroulement de notre étude dans les meilleurs conditions, pour leur accueil et leur coopération sponctanée.

Nos vifs remerciements vont à Mme MKEDDER Ikram, membre au niveau du centre de recherche à Tlemcen, pour sa gentillesse, sa disponibilité, son assistance et son aide généreuse.

On tiens à remercier Mr OUZANE Ahmed, le propriétaire de la couveuse, pour sa disponibilité et pour toute l'aide qu'il nous a apportée. sans oublier tout le personnel du centre d'élevage TEKLI.

## **DEDICACES**

Ce modeste travail réalisé avec l'aide du dieu tout puissant «ALLAH», je le dédie à toutes les personnes que j'admire et j'apprécie.

A mes très chers parents, qui ont été toujours présents à mes côtés par leur amour, soutien et encouragement.

Une dédicace particulière à cette personne qui compte beaucoup pour moi, et pour qui j'ai beaucoup d'estime et d'amour :

A ma très chère Mère, ma confidente, mon âme sœur ; qui m'a donné l'amour, le courage et qui n'a jamais cessé de croire en moi, ce qui me conduit à donner le meilleur de moi-même dans tous ce que j'entreprends, tu as fait plus qu'une mère ne pouvait faire pour ses enfants, que dieu te préserve.

A mes deux frères : Khaled et mon binôme zohir, l'épaule solide, je leurs souhaite une vie pleine de bonheur.

A mon mari Mohamed pour l'intérêt qu'il a porté à mon travail, pour ces encouragements, pour sa présence et son soutien.

A mes adorables filles : Sarah, Meriem et Malak, j'espère à travers ce modeste travail vous inculquer la patience, la persévérance, de ne jamais abandonner ces rêves, de toujours se rappeler que « la chute n'est pas un échec, l'échec c'est de rester là où on est tombé » et qu' « il n'est jamais trop tard pour devenir ce que vous auriez pu être ».

A tous les enseignants qui ont contribué à ma formation tout au long de mes études universitaires, à la Faculté -IBN KHALDOUN- des Sciences Agro -Vétérinaire de Tiaret et à la Faculté des Sciences et de la Technologie de Tissemsilt.

**HAMDANI Khaldia**

## **DEDICACES**

Je dédie cet humble travail à :

Toute ma famille en témoignage de ma profonde reconnaissance et de mes meilleurs sentiments.

Tous mes amis et collègues de la Subdivision Agricole de HAMADIA et ceux de l'abattoir de RECHAIGA, que ce travail vous exprime mes vœux de réussite, et mes sincères sentiments d'amitié à votre égard.

Toutes les personnes qui me connaissent et qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

**HAMDANI Zohir**

## RESUME

Cette étude a été réalisée pour évaluer et comparer la qualité des poussins de 03 différentes catégories de poids d'œufs à couver; avec une moyenne respective de  $58.98 \pm 1.68$  g,  $61.84 \pm 0.50$  g et de  $68.35 \pm 4.05$  g, issues d'une seule souche de type Repro-chair, en tenant également compte des corrélations potentielles entre les divergences morphométriques relevées parmi les OAC de la souche étudiés avec la qualité des poussins chair.

A l'issue de cette expérimentation, les effets suivants ont été enregistrés :

Des différences très hautement significatives entre les différentes méthodes d'estimation des caractères, en l'occurrence mesure par pieds à coulisse et mesure par logiciel imageJ ;

Des corrélations significatives ( $P < 0,05$ ) entre la majorité des caractères mesurés, deux à deux.

Et que le poids de poussin se corrèle significativement avec l'ensemble des caractères mesurés, avec un coefficient de corrélation très significatif enregistré ( $R=0.84$ ) pour la combinaison entre le poids du poussin à l'éclosion et le poids de l'œuf avant incubation ;

Des différences très hautement significatives ( $P < 0,0001$ ) entre les trois catégories de poids d'œuf vis-à-vis l'ensemble des caractères morphométriques estimés. Autrement dit, l'intervalle de poids d'œufs avant l'incubation peut influencer considérablement sur la totalité des caractères estimés dans cette étude.

**Mots-clés** : Incubation ; Morphométrie ; Modélisation Géométrique; OAC Repro-Chair; Qualité des Poussins.

## ملخص

أجريت هذه الدراسة لتقييم ومقارنة جودة الكتاكيت من 03 فئات مختلفة لوزن بيض التفريخ؛ بمتوسط حجم يبلغ  $58.98 \pm$  و  $1.68 \text{ سم}^3$  و  $61.84 \pm 0.50 \text{ سم}^3$  و  $68.35 \pm 4.05 \text{ سم}^3$ ، من سلالة واحدة من نوع الدجاج اللحم (كوب500) ، مع الأخذ بعين الاعتبار أيضاً الارتباطات المحتملة بين الاختلافات المورفومترية التي لوحظت بين بيض التفقيس من السلالة التي تمت دراستها مع نوعية فراخ اللحم.

وفي نهاية هذه التجربة تم تسجيل التأثيرات التالية:

يوجد اختلافات كبيرة جداً بين الطرق المختلفة لتقدير الإعدادات، في هذه الحالة القياس بواسطة القدم القنوية والقياس بواسطة برنامج imageJ؛

يوجد ارتباطات معنوية (الإحتمال  $>0.05$ ) بين غالبية الصفات المقاسة، اثنان باثنان. وأن وزن الكتكوت يرتبط معنوياً بجميع الصفات المقاسة، حيث سجل معامل ارتباط معنوي جداً (معامل الارتباط =  $0.84$ ) بين وزن الكتكوت عند الفقس ووزن البيضة قبل الحضانة؛

كما يوجد فروق ذات دلالة إحصائية عالية جداً (الإحتمال  $>0.0001$ ) بين الفئات الثلاث لوزن البيض فيما يتعلق بجميع الصفات المورفومترية المقدره. بمعنى آخر، يمكن أن يؤثر فئته ووزن البيضة قبل الحضانة بشكل كبير على جميع السمات المقدره في هذه الدراسة.

**الكلمات المفتاحية :** الحضانة؛ القياسات المورفومترية؛ النمذجة الهندسية. بيض التفريخ؛ نوعية الكتاكيت.

## ABSTRACT

This study was carried out to evaluate and compare the quality of chicks from 03 different hatching egg weight categories; with a respective average of  $58.98 \pm 1.68$  g,  $61.84 \pm 0.50$  g and  $68.35 \pm 4.05$  g, from a single strain type breed broiler (cobb500), also taking into account the potential correlations between the morphometric divergences observed among the hatching eggs of the strain studied with the quality of the broiler chicks.

At the end of this experiment, the following effects were recorded:

There Is a very highly significant differences between the different methods of character estimation, in this case measurement by calipers and measurement by imageJ software;

There Is a significant correlations ( $P < 0.05$ ) between the majority of the measured traits, two by two. And that the weight of the chick correlates significantly with all the characteristics measured, with a very significant correlation coefficient recorded ( $R = 0.84$ ) for the combination between the weight of the chick at hatching and the weight of the egg before incubation;

There Is a very highly significant differences ( $P < 0.0001$ ) between the three categories of egg weight with respect to all the estimated morphometric characters. In other words, the egg weight interval before incubation can considerably influence all of the traits estimated in this study.

**Keywords:** Incubation; Morphometrics; Geometric Modeling; Hatching Eggs; Quality of Chicks.

# TABLES DES MATIERES

## Liste des Tableaux

## Liste des Figures

## Liste des Photos

## Liste des Abréviations

## Introduction

## Partie Bibliographique

### CHAPITRE I : physiologie de la reproduction et l'étude de l'œuf

1. Anatomie de l'appareil reproducteur :.....	3
1.1. L'appareil reproducteur femelle :.....	3
1.1.1. Ovaire .....	4
1.1.2. Oviducte .....	5
2. Physiologie de la reproduction :.....	6
2.1. La fertilité :.....	6
2.2. Influence de la photopériode : .....	6
2.3. La fécondation :.....	7
3. Formation de l'œuf :.....	7
3.1. Au niveau de l'ovaire : .....	7
3.2. Au niveau de l'oviducte : .....	8
3.2.1. L'Infundibulum .....	9
3.2.2. Le magnum.....	9
3.2.3. L'isthme.....	9
3.2.4. L'utérus .....	9
3.2.5. Le vagin.....	10
4. Structure de l'œuf :.....	10
4.1. Définition de l'œuf à couver (OAC): .....	10
4.2. Les paramètres morphométriques de l'œuf à couver: .....	11
4.2.1. Contrôle du poids de l'œuf :.....	12
4.2.2. Intérêts et méthodes de mesure des paramètres géométriques de l'œuf à couver : .....	12
4.2.2.1. La morphométrie classique : .....	13
4.2.2.2. La modélisation géométrique :.....	13
4.3. Formation et évolution des structures de l'œuf à couver (OAC) : .....	14
4.3.1. Les structures primaires de l'œuf :.....	14
4.3.1.1. Le jaune ou vitellus .....	14
4.3.1.2. La membrane vitelline.....	14

# TABLES DES MATIERES

4.3.1.3.	Le blanc ou albumen .....	15
4.3.1.4.	Les chalazes.....	15
4.3.1.5.	La chambre à air .....	15
4.3.1.6.	La coquille.....	15
4.3.2.	Les structures extra-embryonnaires de l'œuf : .....	16
4.4.	Composition globale de l'œuf à couvrir : .....	17
5.	Qualité de l'œuf à couvrir : .....	17
6.	La caractérisation des œufs anormaux: .....	18
7.	L'embryologie de l'œuf : .....	19
7.1.	Notion embryologie : .....	19
7.2.	Etapas de la croissance embryonnaire : .....	20
7.3.	Position correct du poussin dans l'œuf:.....	21
7.4.	Phases critiques du développement embryonnaire : .....	21
7.4.1.	Mortalité embryonnaire aux 48 heures premières : .....	21
7.4.2.	Mortalité embryonnaire au 5ème jour d'incubation : .....	21
7.4.3.	Accident de fin d'incubation : .....	22
7.5.	L'utilisation des constitutions de l'œuf lors du développement embryonnaire : .....	22
8.	Principaux facteurs de variation de la composition de l'œuf : .....	23
8.1.	Effets de l'âge de la poule : .....	23
8.2.	Effets de l'origine génétique des animaux et de la sélection : .....	24
8.3.	Effets du mode d'élevage : .....	25
8.4.	Effets de l'alimentation des poules pondeuses : .....	25
<b>CHAPITRE II : l'incubation des œufs</b>		
1.	Définition de l'incubation: .....	27
1.1.	L'incubation naturelle (la couvaison) : .....	27
1.1.	Incubation artificielle : .....	28
2.	Définition de l'incubateur : .....	28
2.1.	Les incubateurs à ventilation statique : .....	28
2.2.	Les Incubateurs Dynamiques : .....	29
3.	Fertilité des œufs à couvrir : .....	29
4.	Traitement des œufs à couvrir : .....	29
4.1.	Ramassage des œufs : .....	30
4.2.	Tri des œufs à couvrir : .....	30
4.3.	Désinfection et stockage des œufs à couvrir : .....	30

# TABLES DES MATIERES

4.4.	Transport des œufs à couvrir : .....	31
5.	Emplacement d'installation d'un incubateur : .....	31
6.	Paramètres techniques d'incubation des œufs de poules : .....	31
6.1.	La température : .....	32
6.1.1.	Préchauffage des œufs : .....	32
6.1.2.	Température d'incubation : .....	33
6.2.	La ventilation : .....	33
6.3.	Hygrométrie : .....	33
6.4.	Aération et concentration en dioxyde de carbone/oxygène : .....	35
6.5.	Position et retournement des œufs : .....	35
6.6.	Mirage des œufs incubés : .....	36

## **CHAPITRE III : L'éclosion**

1.	Physiologie de l'éclosion : .....	37
2.	Eclosion des œufs: .....	40
3.	Le taux d'éclosion : .....	40
4.	Paramètres influençant le taux d'éclosion : .....	40
4.1.	Influence de la taille de l'œuf : .....	41
4.2.	Influence de l'âge : .....	41
4.3.	Température : .....	42
4.4.	La ventilation et la teneur en oxygène : .....	43
4.5.	Le contrôle de l'hygrométrie : .....	43
4.6.	L'angle de retournement : .....	44
4.7.	Influence de la durée de stockage sur le taux d'éclosion : .....	46
4.8.	Influence de l'alimentation sur le taux d'éclosion : .....	47
4.9.	Effet de contamination de l'œuf sur l'éclosabilité : .....	47

## **CHAPITRE IV : La qualité du poussin**

1.	La qualité des poussins: .....	49
2.	Les méthodes de détermination de la qualité des poussins : .....	50
2.1.	La mesure de la longueur du poussin : .....	51
2.2.	Le Pasgar Score : .....	52
a)	Vitalité du poussin : .....	52
b)	Ombilic : .....	53
c)	Articulations : .....	53
d)	Bec : .....	53
e)	Abdomen : .....	53

# TABLES DES MATIERES

2.3. Le score de Tona : .....	54
2.4. La Thermographie Infrarouge : (TI).....	55

## Partie Expérimentale

### CHAPITRE I : Matériels et Méthode

1. Objectif expérimental : .....	58
2. Matériels : .....	58
2.1. Lieu et effectif : .....	58
2.2. Etude descriptive du mode d'élevage dans le complexe privé : .....	59
2.3. Matériels utilisés : .....	60
3. Méthodes: .....	61
3.1. Échantillonnage des œufs : .....	61
3.2. Description du logiciel de traitement de l'image: ImageJ .....	62
3.3. Incubation des œufs:.....	63
3.4. L'éclosion : .....	64
3.5. Les conditions d'éclosion : .....	65
4. Analyses statistiques : .....	67
5. Protocole expérimentale : .....	68

### CHAPITRE II : Résultats et Interprétation

1. Comparaison entre les différentes méthodes d'estimation de caractères : .....	69
2. Analyse descriptive : .....	70
3. Corrélation entre les caractères:.....	71
4. Influence de choix de l'intervalle de poids de l'œuf sur les caractères morphométriques : .....	73
5. Groupement des catégories de poids de l'œuf selon les critères discriminants : .....	74
6. Analyse des composantes principales (ACP) : .....	75
6.1. Les valeurs moyennes pour chaque catégorie : .....	77
6.2. La structure canonique totale des échantillons : .....	77

### CHAPITRE III : Discussion

1. Comparaison entre les différentes méthodes d'estimation des caractères : .....	78
2. Corrélations entre les différents paramètres morphométriques appliqués à l'œuf à couver et entre la qualité du poussin:.....	81

<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>86</b>
--	-----------

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### ANNEXES

# LISTE DES TABLEAUX

<b>TABLEAU 1:</b> DIMENSIONS DE L'APPAREIL REPRODUCTEUR DE LA POULE ET LE TEMPS APPROXIMATIF DE FORMATION DE L'ŒUF (HY -LIN INTERNATIONAL, 2017) .....	5
<b>TABLEAU 2:</b> DIMENSIONS MOYENNES D'UN ŒUF DE POULE DE 60 G (ARZOUR, 2006) .....	12
<b>TABLEAU 3:</b> CARACTERISATION DES ŒUFS ANORMAUX (PIERRE GUCHE, 2009) .....	18
<b>TABLEAU 4:</b> DEFAUTS DUS A UNE TEMPERATURE D'INCUBATION INADEQUATE (HANSETS, 1999)..	33
<b>TABLEAU 5:</b> DEFAUTS DUS A UNE TEMPERATURE D'INCUBATION INADEQUATE (HANSETS, 1999)..	34
<b>TABLEAU 6:</b> CAUSES POSSIBLES DES PROBLEMES D'ECLOSION (CHRISTIAN ET AL., 2022) .....	38
<b>TABLEAU 7:</b> FACTEURS AYANT UNE INFLUENCE SUR LA QUALITE DES POUSSINS (MEIJERHOF, 2015) .....	50
<b>TABLEAU 8:</b> PARAMETRES MESURES ET NOTES ATTRIBUEES POUR L'ETABLISSEMENT DU SCORE DE QUALITE DES POUSSINS A L'ECLOSION (TONA ET AL., 2003).....	54
<b>TABLEAU 9:</b> CONDUITE DE L'ALIMENTATION DES REPRODUCTRICES CHAIR (TABLEAU ORIGINAL, 2024).....	59
<b>TABLEAU 10:</b> GROUPEMENT DES METHODES HOMOGENES QUI SONT UTILISEES POUR L'ESTIMATION DU VOLUME DES ŒUFS.....	70
<b>TABLEAU 11:</b> POIDS ET DIMENSIONS MOYENS DES DIFFERENTS CARACTERES ESTIMES .....	71
<b>TABLEAU 12:</b> TABLEAU DES COEFFICIENTS DE CORRELATION DE PEARSON ET DES PROBABILITES....	72
<b>TABLEAU 13:</b> INFLUENCE DE CHOIX DE L'INTERVALLE DE POIDS DE L'ŒUF SUR LES CARACTERES MORPHOMETRIQUES .....	74
<b>TABLEAU 14:</b> GROUPEMENT DES CATEGORIES HOMOGENES DE L'INTERVALLE DE POIDS DES ŒUFS..	74
<b>TABLEAU 15:</b> GROUPEMENT DES CATEGORIES HOMOGENES DE L'INTERVALLE DU VOLUME DES ŒUFS .....	74
<b>TABLEAU 16:</b> GROUPEMENT DES CATEGORIES HOMOGENES DE L'INTERVALLE DE SURFACE DES ŒUFS .....	75
<b>TABLEAU 17:</b> LES VALEURS MOYENNES POUR CHAQUE CATEGORIE .....	77
<b>TABLEAU 18:</b> STRUCTURE CANONIQUE TOTALE .....	77

## LISTE DES FIGURES

<b>FIGURE 1:</b> DIMENSIONS DE L'APPAREIL REPRODUCTEUR DE LA POULE ET LE TEMPS APPROXIMATIF DE FORMATION DE L'ŒUF (HY -LIN INTERNATIONAL, 2017) .....	4
<b>FIGURE 2:</b> CROISSANCE FOLLICULAIRE CHEZ LES OISEAUX (GALLUS GALLUS) (JOHNSON, 2007).....	8
<b>FIGURE 3:</b> STRUCTURE DE L'ŒUF, D'APRES (SAIDOU ALZOUMA, 2005) .....	11
<b>FIGURE 4:</b> DIFFERENTES STRUCTURES D'UN ŒUF NON FERTILISE A GAUCHE ET FERTILISE A DROITE AU 8EME JOUR D'INCUBATION (J-8), SCHEMA D'APRES (DA SILVA, 2017) (ED : JOUR D'INCUBATION).....	11
<b>FIGURE 5:</b> FRISE CHRONOLOGIQUE ILLUSTRANT LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE CHEZ LA POULE (DA SILVA, 2017)(ED : JOUR D'INCUBATION).....	16
<b>FIGURE 6:</b> FACTEURS AFFECTANT LES RESULTATS DE L'INCUBATION (BOLELI ET AL., 2016) .....	32
<b>FIGURE 7:</b> PERTE DE POIDS DURANT L'INCUBATION (POULTRY HUB AUSTRALIA, 2021) .....	34
<b>FIGURE 8:</b> LA DIMINUTION DE LA MASSE DE L'ŒUF (SAUVEUR, 1988) .....	44
<b>FIGURE 9:</b> LA MESURE DE LA LONGUEUR DU POUSSIN (GUIDE D'INCUBATION. HUBBARD, 2011).....	51
<b>FIGURE 10:</b> THERMO-GRAMME ET MISE EN EVIDENCE DES TEMPERATURES DE SURFACE D'UN POUSSIN (CLINIQUE AVIAIRE ET PORCINE (ENVT)) .....	56
<b>FIGURE 11:</b> GRAPHE DE CORRELATION ENTRE LE POIDS DE L'ŒUF AVANT INCUBATION ET LE POIDS DU POUSSIN A L'ECLOSION ( $P < 0.0001$ ; $R = 0.84$ ; $R^2 = 0.772$ ; L'EQUATION : $Y = 18.43 + 0.99 * X$ ) .....	73
<b>FIGURE 12:</b> LES DISTANCES ESTIMEES ENTRE LES TROIS CATEGORIES CHOISIES .....	76
<b>FIGURE 13:</b> PROJECTION D'ANALYSE DES COMPOSANTES PRINCIPALES (ACP) .....	76

# LISTE DES PHOTOS

<b>PHOTO 1:</b> REPRODUCTEURS CHAIR- COBB500 (ORIGINALE, 2024).....	59
<b>PHOTO 2:</b> ETABLISSEMENT AVICOLE PRIVE SITUE A RDJEL- RECHIGUA (PHOTOGRAPHIE VUE DU CIEL DE GOOGLE MAPS, 2024) .....	59
<b>PHOTO 3:</b> BATIMENTS D'ELEVAGE AVICOLE, REPRO- CHAIR (ORIGINALE, 2024) .....	60
<b>PHOTO 4:</b> UNE BALANCE DE PRECISION ELECTRONIQUE (ORIGINALE, 2024) .....	62
<b>PHOTO 5:</b> MESURE DES DIMENSIONS LINEAIRES DES OAC (ORIGINALE, 2024) .....	62
<b>PHOTO 6:</b> IDENTIFICATION DES ŒUFS (ORIGINALE, 2024) .....	62
<b>PHOTO 7:</b> TRAITEMENT DES IMAGES AVEC IMAGEJ (ORIGINALE, 2024) .....	62
<b>PHOTO 8:</b> LA PLATEFORME D'IMAGERIE; IMAGEJ (ORIGINALE, 2024) .....	63
<b>PHOTO 9:</b> INCUBATEUR DE TYPE INTELLIGENT PULL-OUT HATCHING MACHINE (ORIGINALE, 2024)..	64
<b>PHOTO 10:</b> REPARTITION DES ŒUFS DANS L'INCUBATEUR (LES ŒUFS PLACES HORIZONTALEMENT) (ORIGINALE, 2024) .....	64
<b>PHOTO 11:</b> SEPARATION DES OAC AU J18 (ORIGINALE, 2024).....	66
<b>PHOTO 12:</b> LES POUSSINS ECLOS (ORIGINALE, 2024).....	66
<b>PHOTO 13:</b> PESE DES POUSSINS (ORIGINALE, 2024).....	66
<b>PHOTO 14:</b> MESURE DE LA LANGUEUR DU POUSSIN (ORIGINALE, 2024) .....	66
<b>PHOTO 15:</b> MESURE DE LA LANGUEUR DU METATARSE (ORIGINALE, 2024) .....	66

## LISTE DES ABREVIATIONS

- % : pourcentage.
- °C : degré Celsius.
- **B** : largeur maximale (Breadth).
- **Cm** : centimètre.
- **CMV** : complexe minéral vitaminé.
- **ED** : jour d'incubation.
- **EM** : Energie Métabolisable.
  
- **g** : gramme.
- **HR** : humidité relative.
- **IA** : Intelligence Artificielle.
- **IJ** : Imagej (une plateforme pour l'analyse d'images).
- **J** : jour.
- **Kcal** : Kilo calorie.
- **kg** : Kilo gramme.
  
- **L** : longueur.
- **LMs** : longueur du métatarse du poussin.
- **LPs** : longueur du poussin.
  
- **O.F.A AL** : Observatoire Des Filières Avicoles Algériennes.
- **OAC** : œuf à couver.
- **PC** : pied à coulisse.
- **Pixel**: (PICTure ELement) est l'unité de base d'une image.
- **PP** : poids du poussin.
  
- **S** : surface.
- **V** : volume.
- **W** : poids des OAC avant l'incubation (weight).

## INTRODUCTION

Durant les deux dernières décennies, la filière poulet de chair algérienne traverse une période de transition marquée par le passage d'une économie planifiée à une économie de marché. Entre 2000 et 2005, l'Etat avait consenti d'énormes investissements de l'ordre de 23 millions d'euros pour développer l'amont de la filière par la mise en place d'infrastructures de production tandis que l'aval a été transféré vers le secteur privé qui contrôlerait plus de 70 % des parts de marché (**KACI et al., 2017**).

L'objectif été de viser essentiellement l'autosuffisance alimentaire, grâce à une filière avicole intensive et déconnecté de la sphère agricole, mais qui permettait d'améliorer la ration alimentaire en protéines animales à moindre coût (**ALLOUI NADIR, 2011**). La structure actuelle de cette aviculture résulte des politiques de développement initiées par l'état dans les années 1980. Cette politique de remontée des filières avicole, a permis l'emplacement des industries en amont (constituée par des importateurs d'intrants et des fabricants d'aliments et de CMV), Il est important de souligner aussi la dépendance actuelle du pays en matière d'importation de poussins reproducteurs et œufs à couver qui demeure une contrainte majeure au développement de la filière. Les effets s'en ressentent sur la disponibilité des produits avicoles, la stabilité des prix, la protection des revenus des éleveurs et la préservation du pouvoir d'achat du consommateur. Une dépendance accentuée par le model d'élevage adopté, c'est à dire un model intensif basé sur le recours aux technologies et aux intrants avicoles industriels importés.

On relève un dysfonctionnement chronique fort préjudiciable à l'agissement des filières avicoles dans son ensemble. En effet, d'après l'**Observatoire des Filières Avicoles Algériennes**, durant le premier trimestre 2024, les prix des poussins d'1 jour « chair » se sont maintenus à des niveaux élevés. Ainsi, l'**O.F.A AL** a enregistré des prix des poussins d'un jour « chair » varient autour de 200 DA le sujet chez la plupart des opérateurs selon les souches proposées, pareillement, les prix du poulet de chair ont enregistré des hausses importantes durant le premier trimestre, L'accroissement des prix des viandes blanches était prévisible et attendu tenant compte de certains paramètres liés aux élevages et à la structuration de la filière chair intégralement qui reste dominé par l'aspect spéculatif et informel. Il faudra signalé que le nombre de poussins repro chair durant l'année 2023 entre production locale et importation a dépassé les 8 millions de sujets, Cependant, les facteurs de production sont importés et les enveloppes qui leur sont allouées demeurent

## INTRODUCTION

notables. une hausse de plus de 30 % par rapport aux besoins de la filière chair qui avoisine les 6,5 millions de sujets annuellement (O.F.A AL, 2024).

Aujourd'hui, il est impératif de mettre en place une stratégie pour lutter contre l'aspect spéculatif et informel qui domine ce secteur depuis plusieurs années et entrave son développement et sa professionnalisation. Sa rentabilité dépend, entre autres, d'une bonne maîtrise des facteurs de production ; des œufs à couvrir et des poussins chair.

La phase de couvaision constitue un maillon très important dans l'organigramme de l'aviculture rationnelle. Plusieurs facteurs peuvent influencer la couvaision ; y compris la taille des œufs, l'âge du troupeau reproducteur et la génétique. Établir les caractéristiques d'incubation spécifiques à une souche particulière permet d'optimiser les conditions d'incubation et d'accroître le taux d'éclosion.

Les conditions d'incubation affectent non seulement les résultats d'éclosion mais également la qualité des poussins. L'impact économique de cette dernière est bien plus important à un simple manque ou excès de poussins.

C'est dans cette perspective de développement et de strict respect des normes techniques d'incubation des œufs à couvrir destinées à l'accroissement de la production de chair, que s'inspire notre travail et qui se fixe pour objectifs :

- L'évaluation et la comparaison de la qualité des poussins de 03 catégories de poids d'œufs à couvrir différentes issues d'une seule souche de type Repro-chair, actuellement largement utilisée par les aviculteurs en Algérie.

- Mettre l'accent sur l'une des méthodes de mesure conviviales et rentables afin d'estimer rapidement un volume d'œufs précis avec le moins de contact possible avec les œufs ; ce qui peut entraîner des problèmes de fissuration ou de cassure des coquilles d'œufs, voir même des anomalies de développement embryonnaire à cause de la manipulation brutale des œufs.

**Partie**

**Bibliographique**

## 1. Anatomie de l'appareil reproducteur :

Le système génital des oiseaux est différent de celui des mammifères. N'ayant pas de parties génitales externes, aussi bien les femelles que les mâles, il n'est souvent possible de déterminer le sexe des oiseaux que par les caractères sexuels secondaires que sont : Les couleurs des plumes, la présence de plumes ornementales, le chant, la présence de barbillon, crête, la taille (**FETTAH, 2008**).

**BATELLIER et al. (2004)**, ont souligné que Dans les espèces aviaires, la femelle est hétérogamétique (ZW) et le mâle homogamétique (ZZ), une situation inversée par rapport à celle existant chez les mammifères (mâle hétéro- gamétique XY et femelle homogamétique XX). En effet, **LEZZAR (2017)** a rapporté que l'appareil reproducteur des oiseaux présente des particularités bien distinctes : contrairement aux mammifères, les oiseaux sont ovipares et les chromosomes sexuels sont inversement portés par les deux sexes (XY portés par la femelle et XX portés par le male) ; les gonades masculines sont intra-abdominales et l'organe copulateur est très discret ; seul l'ovaire gauche est fonctionnel et le développement embryonnaire est extra-utérin et extra-abdominale ; les deux appareils génitaux (mâle et femelle) débouchent dans le cloaque (l'urodeum).

### 1.1. L'appareil reproducteur femelle :

L'appareil génital femelle est constitué d'un ensemble d'organes qui assurent la production, la maturation et le transport des ovules ; le stockage des spermatozoïdes après copulation ; la fécondation des ovules ; la formation de l'œuf et son expulsion (la ponte) (**LEZZAR, 2017**).

La poule mature n'a que l'ovaire gauche (le droit non développé régresse rapidement au cours de la croissance). Un ovaire mature porte plusieurs follicules matures, de nombreux follicules immatures et n'a pas de corps jaune.

Après l'ovulation, le follicule devient un follicule post- ovulatoire, un sac aux parois fines régressant sous une dizaine de jours. L'ovaire est fixé au plafond de la cavité cœlomique par le mésovarium entre la partie crâniale du rein et les poumons (**AUTRUFFE, 2019**).

L'appareil reproducteur des femelles des oiseaux est composé de deux parties essentielles : un ovaire et un oviducte du côté gauche seulement (**SAUVEUR, 1988**) (**Figure n° 01**).

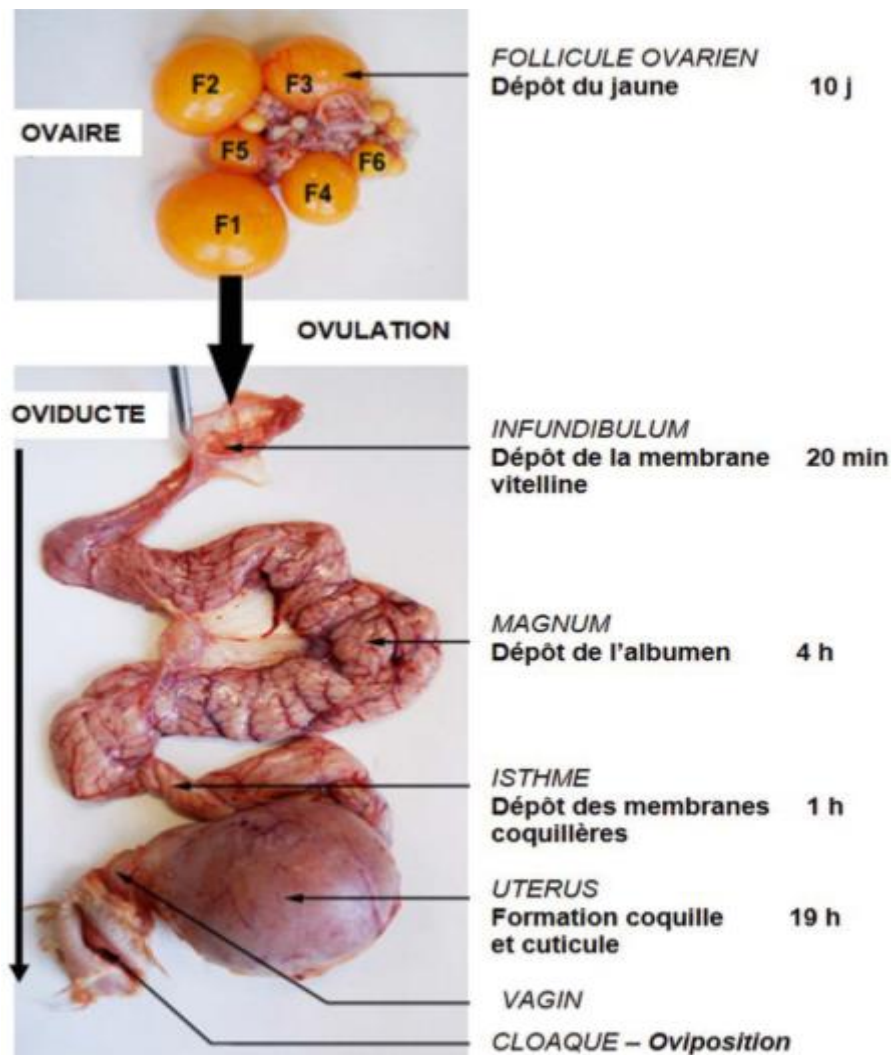


Figure 1: Dimensions de l'appareil reproducteur de la poule et le temps approximatif de formation de l'œuf (Hy -Lin international, 2017)

### 1.1.1. Ovaire

L'ovaire adulte se situe dans la partie supérieure de la cavité abdominale sous l'aorte et la Veine cave postérieure (SAUVEUR, 1988). Chez la poule, c'est une grappe de 7 à 10 gros follicules (ovisacs) et de nombreux petits follicules (plus de 1000 visibles à l'œil nu), chacun d'entre eux étant fixé par un pédicule (MEYER et ROGER, 2009). En période de ponte, la grappe ovarienne devient énorme et les follicules à des degrés divers de maturité apparaissent sous la forme bien connue du « jaune d'œuf » (VILATTE, 2001).

### 1.1.2. Oviducte

C'est un tube étroit qui s'étend de la région de l'ovaire au cloaque. Sa longueur totale est de 70cm chez la poule (SAUVEUR, 1988). D'après LEZZAR (2017), selon son activité physiologique, l'oviducte varie de morphologie et de dimension : au repos, il est rectiligne, grisâtre et fait 18 cm de long sur 2mm de diamètre chez la poule ; et en activité, il est sinueux, blanc mastic, plissé et fait 80 cm de long sur 15mm de diamètre chez la poule. Chez les oiseaux, l'oviducte représente les voies génitales de la femelle (BLESBOIS, 2011). Cette appellation diffère de celle qui est utilisée chez les mammifères chez qui, ce que l'on nomme «oviducte», est juste la partie haute du tractus génital. Pour répondre à cette double fonction, l'oviducte a adopté une compartimentation très précise que BLESBOIS (2011), à décrits dans son article, en partant de sa partie haute, l'infundibulum et en terminant par le vagin.

- ✓ L'infundibulum ou pavillon : 9cm, zone très fine, non rattaché à l'ovaire, en forme d'entonnoir.
- ✓ Le magnum : 33cm, à paroi très extensible. C'est la zone la plus riche en cellulose et glandes sécrétrices.
- ✓ L'isthme : 10cm, est légèrement rétréci par rapport au magnum. La dernière partie (l'isthme rouge), est richement vascularisée, à l'opposé de l'isthme blanc (la première partie).
- ✓ L'utérus ou glande coquillière : a une forme en poche, avec une épaisse paroi musculaire, aux replis internes formant un relief tourmenté.
- ✓ Le vagin : étroit et musculeux, joue un rôle primordial dans la progression et la conservation des spermatozoïdes. Il débouche dans la moitié gauche de cloaque, carrefour des voies intestinales, urinaires et génitales (SOLTNER, 2001).

La dimension de l'appareil reproducteur de la poule est rapportée dans le (Tableau n° 01); qui montre que le magnum est le segment le plus long.

**Tableau 1: Dimensions de l'appareil reproducteur de la poule et le temps approximatif de formation de l'œuf (Hy -Lin international, 2017)**

	Longueur	Temps de formation de l'œuf
<b>Infundibulum</b>	<b>10 cm</b>	<b>15-30 minutes</b>
<b>Magnum</b>	<b>30 cm</b>	<b>2-3 heures</b>
<b>Isthme</b>	<b>10 cm</b>	<b>1 heure</b>
<b>utérus</b>	<b>08 cm</b>	<b>18-20 heures</b>

## 2. Physiologie de la reproduction :

### 2.1. La fertilité :

Elle est maximale au cours de sa 1<sup>ère</sup> année de ponte pour diminuer par la suite (**LISSOT, 1965**). Le taux d'éclosion diminue donc avec l'âge du troupeau. Par ailleurs, le ratio (nombre de femelle/coq) joue un rôle important quant à la fécondité des œufs. Les premières poules commencent à pondre vers l'âge de 4 à 5 mois selon leur prédisposition génétique et leur environnement. La maturité de ponte des hybrides modernes est de plus en plus précoce, à 20 semaines ou même avant (**VAN EEKEREN et al., 2004**).

Le nombre de cochage ne semble pas avoir un effet sur la fertilité des œufs, puisque **FLORSCH (1985)** montre qu'un seul cochage est suffisant pour féconder 8 à 9 œufs. Ce phénomène s'explique par l'existence chez la poule d'une glande tubulaire spécialisée au niveau de l'utérus qui est assimilée à un nid spermatique et qui fait fonction de chambre de conservation des spermatozoïdes, c'est ainsi que, plusieurs œufs fertiles sont pondus à partir d'un seul cochage (**SAUVEUR, 1988**).

### 2.2. Influence de la photopériode :

Il faut signaler que la reproduction des oiseaux est saisonnière ainsi la photopériode agit en stimulant l'activité des gonades avec une exposition minimale à la lumière et installé ainsi un cycle de reproduction. La lumière trop prolongée ou bien l'obscurité dérèglent l'ovulation et donc la ponte (**BLESBOIS, 2011**). Le retour quotidien des alternances jour-nuit est aussi le synchronisateur principal des animaux au sein d'un troupeau. C'est cette fonction, surtout visible chez les espèces domestiques, qui explique que des poules recevant un même cycle d'éclairage pondent toutes leurs œufs à l'intérieur d'une même plage horaire quotidienne d'une durée voisine de 8 heures (**SAUVEUR, 1996**).

Chez la poule, c'est au niveau de l'hypothalamus que les signaux environnementaux sont perçus par les récepteurs sensoriels. Ces signaux sont convertis en sécrétions neuroendocrines qui vont ensuite influencer la morphologie, la physiologie et le comportement. Le système hypothalamus-hypophysaire est ainsi impliqué dans la perception de nombreux signaux environnementaux provenant de l'extérieur, de signaux internes ou d'interactions entre les deux. Par exemple, le changement de la photopériode va directement influencer la sécrétion de GnRH (Gonadotrophine Releasing Hormone) qui joue un rôle direct dans la régulation de la fonction gonadique. A noter que d'autres signaux sont directement intégrés par le système

nerveux central ou le système nerveux autonome comme les réponses comportementales aux interactions sociales (**WALTER, 2007**).

### 2.3. La fécondation :

Lors du coït, il y'a éversion du cloaque du coq et de celui de la poule et l'éjaculation rapide envoie le sperme directement dans les voies génitales femelles. Les spermatozoïdes introduits restent fertiles pendant plusieurs jours (10 à 21 jours chez la poule). La durée de la période fertile dépend du stockage des spermatozoïdes dans les glandes utéro vaginales (appelées aussi glandes spermatiques) d'où ils sont relâchés pour être transportés jusqu'à l'infundibulum où la fécondation des ovules a lieu (**BRILLARD, 1993**).

En reproduction naturelle, le taux de fécondation moyen des œufs varie entre 78 et 91% selon l'âge et l'origine des reproducteurs (coqs, poules) (**BRILLARD et REVIERS, 1989; et AKOUANGO et al., 2005**). Les meilleurs résultats de fécondation sont obtenus avec des reproducteurs (coqs et poules) élevés dans des conditions similaires à celles des pondeuses. Selon **BRILLARD et REVIERS (1989)**, **SMITH (1992)** et **WAGENINGEN et al. (1998)**, le sex-ratio est en général d'un coq pour 10 poules avec des variations en fonction des races. **SALAUN (1988)**, préconise plutôt que pour avoir une bonne fécondation, il faut 8 à 8,5 % de coqs du nombre de poules pour obtenir 90 à 92% d'œufs fécondés dès la 26<sup>ème</sup> semaine d'âge et dès 94 à 97 % la 28<sup>ème</sup> semaine.

## 3. Formation de l'œuf :

A maturité sexuelle, l'ovaire gauche va assurer deux fonctions consécutives : « l'ovulation » ou « la ponte ovulaire » à partir de la grappe ovarienne suivie de « l'oviposition » ou « la ponte de l'œuf » à partir de l'oviducte (**LEZZAR, 2017**). D'après **SAUVEUR (1988)**, l'ovaire et l'oviducte de la poule, sont devenus des organes remarquables par leur « efficacité » de production, premièrement d'ovocytes riches en vitellus et finalement d'œufs coquillés pour la production d'œufs de consommation ou d'animaux de chair, C'est ce qui a été confirmé par **BLESBOIS (2011)**; ainsi que **BATELLIER et al. (2004)**; Les durées moyennes des différentes étapes sont indiquées en heures. Dans l'ovaire, les follicules pré-ovulatoires sont numérotés de **F1 à F6** par ordre de maturité décroissant (**JOHNSON, 2015**). (**Figure n° 01**).

### 3.1. Au niveau de l'ovaire :

Lors de la maturation sexuelle et plus précisément lors de la formation de l'œuf on observe une grosse grappe jaunâtre portant des follicules ovariens (abritant chacun un ovule ou

ovocyte) de tailles différentes : ce sont des ovocytes à différents stades de maturation (**LEZZAR, 2017**), pour **MICHAUX (2005)** Il se chiffre en moyenne à 600, il peut s'échelonner jusqu'à 1000. L'ovulation au vrai sens est assurée par l'ouverture du follicule au niveau du stigma. La captation du jaune de l'œuf par l'infundibulum constitue la première étape de l'ovogénèse (**SAUVEUR, 1988**).

La croissance de l'ovocyte (**Figure n° 02**), se déroule en 3 phases :

- 1) une phase dite « précoce » qui peut durer jusqu'à plusieurs années ;
- 2) une phase de croissance lente de quelques mois, où s'accumulent des couches de vitellus dites « blanches », qui contiennent plus de protéines, et des couches dites « jaunes », comprenant plus de lipides, et enfin ;
- 3) une phase de croissance rapide, où sont transférées de grandes quantités de vitellus « jaune », 6 à 11 jours avant l'ovulation (**NOBLE et COCCHI, 1990**).

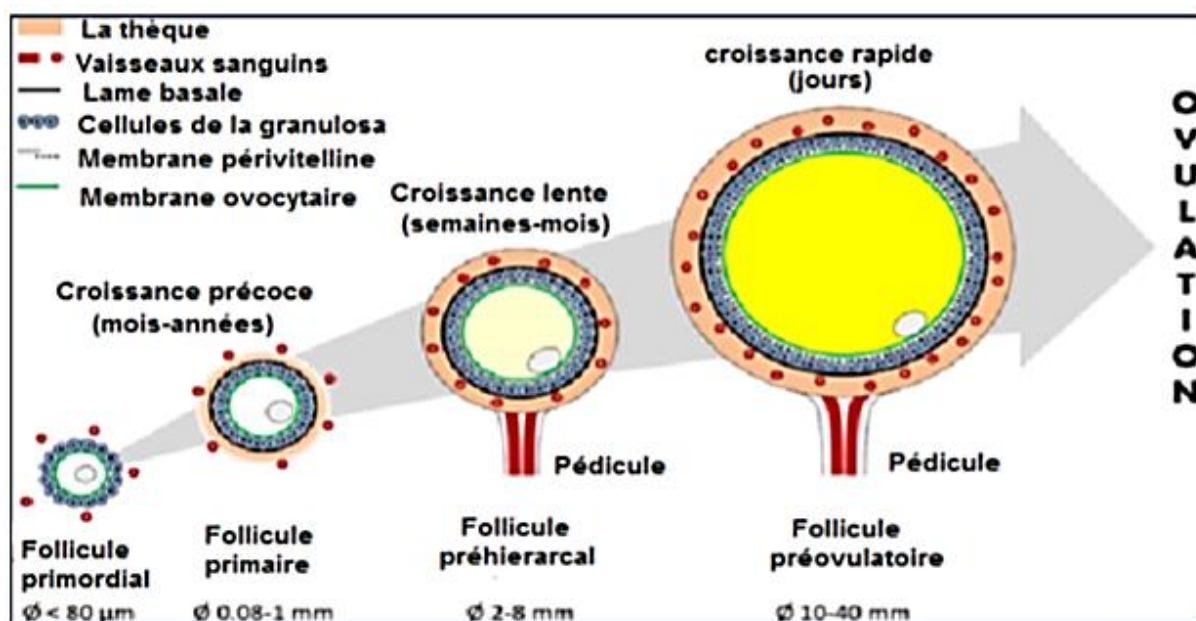


Figure 2: Croissance folliculaire chez les oiseaux (*Gallus gallus*) (**JOHNSON, 2007**)

### 3.2. Au niveau de l'oviducte :

Entre l'ovulation ou émission de l'ovule et la ponte s'écoulent de 24 à 26 heures pendant lesquelles se formeront les membranes et coquilles de l'œuf. L'oviducte de poule présente plusieurs régions ayant chacune un rôle précis (**Tableau n° 1**).

### 3.2.1. L'Infundibulum

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

### 3.2.2. Le magnum

C'est une région contournée et glandulaire, l'œuf y entre selon un grand axe et y demeure 3 heures. Il s'y entoure de fibres de mucine et d'albumen très dense ; la couche de blanc qui se forme ainsi est plus mince en direction du cloaque : Ce sera le petit bout de l'œuf.

La formation de l'albumen ou blanc commence par le dépôt de protéines visqueuses qui au fur et à mesure de la descente de l'œuf et du fait des mouvements de rotation vont prendre une disposition spiralée ; les chalazes (**TETRY et CRIMAIL, 1981**).

### 3.2.3. L'isthme

Il reçoit l'œuf durant 01 heure pendant laquelle se déposent les fibres de kératine qui formeront la double membrane coquillière. Ces dernières sont encore plissées à la sortie de l'isthme, elles sont accolées sur toute leur surface à l'exception de «la chambre à air » (**TETRY et CRIMAIL, 1981**). Le point de départ de l'élaboration de toute coquille d'oiseaux est la formation des membranes coquillières. Les fibres des membranes coquillières sont synthétisées puis sécrétées par les glandes tubulaires de l'isthme. Les constituants organiques des sites de nucléation (noyaux mamillaires) sont déposés en surface de la membrane coquillière externe, dans la partie distale de l'isthme. L'œuf fripé, entouré de ses membranes, migre alors dans l'utérus (**SAUVEUR, 1988 ; NYS et al., 2008**).

### 3.2.4. L'utérus

L'œuf y séjournera de 20 à 22 heures, à ce niveau l'albumen est achevé par imbibition (les 50-60 % restants), il y a apport d'une solution saline qui hydrate l'albumen et lui donne son Volume définitif. Les membranes coquillières sont formées en 03 couches successives :

- une couche mamillaire,
- une couche spongieuse,
- une couche cubulaire qui peut fixer des pigments.

Cet organe est le siège d'une sécrétion abondante de bicarbonate et de calcium et de l'ensemble des précurseurs organiques de la matrice organique de la coquille. En effet La

dilatation provoquée par la présence de l'œuf favorise la sécrétion de calcium, uniquement lorsqu'elle coïncide avec une période de calcification de la coquille (NYS, 2010).

### 3.2.5. Le vagin

L'œuf y séjourne environ un quart d'heure, il assure le transit de l'œuf vers l'extérieur lors de l'oviposition (ponte) L'évagination de cette dernière portion évite le contact direct avec les parois du cloaque et les souillures d'origine fécale (TETRY et CRIMAIL, 1981) (Figure 2).

## 4. Structure de l'œuf :

### 4.1. Définition de l'œuf à couver (OAC):

L'œuf est un produit élaboré, de structure et de composition parfaitement connues. Son élaboration est soumise à un contrôle physiologique précis des organes reproducteurs de la poule, selon une séquence temporelle et spatiale définie (SAUVEUR, 1988 cités par NYS, 2010).

Pour WOLANSKI *et al.* (2007), dans la filière chair, l'œuf, d'une manière générale et l'œuf à couver en particulière, est un œuf fécondé produit par des reproducteurs sains, ayant une maturité sexuelle correct conditionnée par de très bonnes conditions d'élevage et spécialement une très bonne adaptation du programme lumineux. L'œuf produit, dès les vingt sixième semaines d'âge, d'une caractéristique nuancée par l'espèce d'oiseaux.

L'œuf fraîchement pondu est composé de quatre structures élémentaires qui sont formées dans l'appareil reproducteur de la poule à sa maturité sexuelle (17 semaines) : le jaune, la membrane vitelline, le blanc et la coquille (Figure n° 03). Ces structures acellulaires servent de source de nutriments et d'énergie pour l'embryon (ROMANOFF, 1960). Elles contiennent également des molécules actives telles que des protéines antibactériennes (REHAULT-GODBERT *et al.*, 2011). Au cours du développement de l'embryon, des compartiments extra-embryonnaires supplémentaires apparaissent pour maintenir les fonctions vitales de l'embryon comme la digestion ou la respiration. Il s'agit des sacs vitellin, amniotique et allantoïque (Figure n° 04).

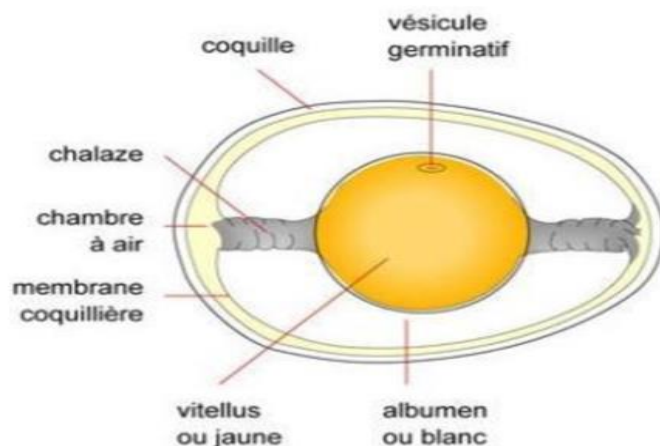


Figure 3: Structure de l'œuf, d'après (SAIDOU ALZOUMA, 2005)

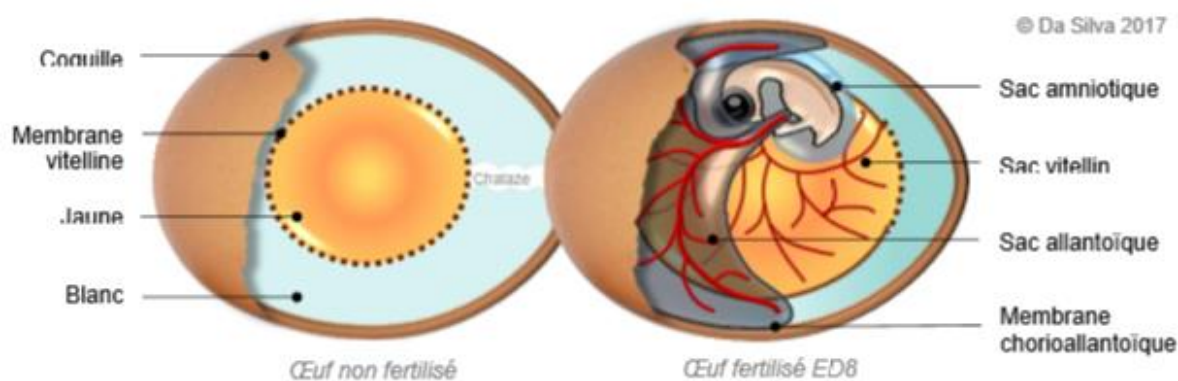


Figure 4: Différentes structures d'un œuf non fertilisé à gauche et fertilisé à droite au 8ème jour d'incubation (J-8), schéma d'après (DA SILVA, 2017) (ED : jour d'incubation)

#### 4.2. Les paramètres morphométriques de l'œuf à couvrir:

Les dimensions moyennes de l'œuf de poule de 60 Grammes (g) sont mentionnées dans le (Tableau n° 02). Le poids de l'œuf de poule est variable en fonction de la souche et de l'âge de la poule. Selon SAUVEUR (1988), il est de 50 à 70 g. Alors que d'autres auteurs tels WAGENINGEN *et al.* (1998), rapportent qu'il est en moyenne de 30 à 70 g.

L'industrie des œufs de poule constitue historiquement un atout important pour de nombreux pays. Parmi toutes les procédures essentielles du secteur, la mesure du volume des œufs joue un rôle très important car elle est directement liée à la qualité du produit et aux revenus (TING ON CHAN *et al.*, 2018).

**SEDGHI et GHADERI (2022)**, ont rapporté que les résultats dans leur recherche lors de comparaison effectuée entre les volumes d'œufs obtenus par déplacement d'eau avec ceux obtenus par un système d'analyse d'images numériques (IA), étaient respectivement les suivants ; la moyenne égale 59.52 cm<sup>3</sup> et 59.62 cm<sup>3</sup> ; avec un maximum de 73.89 cm<sup>3</sup> et 73.53 cm<sup>3</sup> ; et un minimum de 46.18 cm<sup>3</sup> et 47.27 cm<sup>3</sup>.

**Tableau 2: Dimensions moyennes d'un œuf de poule de 60 g (ARZOUR, 2006)**

<b>pois</b>	<b>Grand axe</b>	<b>Petit axe</b>	<b>Grande circ.</b>	<b>Petite circ.</b>	<b>Volume</b>	<b>Surface</b>
<b>60g</b>	<b>5.8 cm</b>	<b>4.2 cm</b>	<b>16 cm</b>	<b>13 cm</b>	<b>55 cm<sup>3</sup></b>	<b>70 cm<sup>2</sup></b>

#### **4.2.1. Contrôle du poids de l'œuf :**

Le poids de l'œuf varie de 50 à 70 g (extrême de 45 à 75 g) principalement avec l'âge et secondairement avec le croisement commercial de la poule. Le poids de l'œuf augmente considérablement au cours de l'année de production mais cette évolution ainsi que le poids moyen de l'œuf dépend de la lignée de poule, notamment en liaison avec son poids corporel. Cette augmentation a été fortement limitée par la sélection pour les lignées commerciales actuelles. Le poids de l'œuf brun variait de 53 à 67 g entre 30 semaines et la fin de production en 1981, contre une variation de 60 à 65,5 g pour la même période en 2007 (**NYS et al., 2008**).

En effet, le poids des œufs d'une jeune poule atteint 60 g à 26 semaines puis tend à se stabiliser à 65 g à partir de 50 semaines. Il s'élève à environ 68 g vers 80 semaines d'âge (**BEAUMONT et al., 2010**). L'augmentation du poids de l'œuf au cours d'un cycle de ponte, liée au vieillissement de la poule, s'accompagne d'une augmentation de la part relative de jaune et d'une diminution de la part de la coquille (**TERNES et al., 1994**).

#### **4.2.2. Intérêts et méthodes de mesure des paramètres géométriques de l'œuf à couver :**

La taille des œufs peut être utilisée pour prédire un certain nombre de variables importantes dans l'écologie aviaire. Souvent utilisés comme indicateur de l'investissement des femelles dans la reproduction, les œufs plus gros éclosent pour donner des poussins plus lourds qui ont plus de chances de survivre (**BOERSMA, 1982 ; NARUSHIN et al., 2002 ; REID et BOERSMA, 1990 ; WILLIAMS, 1994**).

Les dimensions linéaires des œufs ne changent pas pendant l'incubation, elles peuvent être utilisées pour prédire le volume et le poids des œufs frais (HOYT, 1979).

Il existe cependant au jour d'aujourd'hui, différentes méthodes pour mesurer les paramètres géométriques des œufs à couver, elles peuvent être réparties en deux groupes :

#### 4.2.2.1. La morphométrie classique :

La morphométrie permet d'étudier la variation géométrique de corps et de formes biologiques et de la corrélérer avec des variables ou des facteurs biologiques potentiellement explicatifs (BOOKSTEIN 1991; CUCCHI et al. 2015).

La morphométrie est par définition, une étude de forme (aspect physique d'un objet dans l'espace), qui comprend à la fois les notions de taille (l'échelle de l'objet) et de conformation (l'information spatiale hors échelle intrinsèque de l'objet) et que l'on peut formaliser par l'équation de NEEDHAM "*forme = taille + conformation*" (METAIRIE, 2014; PERRARD, 2012).

On peut alors distinguer plusieurs types d'analyses morphométriques. La morphométrie dite « classique » ou « traditionnelle » (MT) se base sur l'étude multi variée de mesures (ex. longueurs, angles, aires, volumes) pour décrire et discuter des déterminismes environnementaux et génétiques de groupes biologiques établis (MOSIMANN, 1970). La morphométrie dite « géométrique » (MG) révolutionne dans les années 80 cette approche en permettant de caractériser la forme d'un objet par l'ensemble des coordonnées de points de repères, dits « homologues » ou « landmarks » (BOOKSTEIN, 1991; MOSIMANN, 1970), ou points d'ancrage (TROSCIANKO, 2014).

#### 4.2.2.2. La modélisation géométrique :

D'après ALAIN (2012), La modélisation est devenue une méthodologie incontournable dans les sciences et les technologies du vivant. Selon l'auteur, Les éléments méthodologiques pour aborder la modélisation, Il s'agit d'analyser le processus qui conduit à un modèle, à savoir à une représentation formelle d'un objet ou d'un phénomène du monde réel, en l'occurrence biologique ou écologique. La partie la mieux connue de la modélisation est fondée sur les mathématiques et encore de façon plus restreinte sur les modèles à variables et paramètres prenant des valeurs numériques.

Un modèle statistique représente mathématiquement les relations entre des grandeurs variables à chaque répétition des observations. Les objets mathématiques qui les forment,

équations ou relations codées informatiquement, permettent par le calcul de reproduire la distribution des données observées ayant servi à les établir. Les modèles statistiques permettent une forme de prédiction: en supposant la persistance dans le temps des mêmes processus subjacents aux données, les modèles statistiques produisent des prévisions probabilistes des résultats possibles lors de répétitions d'un phénomène ou d'une expérience dans les mêmes conditions. (BOTTANI, 2019).

### **4.3. Formation et évolution des structures de l'œuf à couver (OAC) :**

#### **4.3.1. Les structures primaires de l'œuf :**

La formation de l'œuf dure environ 24 heures à partir de l'ovulation. Une fois libéré par l'ovaire, l'ovocyte entouré de la membrane vitelline interne, va pénétrer dans l'oviducte et transiter dans les différents compartiments de l'appareil reproducteur, où seront déposés successivement les autres constituants de l'œuf : la membrane vitelline externe dans l'infundibulum, le blanc dans le magnum, les membranes coquillères interne et externe dans l'isthme, et la coquille dans l'utérus. Le jaune, le blanc et la coquille d'œuf représentent respectivement 29%, 61,5% et 9,5% du poids total de l'œuf non embryonné (NYS et GUYOT, 2011).

##### **4.3.1.1. Le jaune ou vitellus**

Le jaune est la première structure de l'œuf qui se forme. Il apparaît au cours du processus de la vitellogenèse dans l'ovaire de la poule, lorsque le vitellus vient s'accumuler dans l'ovocyte. L'œuf de poule est ainsi qualifié de télolécithe, car il possède des réserves importantes de vitellus, qui constituent une source d'énergie pour l'embryon au cours de l'incubation. Les données exposées ici sont principalement extraites du chapitre de l'encyclopédie de la Reproduction sur la vitellogenèse et les protéines du jaune chez les oiseaux (GUYOT et *al.*, 2022).

##### **4.3.1.2. La membrane vitelline**

La membrane vitelline est la seconde structure de l'œuf à apparaître. Elle forme une matrice protéique extracellulaire tout autour de l'ovocyte contenant le jaune, et le sépare ainsi physiquement du blanc d'œuf. D'une épaisseur de 10  $\mu\text{m}$ , la membrane vitelline se décompose en deux couches formant des réseaux de fibres protéiques : une couche interne qui fait face à l'ovocyte et une couche externe du côté du blanc d'œuf. Ses constituants sont sécrétés dans l'ovaire par les cellules de la granulosa qui entourent l'ovocyte (**Figure n° 02**),

et par le foie, tout comme les composés du jaune. A l'inverse, la membrane interne se forme après l'ovulation, dans l'infundibulum, le premier segment de l'oviducte qui est également le siège de la fécondation (DA SILVA, 2017).

#### **4.3.1.3. Le blanc ou albumen**

Le blanc déposé autour de la membrane vitelline constitue la réserve d'eau de l'œuf. Il concentre en outre une grande partie des protéines de l'œuf, et surtout des protéines et peptides antibactériens, des anti-protéases et des chélateurs de vitamines et d'ions métalliques (DA SILVA, 2017).

#### **4.3.1.4. Les chalazes**

C'est une paire de cordons d'albumen (3% d'albumen). Il s'agit de chalaze sénestre (située sur le côté droit de l'embryon) et de chalaze dextre (sur son côté gauche), enroulés. Elles fixent solidement le vitellus et son contenu au centre de l'œuf (BRILLARD, 2005).

#### **4.3.1.5. La chambre à air**

Un espace d'air ou cellule d'air est une poche d'air que l'on trouve généralement à la grande extrémité de l'intérieur de l'œuf, entre la membrane externe et la membrane interne. Cette cellule d'air est créée par la contraction du contenu interne pendant le refroidissement de l'œuf et par l'évaporation de l'humidité. La taille de la chambre à air augmente au fil du temps après l'oviposition de l'œuf (LAMMIE *et al.*, 2005).

#### **4.3.1.6. La coquille**

L'étape finale dans la formation de l'œuf est le dépôt de la coquille, un processus qui dure environ 17 heures. Elle vient entourer toutes les autres structures de l'œuf, et forme la première barrière physique protégeant l'œuf contre les agressions physiques et microbiennes. La coquille comporte différentes couches dont la cuticule et la couche palissadique ancrées directement sur les membranes coquillières grâce aux noyaux mamillaires. Les pores qui la traversent de part en part régulent les échanges d'eau et de gaz avec l'extérieur, et sa composition riche en calcium permet un apport pour la formation du squelette de l'embryon lors de son développement (ROMANOFF, 1960; FREEMAN et VINCE, 1974).

### 4.3.2. Les structures extra-embryonnaires de l'œuf :

Les sacs vitellin, amniotique et allantoïque apparaissent dès les premiers stades du développement (**Figure n° 05**). Ils sont directement dérivés du blastoderme (feuilles embryonnaires), et possèdent chacun des propriétés distinctes en accord avec leurs fonctions au cours de l'incubation. Ils évoluent dans l'œuf en interaction avec les milieux intérieur et extérieur de l'œuf (**ROMANOFF, 1960**).

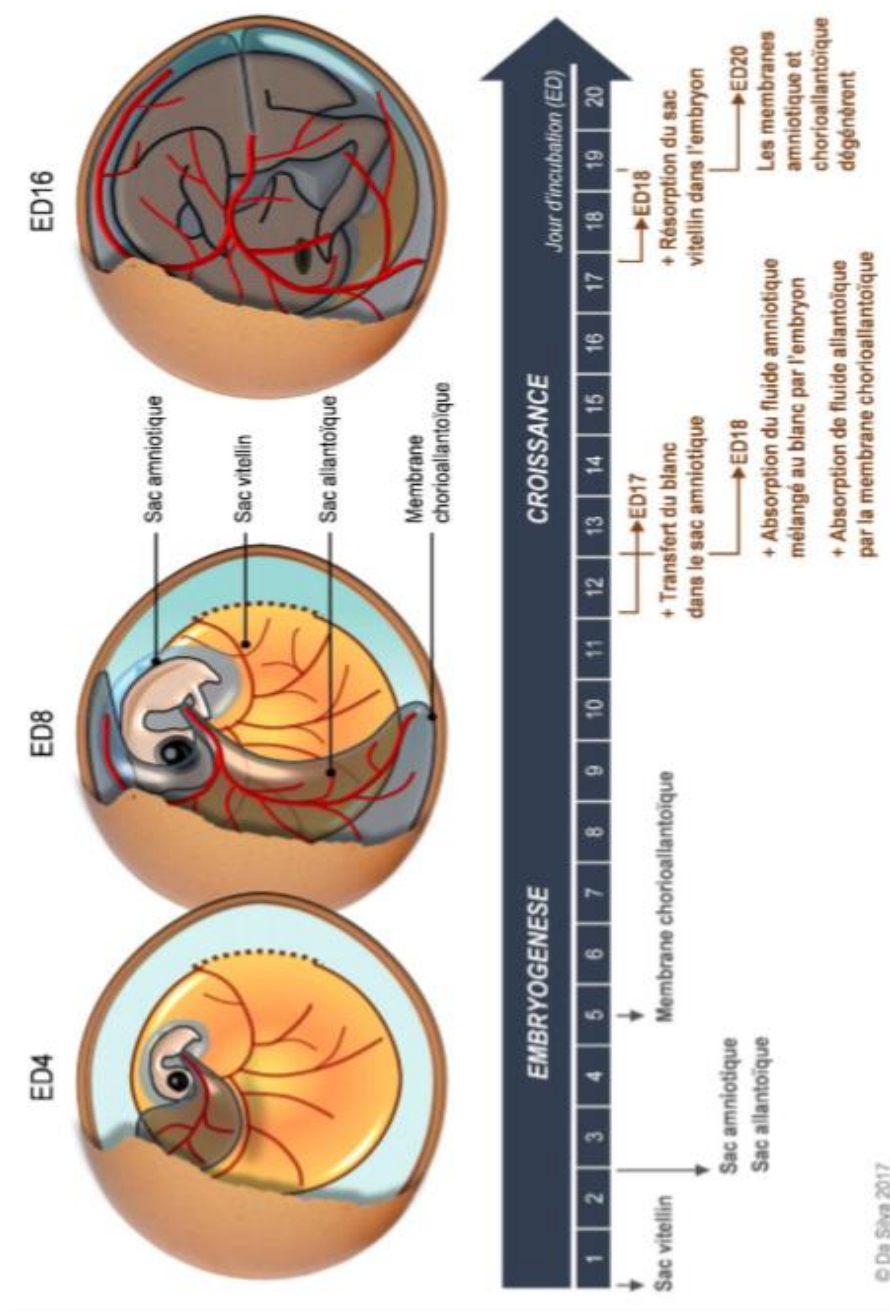


Figure 5: Frise chronologique illustrant le développement embryonnaire chez la poule (DA SILVA, 2017)(ED : jour d'incubation)

#### 4.4. Composition globale de l'œuf à couver :

L'œuf est constitué de 60 % de blanc et de 30 % de jaune, contenus dans une coquille qui représente 10 % du poids total. Les parts relatives de chacun des constituants varient dans des proportions importantes en fonction de l'âge de la poule et, dans une moindre mesure, entre individus, en fonction de certaines conditions environnementales ou lors de carences alimentaires de la poule (SAUVEUR, 1988). L'œuf de poule sans coquille contient 74,4 % d'eau et deux séries de nutriments majeurs : des protéines (12,3 % ; 6,7 g/œuf, soit 30 % du besoin quotidien de l'homme/100 g d'œuf) et une quantité équivalente de lipides (11,9 %). Il renferme toutes les vitamines (sauf la vitamine C), de très nombreux minéraux et oligo-éléments. L'œuf est pauvre en énergie (85 kcal soit 6 % seulement du besoin quotidien de l'homme/100 g d'œuf). Le blanc est une solution aqueuse de protéines et de sels minéraux mais dépourvue de lipides alors que le jaune contient 78 % des calories et tous les lipides. Les vitamines, qu'elles soient liposolubles ou hydrosolubles, sont majoritairement présentes dans le jaune, exception faite de la riboflavine et la niacine (vitamines B2 et B3) que l'on retrouve principalement dans le blanc d'œuf (NYS et SAUVEUR, 2004).

#### 5. Qualité de l'œuf à couver :

La qualité des œufs fait référence à diverses normes qui définissent la qualité externe et interne. Les qualités externes et internes des œufs sont d'une importance majeure pour l'industrie des œufs dans le monde entier. Cependant, elles ne reçoivent pas l'attention qu'elles méritent dans les pays en voie de développement (ROBERTS, 2004).

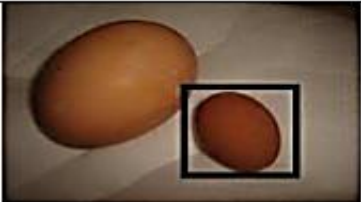




La qualité de l'œuf se révèle fortement influencée par les modifications physiologiques liées à l'âge de la poule, à une mue ou par les conditions environnementales (température, lumière et système d'élevage). Le poids de l'œuf augmente avec l'âge des poules, du fait notamment d'un accroissement de la part de jaune. L'âge de la poule réduit la qualité de la coquille ainsi que les propriétés fonctionnelles des œufs. La mue restaure, pour un cycle plus court, les performances des poules et la qualité des œufs, dégradée en fin de premier cycle. L'augmentation de la température ambiante en élevage entraîne, dès 30°C, des perturbations de l'équilibre acidobasique et une chute de la consommation d'aliment. Celles-ci réduisent la production d'œufs, leur poids et leur qualité de coquille. La qualité sensorielle, nutritionnelle ou technologique de l'œuf est faiblement affectée et de manière inconstante par le système de production, volière ou cage. Certaines cages aménagées ont initialement engendré une détérioration de l'intégrité des œufs mais des modifications de leur conception, de la

disposition des aménagements et de la taille du groupe aboutissent progressivement à l'obtention de résultats comparables à ceux obtenus en cages conventionnelles. (TRAVEL et al., 2010).

## 6. La caractérisation des œufs anormaux:

PIERRE GUCHE (2009), a proposé le **Tableau n° 03** ; la caractérisation des œufs anormaux :

**Tableau 3: caractérisation des œufs anormaux (PIERRE GUCHE, 2009)**

<b>Œufs minuscules</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Absence de jaune.</li> <li>-Apparition en fin de ponte.</li> <li>-Dus à une ovulation trop importante.</li> </ul>
<b>Œufs énormes</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Présence de 2 jaunes dans un même œuf.</li> <li>-Dus à une ovulation rapide.</li> </ul>
<b>Œufs sans coquilles</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Apparition en début de ponte.</li> <li>-Dus à un déséquilibre phospho-calcique.</li> </ul>
<b>Œufs avec coquille fripée</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Coquille ridée en cas de bronchite infectieuse aviaire (maladie virale).</li> </ul>
<b>Œufs avec des concrétions calcaires (rugosités)</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Apparition chez les poules âgées.</li> <li>-Apparition en cas de mycoplasmoses (maladie bactérienne).</li> </ul>

<b>Œufs avec coquilles très molles</b>		<p>-Appelés « œufs hardés ».</p> <p>-Dus à une maladie virale à adénovirus.</p>
<b>Œuf avec une tache de sang sur la coquille</b>		<p>-Apparition en période de ponte intensive (forte irrigation de l'ovaire).</p>
<b>Œuf avec une tache de sang à l'intérieur de l'œuf</b>		<p>-Apparition en période de ponte intensive (forte irrigation de l'ovaire).</p> <p>-Le sang s'échappe dans le blanc et s'incorpore dans celui-ci.</p>
<b>Œufs avec des taches en auréole</b>		<p>-Signe d'une infection au niveau de l'appareil reproducteur.</p>
<b>Œufs avec des taches roses ou brunâtres</b>		<p>-Signe d'une parasitose notamment l'infestation par les poux rouges.</p>

## 7. L'embryologie de l'œuf :

### 7.1. Notion embryologie :

La durée du développement embryonnaire de l'oiseau varie en fonction de celle de la vie de l'oiseau car toutes deux correspondent à sa vitesse de croissance. Elle est de 21 jours chez les poulets domestiques. Comme le poids d'abattage des animaux est atteint de plus en plus tôt (entre 35-42 jours), le développement embryonnaire représente 33 à 38 % de la vie d'un poulet de chair moderne. Quand on englobe la période d'incubation et la période

périnatale (jusqu'à 4 jours après éclosion), l'ensemble représente plus de 50 % de la vie de l'animal. (SONIA *et al.*, 2019),

## 7.2. Etapes de la croissance embryonnaire :

Les différents processus embryologiques aboutissant à la formation d'un futur poussin à partir d'une cellule fécondée sont complexes et peuvent être classés en trois étapes (LE DOUARIN, 2004):

- **Etape 1 : de différenciation**, elle correspond à la formation et à la mise en place des différents tissus et organes à partir d'une cellule mère (ovule x spermatozoïde).
- **Jour 1** : L'embryon est déjà constitué des 3 couches de cellules:
  - ✓ **l'ectoderme**: qui donnera la peau, les plumes, le bec, le système nerveux, les griffes, les yeux et la bouche ;
  - ✓ **le mésoderme**: qui donnera le squelette, les muscles, le sang et les organes reproducteurs ;
  - ✓ **l'endoderme**: qui donnera les organes respiratoires, les systèmes sécréteurs et digestifs (CIE, 2019).
- **Etape 2 : de croissance**, elle est caractérisée par un important développement de tous les organes et s'achève vers le **16ème jour**.
  - **Au 4ème jour de l'incubation**, il y a formation des vaisseaux sanguins et du cœur.
  - **Au 7ème jour**, tous les organes vitaux sont en place. C'est l'âge où il est très utile de mirer les œufs pour éviter les non fécondés (œufs clairs).
  - **Au 11ème jour**, le corps, la tête, le cou, le bec et les membres du futur poussin sont bien distincts bien que la taille des yeux est toujours disproportionnée.
  - **A partir du 14ème jour** de développement, l'embryon sera entouré d'une double enveloppe, l'amnios et l'allantoïde. Dans ce dernier tiers de développement pour la poule, l'embryon aura donc accès à d'autres nutriments présents dans ces deux annexes (riches en eau et en protéines) (BOURIN *et al.*, 2011). Au 14ème jour s'achève la formation des plumes. C'est l'âge du 2ème mirage pour contrôler le bon développement de la chambre à air, qui est vitale pour la survie du poussin (adapter le taux d'humidité).
- **Etape 3** : de maturation des systèmes physiologiques qui a lieu la dernière semaine de l'incubation (**17-20 jours**) et se poursuit la première semaine post-éclosion. Cette maturation s'achemine vers la préparation du poussin à la sortie de l'œuf. La chambre à

air est totalement absente car sans cet espace supplémentaire, le poussin n'a aucune chance de bouger, de piquer la coquille et de clore.

- **Au 21<sup>ème</sup> jour**, Après vingt jours, le poussin est dans sa position d'éclosion, le bec a percé la chambre à air, et la respiration pulmonaire a commencé. Après 21 jours d'incubation, le poussin sort finalement de sa coquille. L'allantoïde, qui lui a servi de poumons, sèche car le poussin utilise ses propres poumons. Lors de l'éclosion, l'annios et l'allantoïde sont éliminés avec la coquille, l'albumen a été utilisé et le vitellus restant se rétracte dans l'abdomen de l'animal (**BOURIN et al., 2011**).

### **7.3. Position correct du poussin dans l'œuf:**

Selon **ROMANOFF (1967)**, la position des poussins dans l'œuf est connue comme suite : la tête penche vers l'avant ; le bec sous l'ail droit ; le cou dirige vers la chambre à air ; les pattes placés de chaque côté du corps.

### **7.4. Phases critiques du développement embryonnaire :**

Bien que la mortalité embryonnaire puisse intervenir à tout moment, elle est plus fréquente à certains stades particuliers qui sont les 48 premiers heurs, le voisinage de 5<sup>ème</sup> jour, les jours 17 à 19 et à l'éclosion. (**SAUVEUR, 1988**).

#### **7.4.1. Mortalité embryonnaire aux 48 heures premières :**

Dans cette période la mortalité est très généralement sous-estimée, les œufs considérés comme des œufs clairs. Les stades de plus grande fragilité sont l'établissement de la ligne primitive (10-16 heures) et la mise en place du réseau sanguin vitellin au cours du 04<sup>ème</sup> jour (**ROMANOFF, 1967**).

#### **7.4.2. Mortalité embryonnaire au 5<sup>ème</sup> jour d'incubation :**

L'embryon présente à ce moment une sensibilité élevée aux chocs et vibration du fait de l'achèvement de la vésicule vitelline et de la disposition de la membrane vitelline. Préférable de proscrire les mirages jadis pratiqués à ce stade (**SAUVEUR, 1988**).

**BARONE (1993)**, a rapporté que la coquille perd, environ 0,4 g de substance sèche pendant l'incubation pour un œuf de 54,2 g. Le rôle respiratoire du réseau allantoïdien n'est pas moins important et on comprend, que la vie de l'embryon soit directement menacée par

tout retard survenant dans la mise en place de réseau. Les facteurs qui peuvent entraîner un tel retard, (les plus importants) sont les suivants :

- Les erreurs dans le réglage thermique peuvent influencer sur la température cette dernière influe sur la vitesse de développement de l'allantoïde, lorsque l'incubation commence à une température trop basse, l'allantoïde n'est pas encore capable de remplir ses fonction lorsque la respiration vitelline est devenue insuffisante pour la poursuite de développement (**ROMANOFF, 1967**).
- Le retournement insuffisant des œufs ici indispensable que les œufs soient retournés au moins deux fois par jour, du début à la fin de l'incubation, les œufs doivent effectuer chaque fois une rotation de 90° à 120° autour de leur grand axe (**ROMANOFF, 1967**),  
On arrive à la pratique optimale d'un retournement toute les deux heures ; le mouvement ainsi imprimés à l'œuf, jouent un rôle dans la mise en place et l'extension de l'allantoïde favorisent la mise en place des réseaux circulatoires et surtout évite le collage qui survient à la suite d'un contact prolongé entre le blastoderme ou ses dérivés et la coquille (**ROMANOFF, 1967**).

#### **7.4.3. Accident de fin d'incubation :**

A partir du 15<sup>ème</sup> jour d'incubation est également la phase pour l'embryon, la plus critiques est cependant la mise en place de la respiration aérienne (18-20<sup>ème</sup> jour) qui constitue le stade de mortalité le plus fréquent. Les causes principales s'opposent à cette respiration sont :

- Une persistance du liquide amniotique.
- Des troubles mécaniques dus à des mal position de l'embryon, ces anomalies (tête bloquée entre les pattes, têtes sous l'aile gauches, etc.), sont d'origine génétique mais pourraient dépendre quelques fois de la température d'incubation.
- Des affections du système respiratoire ou nerveux (**SAUVEUR, 1988**).

#### **7.5. L'utilisation des constitutions de l'œuf lors du développement embryonnaire :**

L'œuf se forme de manière séquentielle et temporelle le long de l'appareil reproducteur de la poule, chaque segment de l'oviducte exprimant et sécrétant des protéines spécifiques du blanc d'œuf (magnum), des membranes coquillières (isthme) et de la coquille (utérus). Cet ensemble de réserves permettra le développement autonome d'un embryon en 21 jours dans un milieu externe (**SOPHIE et al., 2007**). Durant les premiers stades de développement (jusqu'à 3<sup>ème</sup> jour surtout) l'équipement enzymatique de l'embryon est trop réduit pour lui

permettre de dégrader des molécules complexes, l'embryon utilise les substances simples à l'état libre le glucose du blanc est source d'énergie et les acides aminés libres du jaunes servent aux premières synthèses protéiques (SAUVEUR, 1988).

- a) **Source d'énergie** : L'embryon synthétise ses glucides à partir des acides aminés du jaunes, cette opération est effectuée par le foie (SAUVEUR, 1988).
- b) **Source protéine** : Les protéines du blanc sont surtout utilisées à partir du 13<sup>ème</sup> jour, parmi ces protéines, le lysozyme a une fonction anti bactérienne, l'ovotransferrine est utilisée pour le transport sanguin du fer mais les protéines du jaune commencent dès les premières heures d'incubation, sont utilisés par l'embryon sous forme acides aminés élémentaires (SAUVEUR, 1988).
- c) **Comme source d'eau et minéraux** : Selon RAMAFFON (1967), pendant les 05 premiers jours d'incubation, 20 des 30 g d'eau du blanc sont utilisées par l'embryon, la réduction de volume qui en résulte permet au blanc de se concentrer au petit bout de l'œuf ou il est progressivement entouré par l'allanto-chorion. Le phosphore est utilisé à partir du 18<sup>ème</sup> jour de développement pour la construction des ébauches de squelettes. Le calcium est lié aux protéines du jaune puis est prélevé sur la coquille, il active après le 1<sup>er</sup> jour, 100 mg sont prélevés sur la coquille et l'autre dissous et absorbé et transporté jusqu'à l'embryon dans les capillaires sanguins (SAUVEUR, 1988).

## 8. Principaux facteurs de variation de la composition de l'œuf :

L'œuf contient l'ensemble des nutriments indispensables au développement de l'embryon dans un milieu extérieur. Des variations de composition de ses constituants sont observées, liées en premier lieu à la poule elle-même selon son origine génétique et son âge, mais aussi à son alimentation et au système de production. Les macro-constituants de l'œuf comme les teneurs en matière sèche, en lipides, en protéines, et en macroéléments minéraux sont très peu variables (BOUVAREL *et al.*, 2010).

### 8.1. Effets de l'âge de la poule :

Les influences de l'âge sur l'œuf sont parfaitement connues mais davantage subies que maîtrisées (TRAVEL *et al.*, 2010), Le poids de l'œuf varie de 50 à 70 g (extrême de 45 à 75 g) principalement avec l'âge et secondairement avec le croisement commercial de la poule. Le poids de l'œuf augmente considérablement au cours de l'année de production mais cette

évolution ainsi que le poids moyen de l'œuf dépend de la lignée de poule, notamment en liaison avec son poids corporel. (TRAVEL *et al.*, 2010). Par ailleurs, L'augmentation du poids de l'œuf au cours d'un cycle de ponte, liée au vieillissement de la poule, s'accompagne d'une augmentation de la part relative de jaune et d'une diminution de la part de la coquille (TERNES *et al.*, 1994).

L'indice de forme de la coquille (L/l de l'œuf) augmente avec l'âge des poules pondeuses. En début de production, les œufs ont plutôt une forme ronde qui tend progressivement à s'allonger au cours de l'année de ponte. Cette modification de la forme de l'œuf résulterait d'un affaiblissement de la tonicité musculaire de la glande coquillière chez les poules âgées (ROMANOFF *et ROMANOFF*, 1949).

## 8.2. Effets de l'origine génétique des animaux et de la sélection :

L'amélioration génétique des poules pondeuses est réalisée dans des programmes de sélection pyramidaux. À l'étage de sélection, les animaux de lignée pure sont habituellement élevés en cage individuelle, durant tout ou partie de leur carrière, afin de permettre le contrôle de leurs performances individuelles. Les critères de sélection classiquement enregistrés sont liés au poids vif de l'animal, à la production (nombre d'œufs pondus) et aux qualités d'œuf (poids et forme de l'œuf, solidité et couleur de la coquille, qualité du blanc et proportion de jaune (BEAUMONT *et al.*, 2010).

La production d'œufs, définie par le nombre d'œufs pondus sur une période donnée ou par l'intensité de ponte (nombre d'œufs pondus divisé par le nombre de jours de la période), est le critère majeur pris en compte dans les schémas de sélection des poules pondeuses. Influencée par l'environnement, dont principalement la photopériode (SAUVEUR, 1996 ; ENGLAND *et RUHNKE*, 2020), elle est aussi sous la dépendance d'une composante génétique. Ainsi, l'existence d'une variabilité d'origine génétique pour la production d'œufs a contribué à atteindre le niveau de production actuel chez les poules commerciales, capables de pondre plus de 300 œufs par an.

Après une sélection intensive sur la maturité sexuelle et la production d'œufs jusqu'à 55 semaines, les sélectionneurs s'intéressent maintenant aussi à la persistance de ponte, c'est-à-dire la capacité des poules à avoir une carrière de ponte plus longue (BAIN *et al.*, 2016). Actuellement, les poules pondeuses sont élevées jusqu'à environ 72 semaines d'âge.

Prolonger leur carrière jusqu'à 100 semaines, pour une production totale de près de 500 œufs par poule, permettrait de réduire les effectifs (**LORRY BECOT et al., 2021**).

### **8.3. Effets du mode d'élevage :**

Classiquement, un élevage en cages augmente le poids de l'œuf de 1 à 2%, mais **SAUVEUR (1991)** souligne la variabilité de cet effet et la présence de réductions importantes pouvant atteindre 10% dans certains élevages fermiers, du fait des pratiques d'élevage. Cette réduction quand elle est présente, est associée à une diminution de la part de jaune. En revanche, aucune variation répétable de la composition de l'œuf, teneurs en lipides ou en protéines ou encore en matière sèche n'est mise en évidence (**HIDALGO et al., 2008**), en accord avec la stabilité des constituants majeurs de l'œuf (**NYS et SAUVEUR, 2004**).

Pour les acides gras de l'œuf et les constituants mineurs dont la teneur dans l'œuf est directement influencée par l'alimentation de la poule, les variations révélées par les publications comparant la composition d'œufs issus des différents systèmes d'élevage, se caractérisent par leur inconstance et l'absence d'une tendance en faveur d'un système. La composition globale de l'œuf est en effet indépendante du type de logement des poules dans la mesure où l'alimentation est identique. Cependant, l'accès au parcours donne la possibilité aux poules de consommer des matrices environnementales (sol, herbe, vers, insectes) et pourrait, de ce fait, favoriser l'ingestion de substances indésirables, telles que les polluants organiques persistants (**JONDREVILLE et al., 2010**).

### **8.4. Effets de l'alimentation des poules pondeuses :**

L'alimentation de la poulette influence sa courbe de croissance et donc son poids vif et sa composition corporelle au moment de l'entrée en ponte. Par là même, elle peut modifier les caractéristiques ultérieures de sa production d'œufs (**BOUVAREL et al., 2010**).

En effet, pour favoriser la formation de la coquille, il faut offrir à la poule un accès au calcium alimentaire juste avant et pendant la formation de la coquille, c'est-à-dire majoritairement le soir. La consommation calcique du matin joue aussi un rôle non négligeable pour les œufs de fin de série. En revanche, la poule est toujours peu sensible à un faible apport calcique alimentaire en milieu de journée (**SAUVEUR, 1991**).

Selon **VAN EEKEREN et al. (2004)**, un accroissement de la production d'œufs va de pair avec une augmentation de la consommation alimentaire. Par exemple, la ponte supplémentaire

d'un œuf de 65 grammes indique une consommation supplémentaire de 130 grammes de nourriture.

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

- un abaissement du taux protéique alimentaire va entraîner une réduction du poids de l'œuf portant d'avantage sur le blanc.
- un régime déficient en lipides et notamment en acide linoléique peut faire diminuer le poids de l'œuf de 01 g, les besoins de la poule sont couverts par un apport quotidien de 01 g.
- l'incorporation de sucre en substitution d'amidon permet d'augmenter significativement le poids du jaune.
- la supplémentation des régimes en magnésium, manganèse, zinc, iode, sélénium peut augmenter la teneur du blanc en ces éléments alors que la teneur en fer est plus stable **(SAUVEUR, 1988)**.
- le transfert de certaines vitamines (A et B) à l'œuf semble être légèrement augmenté par l'utilisation de certains antibiotiques (Bacitracine et Flavomycine), à l'opposé il est réduit en présence de grandes quantités de pigments **(SAUVEUR, 1988)**.

## 1. Définition de l'incubation:

Appelée aussi (couvaision) phase durant laquelle l'embryon d'oiseau se développe dans l'œuf jusqu'à l'éclosion (**CLEMENT, 1981**). Les œufs à couver ou OAC ; Ces œufs fécondés sont incubés pour produire les futures poules pondeuses (filiale « Ponte » / œufs de consommation) et futurs poulets de chair (filiale « Chair » / viande), deux filiales issues de décennies de sélection sur des performances spécifiques mais antagonistes. Les reproducteurs de poulets de chair ont été principalement sélectionnés sur leur vitesse de croissance pour répondre à la demande toujours grandissante en viande de volaille. Ces souches ont une grande capacité de transformation de l'aliment en muscle pour produire la viande. Les poussins mâles et femelles issus de cette sélection sont élevés au même titre pour la production de viande, même s'il existe des différences de qualité de produits entre les deux sexes (**SOPHIE et al., 2023**).

On distingue deux types d'incubation : l'incubation naturelle (la couvaision) et l'incubation artificielle.

### 1.1. L'incubation naturelle (la couvaision) :

Le terme couvaision recouvre deux aspects complémentaires du comportement parental des oiseaux : incubation des œufs et soins aux jeunes. Chez les oiseaux sauvages, la couvaision intervient systématiquement après la production d'un certain nombre d'œufs et va de pair avec la cessation de la ponte : elle est donc liée de près à la fonction d'ovulation et doit être considérée comme le point culminant du cycle de reproduction (**SAUVEUR, 1988**). La poule prête à couver est capable de couver 8 à 10 œufs et donnera environ 6 à 7 poussins (en moyenne 70% des œufs). **VAN EEKEREN et al. (2004)**, mentionne que les œufs à couver doivent avoir été fécondés en présence d'un coq. Le cas échéant, il faut en procurer 2 semaines avant l'incubation. Il faut environ un coq pour 10 poules.

Cette phase de couvaision se caractérise par une maintenance dans le nid, un retournement des œufs, une posture agressive lors d'une approche. Elle ne quitte que très brièvement pour s'alimenter et boire. En outre, elle a besoin de calme pour mener à bien la couvée (**SAUVEUR, 1988**). Pendant la couvée, elle fournit la température, l'humidité et la ventilation nécessaires au bon développement des œufs. L'éclosion intervient au bout de 21<sup>ème</sup> jours d'incubation.

### 1.1. Incubation artificielle :

Le nombre de poussins que les poules peuvent produire par incubation naturelle est limité à 10-12 poussins par éclosion. Tandis qu'il est estimé de 8-14 œufs par **WAGENINGEN et al. (1998)** ; **VAN EEKEREN et al. (2006)**, il varie en fonction de la taille de la poule. Un tel taux ne permet pas une mise à l'échelle rapide de nouvelles races et un approvisionnement fiable en jeunes poussins nécessaires au développement de l'aviculture. L'éclosion artificielle dans des incubateurs automatiques permet d'élever des poussins d'un jour en 21 jours. Ces incubateurs réussissent à faire éclore 85 à 90% des œufs fécondés, économisent de l'espace et réduisent les coûts de production qui sont des facteurs clés pour obtenir un bon profit pour une entreprise. D'autres avantages de l'éclosion artificielle sont que de nombreux poussins peuvent être produits en un laps de temps et que la production peut être planifiée en fonction des besoins ou de la demande. Le procédé évite également la propagation des parasites et des maladies au sein de l'élevage. L'amélioration de l'offre de poussins permet d'augmenter la consommation d'œufs et de viande de volaille, ce qui se traduit par une augmentation des revenus des éleveurs de poulets (**Bureau de Coordination Technique du TAAT, 2022**). Les couvoirs artificiels imitent le processus d'incubation par une poule couveuse mais à une plus grande échelle.

## 2. Définition de l'incubateur :

C'est une enceinte close aseptique ,maintenue à température et humidité constante par des systèmes de régulation et ou sont placés les œufs pour la durée de leur incubation .les matériaux utilisés pour l'enceinte doivent être poreux et d'entretien aisé pour le nettoyage, il est doté d'un système de régulation de la température et l'humidité ainsi qu'un système de retournement automatique des œufs ,il déposera également d'ouïes réglable pour l'entrée et la sortie de l'air pour le renouvellement de celui-ci dans l'enceinte (**HANSETS,1999**). Il existe deux types d'incubateurs :

### 2.1. Les incubateurs à ventilation statique :

Dans les incubateurs d'œufs statiques le chauffage s'effectue en haut. Pour des modèles électriques il s'agit d'une résistance chauffante tapissant la face inférieure du plafond, de même, il existe d'autres types qui utilisent des lampes à incandescences. Dans des modèles à gaz ou à pétrole, le chauffage se fait par une flamme permanente ou bien par l'intermédiaire d'un réservoir d'eau chaude (**VENDEENS, 2017**).

Selon ces incubateurs, la température est toujours élevée en haut qu'en bas à cause de l'emplacement des sources de chaleur, et en plus l'air chaud se rassemble vers le sommet de l'enceinte fermée. Par conséquent, la température de la couveuse est de plus en plus basse en allant de haut vers le bas. C'est pour cela les œufs sont disposés sur un seul plateau sur le même niveau, pour bénéficier de la même température. La température doit être fixée à 39°C, et elle est mesurée au sommet des œufs. De plus, le retournement des œufs cinq à sept fois par jour est nécessaire (VENDEENS, 2017).

### **2.2. Les Incubateurs Dynamiques :**

Dans ces genres d'incubateurs, l'air intérieur est brassé par un ventilateur. Ce dernier doit être placé loin des œufs et des poussins naissants, et il doit être protégé par une grille pour ne pas les blesser. Il existe d'autres modèles où l'air est aspiré par un aspirateur de haut vers le bas puis le réinjecte dans l'incubateur après une phase de réchauffage et de filtrage. Par conséquent, la température est parfaitement uniforme dans l'ensemble de l'appareil. C'est pour cela qu'on peut y mettre les plateaux d'œufs sur différents niveaux. Dans ce type de couveuses, la température doit être réglée à 37,8°C ou 38°C, et elle est mesurée au sommet des œufs. Notons que les modèles dynamiques sont plus techniques que les modèles statiques (VENDEENS, 2017).

### **3. Fertilité des œufs à couvrir :**

Un œuf fertile se caractérise par un blastoderme présentant un aspect circulaire clairement défini (apparaissant sous la forme d'un anneau blanc symétrique avec une zone claire au centre). Si, pour quelque raison que ce soit, l'œuf est stérile, un disque germinal est visible et présente une forme hérissée et irrégulière. Un disque germinal est également de couleur plus claire et de plus petite taille qu'un blastoderme. Il est bien connu que la fertilité diminue avec l'âge du troupeau, mais une baisse soudaine de la fertilité peut indiquer un problème lié à l'élevage et constituer un motif pour procéder à une analyse plus approfondie (GAMIE, 2022).

### **4. Traitement des œufs à couvrir :**

Le traitement des œufs comporte plusieurs aspects dont les principaux sont le ramassage, le tri, la désinfection et le stockage.

#### 4.1. Ramassage des œufs :

Les œufs pondus ont une température voisine de celle du corps de la poule (40, 5°C). De ce fait ils devraient être ramassés régulièrement au moins deux fois par jour (**SAUVEUR, 1988; WAGENINGEN et al., 1998**). En outre, le matériel servant au ramassage des œufs (paniers; alvéoles) doit être propre et nettoyé régulièrement afin d'éviter toute souillure aux œufs (**L'AMOULEN, 1988**).

#### 4.2. Tri des œufs à couvrir :

Cette opération a pour objectif d'obtenir un maximum d'œufs à couvrir aptes à l'incubation. Les œufs à couvrir doivent être frais, propres, de poids convenable et sans anomalies de taille et de forme. Ainsi donc, les œufs présentant des anomalies de la coquille (mince, poreuse, rayée) et des formes anormales (allongées, arrondies annelées) sont à éliminer. Il en est de même des œufs trop petits ou trop gros et ceux âgés de plus d'une semaine. Les meilleurs résultats d'éclosion s'obtiennent avec des œufs âgés de 3 à 4 jours (**SAUVEUR, 1988**), et de poids compris entre 30 et 70 g en fonction des races (**WAGENINGEN et al., 1998**).

#### 4.3. Désinfection et stockage des œufs à couvrir :

La désinfection a pour but d'éliminer les impuretés et les germes qui se trouveraient sur la coquille des œufs et qui pourraient compromettre les résultats d'éclosion. Cette opération doit être effectuée rapidement après la collecte des œufs (**SMITH, 1992**). Toutefois, il est déconseillé de laver les œufs à l'eau sous peine d'éliminer la fine couche protectrice les recouvrant (cuticule) et destinée à les protéger des invasions microbiennes (**WAGENINGEN et al., 1998**). Après la désinfection, les œufs doivent être conservés dans un local aéré mais à l'abri des courants d'air, du soleil et des poussières. La durée de conservation des facultés d'éclosion des œufs dépend en partie de la température de la pièce dans laquelle sont stockés les œufs avant incubation. De 7 à 15°C, la conservation des facultés d'éclosion est bonne pendant 6 jours. Elle diminue progressivement à partir du début de la seconde semaine (**LISSOT, 1987**).

Une fois l'œuf pondu, l'objectif est de faire baisser la température de l'œuf en dessous du zéro physiologique le plus rapidement possible. Le zéro physiologique est le point où le développement embryonnaire s'arrête. Des études ont montré que la zone du zéro physiologique se situe entre 11 et 18°C. Dans la plupart des couvoirs, la température de 15°C est utilisée comme point de référence (**Hy -Lin international, 2017**). Selon **CHRISTIAN et**

*al.* (2022), à des températures de stockage froides d'environ 10 °C, l'humidité relative doit être maintenue à 75-80%. Dans de tels cas, la perte de poids des œufs ne doit pas dépasser 0,5% en moyenne. Les œufs doivent toujours être protégés des températures extrêmes ainsi que des contaminations pouvant affecter les embryons.

#### **4.4. Transport des œufs à couvrir :**

Il est déconseillé de transporter les œufs à couvrir. Cependant, lorsque le transport des œufs est nécessaire, il doit être fait avec délicatesse afin de limiter les pertes. En effet, au cours du transport il y a des risques de chocs qui peuvent provoquer des micro-fêlures ou même la rupture des chalazes dont la fonction est de maintenir le jaune au centre de l'œuf (SAUVEUR, 1988).

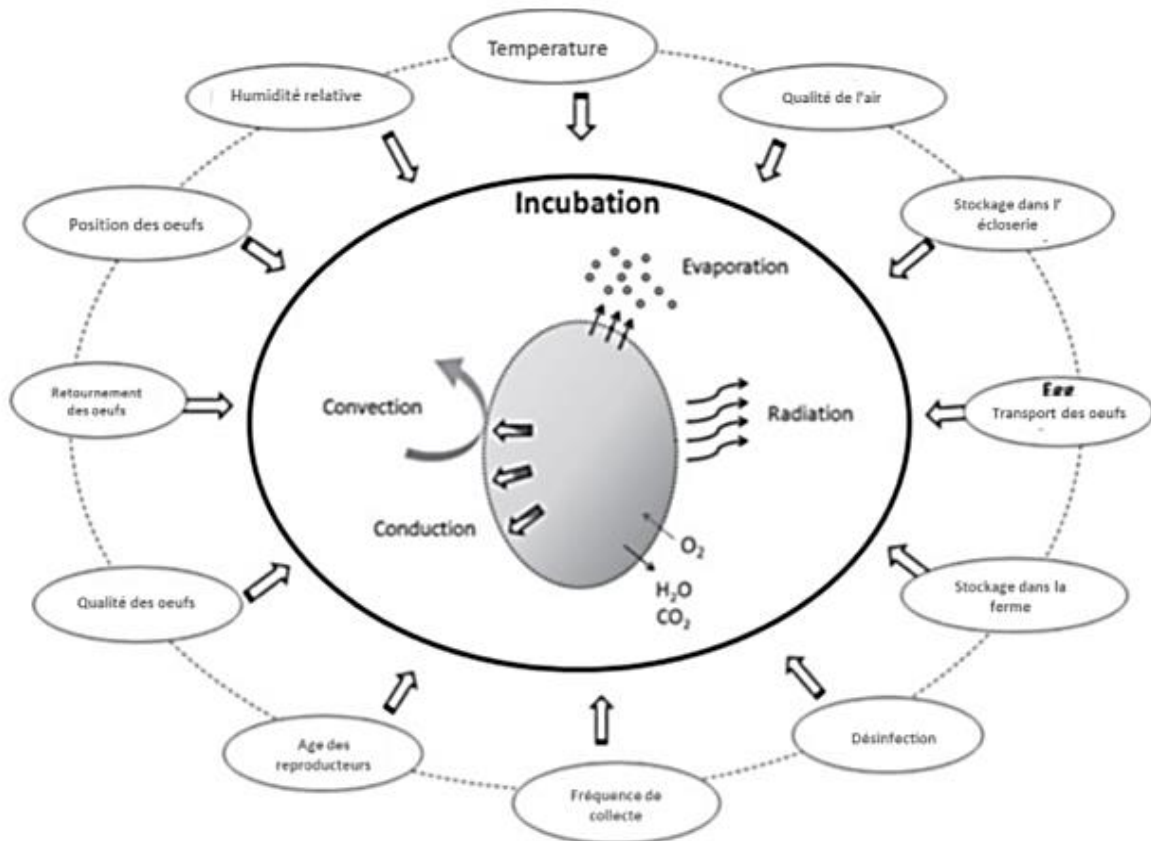
D'après SONIA et *al.* (2022), Le transport des OAC est une étape qu'il ne faut pas négliger. Une mauvaise maîtrise de l'ambiance du camion et les vibrations mécaniques sont susceptibles de provoquer une baisse d'éclosabilité et de qualité des poussins éclos.

#### **5. Emplacement d'installation d'un incubateur :**

La couveuse doit être placée dans une pièce bien isolée dans laquelle la température reste la plus constante possible jour et nuit (L'AMOUÏEN, 1988 ; WAGENINGEN et *al.*, 1998). La température de la salle doit être comprise entre 18 et 20°C et l'hygrométrie supérieure à 70% (L'AMOUÏEN, 1988).

#### **6. Paramètres techniques d'incubation des œufs de poules :**

La période d'incubation représente un grand pourcentage de la période de croissance totale et elle joue un rôle majeur dans l'amélioration de l'efficacité de la croissance. Un des objectifs des gestionnaires de couvoirs est de rechercher les meilleures conditions d'incubation et d'éclosion pour optimiser le développement embryonnaire et les performances des poussins (HULET, 2007) (Figure n°06).



**Figure 6: Facteurs affectant les résultats de l'incubation (BOLELI et al., 2016)**

Les exigences principales pour l'incubation d'œufs fertiles de bonne qualité sont :

## 6.1. La température :

### 6.1.1. Préchauffage des œufs :

Pour obtenir un bon taux d'éclosion, il est nécessaire de réchauffer les œufs avant leur mise en incubateur. Ce procédé permet d'éviter un choc thermique aux œufs mais également il permet un démarrage plus rapide et plus homogène du développement embryonnaire. **L'AMOULEN (1988)**, préconise un préchauffage à 28°C, tandis que, **SAUVEUR (1988)**, propose un préchauffage compris entre 25 et 28°C pendant 56 minutes. Ces traitements permettent de diminuer la mortalité embryonnaire pendant le stockage et l'incubation et ont amélioré la qualité des poussins éclos en comparaison d'une température de stockage fixe à 18°C (**TONA et al., 2003**).

### 6.1.2. Température d'incubation :

En début d'incubation, une température plus élevée accélère le développement embryonnaire, alors qu'une température plus basse le retarde (SAUVEUR, 1988). Les embryons ont une faible tolérance aux variations de température de plus de 1 °C au-dessus ou en dessous du niveau recommandé (Tableau n°04). Des températures en dehors de la plage recommandée entraîneront une mortalité embryonnaire importante. Les embryons sont particulièrement sensibles aux variations de température au cours des phases précoce et tardive de l'incubation (CHRISTIAN *et al.*, 2022).

**Tableau 4: Défauts dus à une température d'incubation inadéquate (HANSETS, 1999)**

	Température trop élevée	Température trop basse
<b>Ecllosion</b>	<b>Prématurée</b>	<b>Tardive</b>
<b>Poussin</b>	<b>Apathique et petit</b>	<b>Poisieux, gluant, puant, ou mort</b>
<b>Cordon ombilical</b>	<b>Ombilic sanglant, mal cicatrisé</b>	<b>omphalite</b>

### 6.2. La ventilation :

Le renouvellement d'air maximum dans un incubateur est fonction de sa bonne teneur en température et humidité (BEKOTO, 1992). Selon SAUVEUR (1988), La consommation quotidienne d'oxygène par un embryon passe d'environ 40 ml/jour au 8ème jour à 450 ml/jour au 18ème jour sur l'ensemble des 18 premiers jours, elle est proche de 2,8 litres / œuf, soit une moyenne de 0,160 litres/jour/œuf. Pour BEKOTO (1992), la teneur en oxygène de l'air ne doit jamais descendre en dessous de 20,5%, seuil en dessous duquel le prélèvement par embryon devient trop difficile.

### 6.3. Hygrométrie :

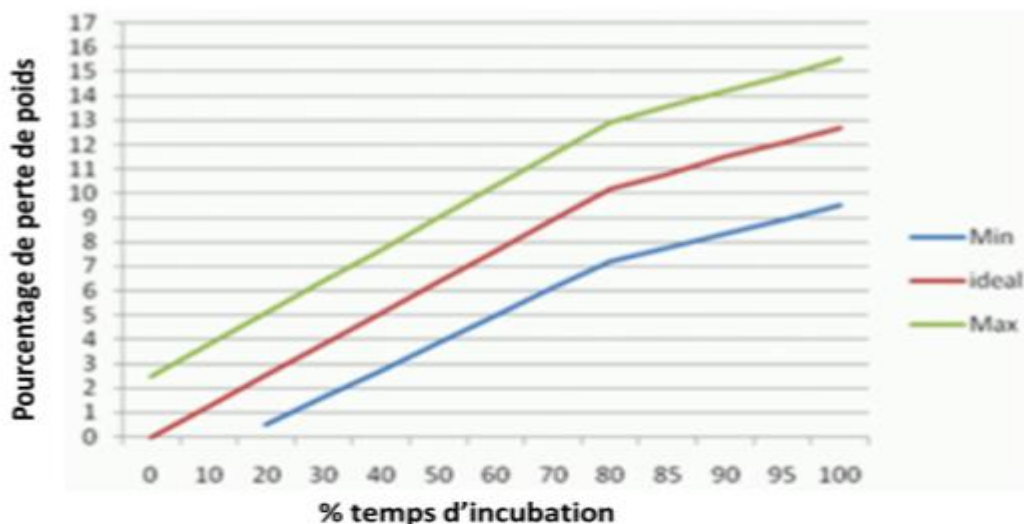
L'hygrométrie est un facteur aussi important que la température pour l'incubation artificielle ; le degré d'hygrométrie dans l'incubateur sera de 82 à 85 °F pour les races légères (ponte) et de 80 à 83 °F pour les races lourdes (chaire) (SAUVEUR, 1988). La tolérance de l'embryon à différentes plages d'humidité est supérieure à la température, mais des conséquences négatives sont observées avec une humidité inférieure à 40% et supérieure à 90%. Une bonne éclosabilité est obtenue lorsque l'humidité relative est maintenue à environ

50-65% jusqu'aux 3 derniers jours d'incubation, moment auquel elle doit être augmentée entre 70–90% (**Tableau n°05**).

**Tableau 5: Défaits dus à une température d'incubation inadéquate (HANSETS, 1999)**

	Hygrométrie trop élevée	Hygrométrie trop basse
<b>Œuf</b>	Contamination et développement des bactéries	Fuite hydrique entraînant des adhérences
<b>Embryon</b>	Mort tardive par défaut de perte d'eau	
<b>Eclosion</b>	prématurée	Eclosion tardive
<b>Poussin</b>	Faible no mobile, poisseux, œdèmes sous cutanés	Sec, petit, déshydraté, adhérent à la coquille
<b>Cordon ombilical</b>	Mal cicatrisé	sec

Les œufs avec un embryon en croissance se dessèchent progressivement tout au long de l'incubation. Il en résulte une perte de poids globale de l'œuf. Cette perte de poids progressive peut être surveillée objectivement pour assurer le succès de l'incubation. La **Figure n°07** ci-dessous est un guide pour surveiller la perte de poids des œufs pendant l'incubation. La perte de poids totale idéale est de 13 % (**CHRISTIAN et al., 2022**).



**Figure 7: Perte de poids durant l'incubation (Poultry Hub Australia, 2021)**

#### **6.4. Aération et concentration en dioxyde de carbone/oxygène :**

La croissance embryonnaire est optimisée à une concentration en dioxyde de carbone de 0,4 %. Inversement, la croissance embryonnaire est réduite et la mortalité augmentée lorsque les concentrations de dioxyde de carbone dépassent 1 %. L'atmosphère normale contient 21 % d'oxygène et 0,04 % de dioxyde de carbone. Le poussin éclos est le plus sensible à la déviation de l'oxygène (par rapport au poussin piqué et à l'embryon dans l'œuf intact), ce qui implique que le taux de ventilation et la concentration de dioxyde de carbone sont les plus critiques à la fin de la phase d'incubation (**CHRISTIAN et al., 2022**).

#### **6.5. Position et retournement des œufs :**

La position des œufs pendant la phase d'incubation : les œufs de poule doivent impérativement être placés pointe en bas, dans le cas contraire, l'orientation de la tête vers la chambre à air au seizième jour se fait mal et de nombreux poussins dont la tête s'oriente vers le petit bout de l'œuf (à l'opposé de la chambre à air) meurent (**SAUVEUR, 1988**).

La rotation ou le retournement des œufs est nécessaire pour s'assurer que l'embryon qui se développe sur le jaune n'adhère pas à la membrane de la coquille. Ce phénomène d'adhérence à la membrane de la coquille se produit couramment pendant le stockage et l'incubation précoce (généralement la première semaine) des œufs fertiles. Le processus de retournement permet à l'embryon de tourner et de glisser dans le blanc intérieur et lui donne accès à des nutriments supplémentaires pour le développement embryonnaire. Le retournement des œufs doit être effectué trois à six fois par jour et un nombre impair de rotations est préférable afin que les œufs ne soient pas dans la même position pendant de longues périodes. La plupart des incubateurs font automatiquement pivoter les œufs d'environ 90° (**CHRISTIAN et al., 2022**)

**CUTCHIN et al. (2009)**, ont montré qu'un angle de retournement de 15° (par rapport à la verticale), entraînait une mortalité embryonnaire en deuxième partie d'incubation 10 fois supérieure à celle qu'on observait lorsque les œufs étaient retournés d'un angle de 45°. Dans la même étude, ils ont trouvé que l'incidence d'embryons présentant un excès d'albumen résiduel à 18 jours d'incubation augmentait de près de 20 fois. Des éclosabilités et mortalités embryonnaires intermédiaires étaient observées lorsque les œufs étaient retournés d'un angle de 30°.

### **6.6. Mirage des œufs incubés :**

Les œufs doivent être examinés à des moments appropriés à l'aide d'un mire-œuf pour évaluer le développement des vaisseaux sanguins de l'embryon (en forme de toile d'araignée) et une tache sombre. Les œufs non fécondés sont manifestement clairs sans trace de sang et la mort embryonnaire précoce est notée par la présence d'un anneau sanguin entourant le jaune. Les œufs infertiles et les embryons morts sont retirés à ce stade. Le mirage peut également être entrepris à 18 jours d'incubation, où l'embryon est clairement visible avec une ligne de démarcation distincte entre l'embryon et la chambre à air (**CHRISTIAN et al., 2022**).

**IOAN HUTU (2020)**, suggère que le contrôle biologique des œufs (mirage des œufs) sera pratiqué au début de l'incubation et lors du transfert des œufs aux couveuses; entre les deux mirages on peut pratiquer un de plus. Au cas d'une bonne incubation les mirages successifs vont donner les suivants résultats:

- ✓ œufs clairs (pas fécondés): maximum 4%;
- ✓ œufs d'embryons morts, au mirage I: maximum 3%;
- ✓ œufs d'embryons morts, au mirage II: maximum 3%;
- ✓ embryons morts en la coquille: maximum 3%.

## 1. Physiologie de l'éclosion :

En couvoir, l'éclosion des poussins de type chair commencent vers 19 jours d'incubation. Le temps séparant le premier et le dernier poussin éclos (fenêtre d'éclosion) peut varier entre 24 et 36 h d'après **GUYOT et al. (2022)**, et entre 1h et 48h, d'après **WILLEMSEN et al. (2010)**. En pratique dans les couvoirs, tous les poussins restent dans l'éclosoir, dans une ambiance sombre et bruyante, au moins jusqu'à 510 h d'incubation, avant d'être sortis, parfois sexés, puis triés, vaccinés et transportés vers l'élevage (**GUYOT et al., 2022**).

L'éclosion désigne la fin de la vie embryonnaire est constituée en fait d'une succession de processus complexes, les événements les plus connus sont :

- La mise en place de la respiration, le bêcheage et l'éclosion proprement dite. La respiration pulmonaire débute vers le 19<sup>ème</sup> jour et se substitue rapidement à celle assuré préalablement par l'allant-ochorion. Cette respiration coïncide surtout avec ;
- La circulation sanguine doit être complètement modifiée pour aboutir à une circulation de type double avec la mise en place de la circulation pulmonaire et le rythme des battements cardiaque qui atteint 300/minutes (**SOLTNER, 1992**).
- Le bêcheage intervient au gros bout de l'œuf (siège de la chambre à air), 8 à 9 heures après le début de la respiration aérienne ; il est réalisable par le bec du poussin muni d'une petite proéminence transitoire nommée « DIAMANT » c'est la teneur en gaz carbonique de la chambre à air qui le stimule (**SOLTNER, 1992**).
- L'éclosion proprement dite se situe 3 à 4 heures plus tard, après le bêcheage, la rupture de la coquille est assuré par la pression du muscle dit « redresseur de la tête » (**SOLTNER, 1992**).
- Simultanément, la vésicule vitelline est progressivement incluse entre le 19<sup>ème</sup> jour et 14 heures avant l'éclosion dans la cavité abdominale, contient encore 5 gramme de Jaune qui seront la nutritive du poussin pour 2 jours avant de disparaître au bout de 5 jours (**SAUVEUR, 1988**).

Chez beaucoup d'espèces, l'éclosion des jeunes détermine par voie tactile une chute de production de la prolactine et l'arrêt de la couvaision (**SAUVEUR, 1988**).

Lorsque toutes les mesures sont correctement prises, l'opérateur aura des poussins sains et actifs au jour 21. Le non-respect des procédures normales entraînera divers problèmes

d'incubation et d'éclosion. **Tableau n°06** présente certains des problèmes d'incubation et les causes possibles (CHRISTIAN *et al.*, 2022).

**Tableau 6: Causes possibles des problèmes d'éclosion (CHRISTIAN *et al.*, 2022)**

<b>Observation</b>	<b>Causes possibles</b>
<b>Œufs qui explosent</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- œufs sales</li> <li>- œufs mal nettoyés</li> <li>- incubation sale</li> </ul>
<b>Pas de développement embryonnaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- œufs non fertiles</li> <li>- manipulation brutale des œufs</li> <li>- température d'incubation trop élevée</li> <li>- température d'incubation trop basse</li> <li>- œufs conservés trop longtemps</li> <li>- œufs mal conservés</li> <li>- éleveurs stressés</li> <li>- trop de poules par coq</li> <li>- poules ou mâles âgés ou en mauvaise santé</li> <li>- la consanguinité. - maladies</li> </ul>
<b>Anneau de sang</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mortalité précoce</li> <li>- vieux œufs</li> <li>- température d'incubation trop élevée</li> <li>- température d'incubation trop basse</li> <li>- panne de courant électrique</li> <li>- œufs non retournés</li> <li>- la consanguinité</li> <li>- infections</li> <li>- mauvaise nutrition des reproducteurs</li> </ul>
<b>Chambre à air trop petite</b>	- humidité trop élevée
<b>Chambre à air trop large</b>	- humidité trop faible
<b>Les poussins éclosent tôt, poussins secs, nombril sanglant, poussins trop petits</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- petits œufs</li> <li>- température trop élevée</li> <li>- humidité trop faible</li> </ul>
<b>Les poussins éclosent tard</b>	- gros œufs

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- de vieux œufs</li> <li>- température trop basse</li> <li>- humidité trop élevée</li> </ul>
<b>Chick morts après bêchage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- œufs on tournés les deux premières semaines</li> <li>- œufs à coquille mince</li> <li>- température trop basse pendant l'incubation</li> <li>- température trop élevée pendant l'incubation</li> <li>- humidité trop faible pendant l'incubation</li> <li>- humidité trop élevée pendant l'incubation</li> <li>- maladie infectieuse</li> </ul>
<b>Nombril non cicatrisé, poussins humide</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- température trop basse pendant l'incubation</li> <li>- grande variation de température dans l'incubateur</li> <li>- humidité trop élevée pendant l'incubation</li> <li>- mauvaise aération</li> </ul>
<b>Pattes et orteils malformés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Température incorrect pendant l'incubation</li> <li>- mauvaise humidité pendant l'incubation</li> <li>- les pattes peuvent également être blessées par l'éclosion ou la manutention de poussins</li> </ul>
<b>Poussins faibles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Température trop élevée ou trop basse</li> <li>- de vieux œufs</li> <li>- mauvaise aération</li> </ul>
<b>Poussins haletants</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- maladie : bronchite ou maladie de Newcastle</li> </ul>
<b>malpositions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- température trop élevée ou trop basse</li> <li>- retournement inadéquat</li> <li>- le gros bout de l'œuf n'est pas relevé lors de l'incubation</li> <li>- œufs vieux ou mal manipulés</li> <li>- mauvaise nutrition des reproducteurs</li> </ul>

## 2. Eclosion des œufs:

Après le dernier mirage, les œufs peuvent être transférés dans un éclosoir si le dispositif existe, sinon, l'éclosion peut se poursuivre dans l'incubateur. Dans tous les cas, l'humidité relative qui était de 50 à 60% durant les 18 premiers jours, doit être élevée au plus à 75% afin que l'éclosion puisse se dérouler normalement. A partir du 18ème jour, aucune autre manipulation n'est faite jusqu'à l'éclosion.

L'éclosoir est une cabine pour l'incubation des œufs à couvrir sous une température /humidité /composition de l'air appropriée pendant les trois derniers jours du développement embryonnaire, l'éclosion et le séchage des poussins. L'éclosoir est chargé avec des œufs provenant de la même section de l'incubateur (**Guide d'incubation, 2006**).

L'éclosoir ressemble à un incubateur, à la seule différence qu'il ne faut pas de système de retournement des œufs. Les œufs y sont déposés à plat dans des compartiments avec ou sans séparation. Si les œufs sont en contact les uns avec les autres pendant l'éclosion, il y a une stimulation réciproque entre les œufs, étant donné que les poussins entendent leurs voisins quand ils émettent des petits cris ou tapent sur la coquille (bêchage de la coquille) (**HANSETS, 1999**).

## 3. Le taux d'éclosion :

Exprime la relation entre poussins viables couvés et les œufs introduits en incubation; au cas d'une bonne incubation, les poussins non viables ne doivent pas dépasser à plus de 2%, le taux d'éclosion étant 85%. A différence de l'indicateur précédent, la couvabilité exprime la relation d'entre poussins viables couvés et les œufs fertiles restés en incubateur ; les œufs qui restent après en avoir éloigné les œufs clairs (**IOAN HUTU, 2020**).

## 4. Paramètres influençant le taux d'éclosion :

Le poussin d'un jour d'âge constitue le produit final de l'industrie des couvoirs et une matière première de première importance pour les élevages, c'est pourquoi l'objectif principal des couvoirs est d'obtenir un taux d'éclosion le plus élevé possible et dans un intervalle de temps le plus réduit (**DECUYPERE et BRUGGEMAN, 2007**).

Les œufs nécessitent un temps plus ou moins long pour éclore en fonction de divers facteurs comme la souche, le sexe, le poids des œufs, la porosité des coquilles, le durée de stockage des œufs avant incubation et l'âge des reproducteurs (**TONA et al., 2004**).

#### **4.1. Influence de la taille de l'œuf :**

Il existe une relation entre la taille de l'œuf et son éclosabilité, lorsque la taille des œufs augmentent le rapport entre sa surface et son volume diminue, ce qui rend moins efficaces les échanges de gaz et de chaleur. En fin d'incubation, le catabolisme de l'embryon produit de la chaleur qu'il doit évacuer sous peine de voir augmenter la température interne. La surchauffe de l'embryon provoque des dommages irréparables aux tissus, augmente le besoin en oxygène et par conséquent la mortalité embryonnaire (**HANSETS, 1999**).

L'augmentation relative de la dimension de l'œuf est une conséquence à des augmentations du poids du jaune et de l'albumen, qui influe sur le taux d'éclosion, il a été observé que les œufs de grande taille et qui contiennent une quantité d'albumen élevé ont une influence négative sur le taux d'éclosion, de même que les œufs de grande taille issue de poules vieilles possèdent souvent une coquille mince, ce qui facilite la pénétration des germes. (**MALKI, 2004**).

#### **4.2. Influence de l'âge :**

Le taux d'éclosion est généralement inférieur chez les troupeaux plus âgés (**LAPAO et al., 1999**). La diminution de fertilité et de l'éclosabilité sont observés pendant que la poule avance en âge, elle est due à la diminution de l'aptitude des vieilles poules à retenir les spermatozoïdes dans la zone de stockage inter vaginale (**BRAMWELL, 1996**).

Les poules plus âgées pondent des œufs plus lourds (**SUAREZ et al., 1997**). **FASENKO, (2009)**, a constaté que la motilité des spermatozoïdes et la capacité de pénétration du sperme seraient moins élevées chez les coqs âgés et que le vieillissement de la poule entraînerait des changements dans les ratios des composants de l'œuf. Ils ont également formulé l'hypothèse que chez les parents plus âgés la fertilité serait plus faible, la mortalité embryonnaire serait plus élevée et que la performance et la qualité serait inférieures. Lorsque les mâles deviennent plus lourds en fin de cycle, ils ont tendance à s'accoupler moins souvent, les problèmes aux pattes peuvent alors restreindre leur capacité à s'accoupler et leur taille peut compromettre l'issue de l'accouplement (**FASENKO, 2009**).

L'âge de la bande joue un rôle très significatif dans le développement embryonnaire et le taux d'éclosabilité où de meilleurs chiffres sont enregistrés avec des poules reproductrices âgées de 30 semaines par rapport à celles âgées de 26 semaines. En effet, le taux de mortalité embryonnaire est plus élevé chez les jeunes bande, de même que sur la qualité du poussin éclos où il existe une corrélation linéaire entre l'âge de la poule et le poids à l'éclosion entre 29-47 semaines (SUAREZ *et al.*, 1997).

#### 4.3. Température :

Pour un passage en éclosoir au 18<sup>ème</sup> jour (œuf de poule), il est préalable d'avoir une température plus haute les premiers 24 heures et ensuite de baisser cette température à 99, 1/2 ° F dans l'éclosion (PETERSIME, 1995).

Il est également démontré que des températures élevées en fin d'incubation réduisent les niveaux de maltase dans le jéjunum (indicateurs de la maturation de l'intestin) et affectent la différenciation des chondrocytes (indicateurs de la minéralisation osseuse) (YALÇIN *et al.*, 2007). Au niveau de l'incubateur la température idéale varie 37,7 et 37,8 C° (99,8 à 100 fahrenheit), en début d'incubation une température plus élevée accélère le développement alors qu'une température plus basse la retarde, à partir du 10<sup>ème</sup> jour tout dérèglement de température réduisent les performances d'éclosion, le réglage doit tenir compte du stade de développement embryonnaire. Les éléments risquant de perturber la température de l'incubateur sont (les ouvertures intempestives des portes, les mirages, etc.) (HANSET, 1999).

D'après VAN BRECHT *et al.* (2003), la température de l'air à un endroit donné dans un incubateur résulte de :

- La moyenne de la température de l'air dans l'incubateur
- Les échanges de chaleur entre les œufs et l'environnement
- La production de chaleur par les embryons en fonction du temps
- Les flux de chaleur qui résultent des mouvements d'air

On peut affirmer cela d'autant plus que l'on sait actuellement que pendant l'embryogénèse des œufs, la tolérance à la chaleur peut être améliorée. Ce phénomène serait optimal entre 7 et 16 jours d'incubation (RICHARD, 2011).

Le passage de l'échelle FAHRANHEIT à l'échelle centigrade s'opère par  $T^{\circ} = 5/9(F-32)$ , Le passage inverse est donc :  $F = +9/5(T^{\circ}C+32)$  (BEKOTO, 1992).

LOURENS A. *et al.* (2005) ont obtenu les meilleurs résultats d'éclosion et la meilleure qualité des poussins lorsque la température de la coquille a été maintenue à 37,8°C pendant toute la durée de l'incubation. D'après ces mêmes auteurs, des températures insuffisantes pendant la première semaine (36,7°C dans l'essai) retardent le développement embryonnaire et peuvent compromettre les mécanismes de thermorégulation du poussin pendant les 7 premiers jours suivant sa mise en place. Inversement, des températures élevées en fin d'incubation (38,6°C dans l'essai) semblent augmenter la thermo-tolérance des poussins, améliorant ainsi leur résistance aux coups de chaleur (HULET, 2007).

#### 4.4. La ventilation et la teneur en oxygène :

La ventilation est un facteur important car une aération suffisante de l'œuf assure un bon développement de l'embryon. Du fait de la mise en place de la respiration aérienne de l'embryon à partir du 19<sup>ème</sup> jour, le contrôle des échanges gazeux est particulièrement important en éclosion (SAUVEUR, 1988).

SAUVEUR (1988), affirme que la teneur en oxygène de l'air admis ne doit jamais descendre en dessous de 20,5%, seuil en dessous duquel son prélèvement par l'embryon devient trop difficile. DORN (2010), mentionne cependant que l'hypercapnie induite pendant les premiers jours de l'incubation (du fait de la fermeture des trappes d'aération) provoque une hypoxie modérée, de l'ordre de 19% d'O<sub>2</sub> dans la machine.

La réponse des embryons à des niveaux modérés d'hypoxie, en particulier au cours de leur deuxième semaine d'incubation, va essentiellement dépendre de leur métabolisme et de leur vitesse de croissance. DORN (2010), a ainsi observé qu'une hypoxie modérée entraînait une hyperplasie cardiaque et une hypertrophie de l'embryon uniquement chez des souches à croissance rapide. Il mentionne par ailleurs que l'embryon est particulièrement sensible à l'hypoxie pendant la période qui va du 6<sup>ème</sup> au 12<sup>ème</sup> jour d'incubation (période de forte croissance).

#### 4.5. Le contrôle de l'hygrométrie :

Les réglages de l'hygrométrie en éclosion doivent tenir compte de plusieurs exigences différentes de l'embryon au cours du temps, ainsi l'humidité doit, d'abord, croître pour

favoriser la rupture de la coquille, puis décroître après l'éclosion afin que le séchage des poussins soit assuré, usuellement, l'aération est d'abord réglée à un niveau assez faible permettant de monter lentement le taux de CO<sub>2</sub> et l'humidité relative (jusqu'à 65%); lorsque l'éclosion est commencée, on continue à augmenter l'hygrométrie (quelque fois jusqu'à 85% selon la souche) tout en assurant une aération suffisante pour l'apport d'oxygène dès que l'éclosion est pratiquement réduite jusqu'à 40% par augmentation de l'aération (SAUVEUR, 1988).

L'hygrométrie optimale se situe entre 50 et 60% les œufs dégagent de la vapeur à travers les pores de la coquille la perte quotidienne en eau augmente régulièrement au cours de l'incubation sur l'ensemble des 21 jours d'incubation. La perte totale représente 15 à 16 % du poids initial de l'œuf (Figure n°08), le contrôle de cette perte est le meilleur moyen de vérifier la qualité des réglages de l'humidité. Au moment de l'éclosion, l'hygrométrie doit croître pour favoriser le ramollissement de la coquille, puis décroître après l'éclosion pour favoriser le séchage des poussins (SAUVEUR, 1988).

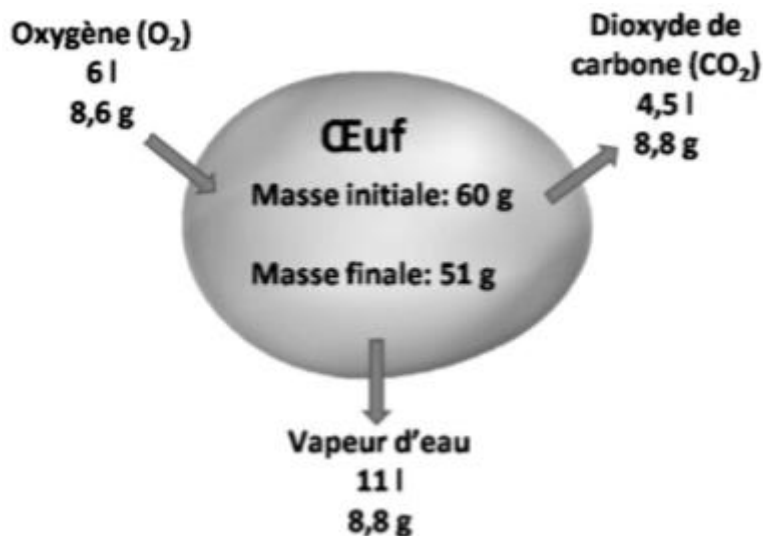


Figure 8: la diminution de la masse de l'œuf (SAUVEUR, 1988)

#### 4.6. L'angle de retournement :

Le retournement des œufs joue un rôle favorable en évitant que le jaune ne vienne adhérer à la membrane coquillière ou que l'allantoïde ne se colle à l'embryon (SAUVEUR, 1988). Il permet également le développement de l'aire vasculaire, celui de la membrane chorio-allantoïdienne (CUTCHIN *et al.*, 2009), et facilite l'inclusion de l'albumen dans l'allanto-

chorion (**SAUVEUR, 1988**). Un retournement toutes les heures sous un angle de 45 ° améliore nettement le taux d'éclosion (**KILANI, 1975**).

Le retournement doit être assuré par la machine qui couve, sa fréquence conditionne le bon développement des annexes embryonnaires, qui elles-mêmes conditionnent la bonne absorption des réserves nutritives et donc le développement normal du poussin. Le plus souvent, ce retournement est effectué toutes les deux heures, il se fait entre les deux positions possibles de l'œuf à 45° par rapport à la verticale, un mauvais retournement des œufs engendre un accolement de l'embryon à la coquille (**PERIQUET, 2005**). **ELIBOL et BRAKE (2006)**, n'ont trouvé aucun effet sur les taux d'éclosion lorsque l'angle de retournement variait entre 35 et 45°, ils ont établi une relation inversement proportionnelle entre l'angle de retournement et l'incidence des malpositions.

**TONA et al. (2001)**, ont observé que les taux d'éclosion augmentaient au fur et à mesure que l'arrêt du retournement était retardé (15, 16, 17 et 18 jours dans l'essai) et que cet effet était d'autant plus bénéfique que les œufs étaient issus de vieux troupeaux.

De plus des études ont montré qu'il y a des types d'influences de retournement sur la croissance et le développement embryonnaire :

- Au niveau de la croissance des membranes extra-embryonnaires : un manque de retournement des œufs ralentit la croissance de la zone vasculaire. La membrane de sac contenant le vitellus riche en vaisseaux sanguins, croît autour de celui-ci cette membrane est importante dans la formation du fluide sous embryonnaire et pour l'absorption du vitellus. La zone vascularisée des œufs non retournés est plus petite de 17 % par rapport à celle des œufs non retournée plus tard, au cours de processus d'incubation on observera aussi une réduction de la croissance de l'allanto-chorion. La membrane qui délimite la surface interne de la coquille agit comme le poumon de l'embryon. L'allanto-chorion croît aussi autour de l'albumen formant un sac d'albumen complet, ainsi pendant une incubation normale, il est complet en 12 jours. Mais ceci n'est pas le cas dans beaucoup d'œuf non retourné. Dans ce cas une formation incomplète de sac d'albumen empêche l'éclosion (**HANSETS, 1999**).

- Au niveau de la balance des fluides de l'embryon : l'embryon utilise la zone vasculaire pendant la première semaine de développement pour pomper les sels et de l'eau de l'albumen dans le jaune pour former le fluide sous-embryonnaire. Ce fluide est alors utilisé au cours de la deuxième semaine du développement pour produire les liquides amniotiques et le premier

sert à protéger l'embryon le second agit comme sa vessie. Dans les œufs non retournés, moins d'eau est transféré de l'albumen au liquide sous embryonnaire et ceci se remarque plus tard par une réduction du liquide allantoïque (**HANSETS, 1999**).

•Au niveau de la croissance de l'embryon : si l'albumen n'est pas utilisé dans son intégralité, l'embryon aura faible taux de croissance et n'attendra pas les critères nécessaires pour son éclosion. Il ne peut pas rester de l'albumen non assimilé dans la coquille au moment de l'éclosion, l'embryon ne pourra pas prolonger sa période d'incubation pour utiliser l'albumen restant et donc une mortalité à la naissance est certaine (**HANSETS, 1999**).

#### **4.7. Influence de la durée de stockage sur le taux d'éclosion :**

Le stockage des œufs à couver à température fraîche permet à l'embryon de survivre jusqu'à ce qu'ils puissent être placés dans un incubateur, cependant la conservation à long terme des œufs à (plus de 7 jours) induit la mort cellulaire de l'embryon cela semble se produire à la fois par la nécrose et l'apoptose cellulaire ce qui se traduit par conséquent faible taux d'éclosion cela est en corrélation avec la dégradation de la qualité interne de l'œuf et de sa qualité bactériologique (**FASENKO, 2009**).

Les conditions optimales de stockage des œufs doivent être définies afin d'éviter les pertes d'eau et une forte évaporation (**SAUVEUR, 1988**). Pour **KILANI (1975)**, la durée, l'humidité et la température de stockage constituent les trois facteurs essentiels de variation de la qualité de l'œuf. Selon **KILANI (1975)**, L'œuf perd au cours de stockage plus de 0,2 g/jour et éclot mal. Une corrélation négative est observée entre l'âge des œufs stockés dans des conditions normales et le pourcentage d'éclosion.

**SAUVEUR (1988)**, constate que l'éclosivité diminue en moyenne de 1 à 1,4 % par jour de stockage pour les œufs de souche légère ou mi-lourd. L'effet de stockage pendant les 4 premiers jours et reste souvent modéré jusqu'à la 2<sup>ème</sup> semaine pour chuter de 15 % à la 3<sup>ème</sup> semaine.

Afin d'assurer un meilleur taux d'éclosion les auteurs (**KILANI, 1975 ; SAUVEUR, 1988**) recommandent une température de 10 à 15 °C pour un stockage de courte durée (moins d'une semaine) et de 12 à 13 °C pour un stockage plus long. **FASENKO et al. (2003)**, ont même trouvé qu'une pré-incubation réalisée quelques jours après la ponte et non pas juste après celle-ci, pouvait avoir des effets négatifs sur les taux d'éclosion.

#### 4.8. Influence de l'alimentation sur le taux d'éclosion :

L'alimentation en aviculture a une grande importance dans la régulation de la croissance et de la reproduction des volailles. La nature de l'aliment fournit à la volaille et surtout sa composition va influencer directement sur la qualité de l'œuf (SAUVEUR, 1988).

Un abaissement du taux protidique alimentaire va entraîner une réduction du poids de l'œuf portant d'avantage sur le blanc un régime déficient en lipide et notamment en acide linoléique peut faire diminuer le poids de l'œuf de 10 g. l'incorporation du sucre en substitution d'amidon permet d'augmenter significativement le poids du jaune, suppléments des régimes en magnésium, manganèse, zinc, iode, sélénium peut augmenter la teneur du blanc en ces éléments lors que la teneur en fer est plus stable, une restriction alimentaire de l'ordre de 20-30 % de l'ad libitum retarde l'âge du premier œuf (DUNNINGTON et SIEGEL, 1984). Cependant, une restriction alimentaire quantitative modérée en phase d'élevage a des conséquences bénéfiques sur la fertilité de ces lignées (YU *et al.*, 1992; RENOMA *et al.*, 1999; HOCKING et ROBERTSON, 2000).

De plus, Sauveur (1988), rapporte que l'aliment influe sur la qualité de la coquille. L'éclosabilité varie selon la qualité de la coquille et la souche exploitée. Les avitaminoses se traduisent essentiellement par une diminution de la ponte et une chute du taux d'éclosion (ADRIAN, 1958).

#### 4.9. Effet de contamination de l'œuf sur l'éclosabilité :

La présence des microorganismes sur les coquilles d'œufs est presque de règle, 96 % des œufs pondus en possèdent sur leur surface (COOK *et al.*, 2003). C'est aussi un facteur impliqué dans la diminution de la viabilité des œufs par passage trans-coquillière à la faveur des conditions d'ambiance, température et humidité (BRUCE et DRYSDALE, 1994 ; STOLESON et BEISSINGER, 1999).

La contamination de l'œuf par les microorganismes à partir de la coquille durant l'incubation a un effet bien démontré sur l'augmentation du taux de mortalité embryonnaire (BRUCE et DRYSDALE, 1994).

Certaines bactéries digèrent la cuticule protégeant l'extérieur de l'œuf et augmentent ainsi le risque de pénétration des microorganismes. En milieu d'humidité favorable, les germes

peuvent atteindre la membrane coquillère à J1, pour atteindre le jaune d'œuf après 5 jours dans 60 % d'HR et en 7 jours dans 70 % d'HR (**COOK *et al.*, 2003**).

## 1. La qualité des poussins:

La qualité des poussins est une caractéristique importante pour le producteur de reproducteurs de poulets à chair qui est rémunéré en fonction du nombre de poussins vendables ainsi que pour le producteur de poulets qui recherche des poussins de bonne qualité pour obtenir des poulets de taille uniforme, à croissance rapide. Tout comme pour le taux d'éclosion, la qualité des poussins dépend de plusieurs facteurs.

Les conditions d'entreposage avant l'incubation, le temps passé dans l'éclosoir et la taille des œufs influent sur la qualité des poussins.

**TONA et al. (2003)**, ont démontré que l'augmentation de la durée d'incubation entraîne une baisse de la qualité des poussins et que les Poussins provenant d'œufs plus gros sont de qualité inférieure comparativement à ceux qui proviennent des autres œufs.

Evaluer le processus d'incubation uniquement par les taux d'éclosion revient à sous-estimer l'importance du couvoir dans la chaîne complète de production. Les conditions d'incubation affectent non seulement les résultats d'éclosion mais également la qualité des poussins. L'impact économique de cette dernière est bien plus important qu'un simple manque ou excès de poussins. **MEIJERHOF (2009)**, mentionne que la température joue un rôle essentiel sur le niveau d'utilisation des réserves nutritionnelles du jaune et sur la fermeture de l'ombilic. Il fait également état de plusieurs recherches à ce sujet : des écarts de 2°F au niveau de la température des embryons provoqueraient des différences significatives en termes de croissance et d'indice de consommation sur des poulets de 6 semaines d'âge. Ces mêmes écarts provoqueraient des différences de développement du poussin lui-même et de certains de ses organes.

**HULET (2001)**, a montré qu'en adaptant les consignes de température de la machine en fonction de la production réelle de chaleur métabolique il était possible d'améliorer les taux d'éclosion d'environ 2% par rapport à des programmes standard. Puisque les gros œufs ont plus de mal à évacuer la chaleur produite, on constate souvent une détérioration de la qualité des poussins et une augmentation du jaune résiduel au fur et à mesure que le troupeau vieillit. En ce sens, **LOURENS et al. (2006)**, ont montré que lorsque la température de coquille était maintenue constante, les embryons issus de petits ou gros œufs étaient aussi efficaces les uns que les autres à transférer les nutriments du jaune vers leurs corps.

La qualité des poussins est dépendante de plusieurs paramètres en amont, définis par **MEIJERHOF (2015)**. Ces paramètres sont présentés dans le **Tableau n°07**.

**Tableau 7: facteurs ayant une influence sur la qualité des poussins (MEIJERHOF, 2015)**

paramètre	commentaire
<b>Facteurs liés à l'œuf</b>	
<b>Nutrition des parentaux</b>	- Energie suffisante pour le développement de l'embryon.
<b>Santé des reproducteurs</b>	- Aptitude à la ponte d'œufs incubables. - absence de transmission d'agents pathogène à l'œuf.
<b>Age des reproducteurs</b>	- œufs et poussins les plus performants pondus à 32-35 semaines.
<b>Taille des œufs</b>	- contrainte zootechnique liée au gabarit des plateaux d'incubation. - fragilité des coquilles des œufs trop gros.
<b>Facteurs liés au protocole d'incubation</b>	
<b>Température</b>	- Optimum à 38°C.
<b>Humidité relative</b>	- Perte de 12 à 14% du poids des OAC par évaporation au cours de l'incubation.
<b>ventilation</b>	- Evacuation du CO <sub>2</sub> , apport d'O <sub>2</sub> .

## 2. Les méthodes de détermination de la qualité des poussins :

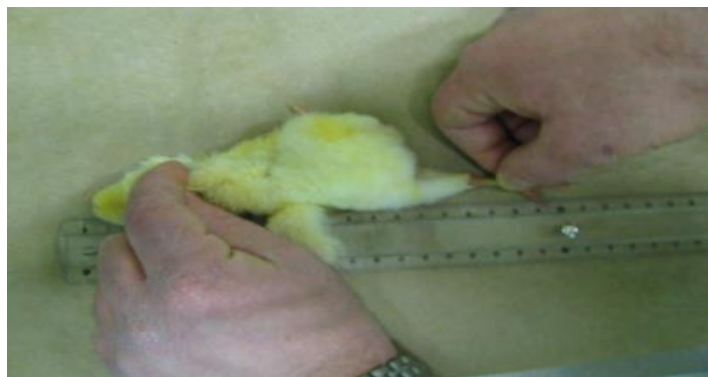
La qualité du poussin est plus importante à considérer dans la filière des poulets de chair, dont la durée d'élevage est beaucoup plus courte que pour celle des poules pondeuses. Ainsi, pour le poulet de chair à croissance rapide, abattu à 5- 6 semaines, le développement embryonnaire (21 jours) et la période postnatale (7 premiers jours) représentent plus de 40% de la vie de l'animal. Un poussin de moindre qualité démarrera plus lentement et tout retard de développement précoce ne sera pas rattrapé (**SONIA et al., 2022**).

Il existe plusieurs méthodes au jour d'aujourd'hui pour évaluer la qualité du poussin, parmi ces méthodes on site :

### 2.1. La mesure de la longueur du poussin :

Le développement embryonnaire étant régi par la température, toute altération des conditions environnementales modifiera la croissance de l'embryon. On a vu que des températures élevées accélèrent le développement, entraînent des conditions d'hypoxie et altèrent l'utilisation des graisses comme source principale d'énergie. L'embryon bascule ainsi plus rapidement et plus intensément vers un métabolisme carbohydraté, voire même dans certains cas, vers un métabolisme protéique. Il paraît donc logique que des températures élevées puissent être responsables de la croissance de l'embryon lui-même, de certains de ses organes (le cœur en particulier) et de la quantité de jaune résiduel. Ceci fut d'abord démontré par **ROMANOFF, (1960)** cité par **LEKSRIOMPONG et al., (2007)**, puis confirmé par toute une série de chercheurs.

Dans une étude à grande échelle, **Hill D (2001)**, a observé, entre autres, que la longueur du poussin, mesurée ici de la tête à la croupe, augmentait avec l'âge du troupeau, semblait plus importante en chargement unique et variait en fonction de la position de l'œuf dans la machine. Elle a par ailleurs démontré que les poussins issus de vieux troupeaux étaient souvent moins longs que ceux issus de troupeaux d'âge moyen, que les mortalités en élevage étaient plus importantes lorsque les poussins provenaient de couvoirs produisant souvent des poussins plus courts, et a conclu que la longueur du poussin était un bon outil de prédiction des performances futures. Mais, alors qu'elle a trouvé que la mesure de la longueur du poussin, toujours de la tête à la croupe, était un indicateur plus sensible de la qualité des poussins, elle a également trouvé que les mesures étaient peu répétables. Elle en a donc proposé un autre, plus objectif, celui de la longueur du poussin de la pointe du bec au doigt du milieu (**Figure n°09**).



**Figure 9: La mesure de la longueur du poussin (guide d'incubation. Hubbard, 2011)**

→ Méthodologie :

- Prélever au hasard une vingtaine de poussins pour chacune des origines.
- Mesurer leur longueur, de la pointe du bec au doigt du milieu (ongle exclu).
- Calculer la moyenne et l'homogénéité.
- Mettre les résultats en rapport avec l'âge des lots donneurs, le poids des œufs et les conditions d'incubation.

Chez les poussins issus de jeunes troupes, la longueur variera le plus souvent entre 18,5 et 19,5 cm. Entre 19,0 et 20,0 cm pour les poussins issus de troupes d'âge moyen et entre 19,5 et 20,5 cm chez ceux issus de vieux troupes. Il est important de noter que la croissance du poussin continue après l'éclosion et que, pour pouvoir comparer les informations, il est nécessaire d'effectuer les mesures toujours au même moment.

## 2.2. Le Pasgar Score :

Il s'agit là d'une méthode plus qualitative que quantitative, qui vise à évaluer les conditions d'incubation mais semble peu prédire les performances futures (MEIJERHOF, 2009).

→ Méthodologie :

- Prélever au hasard une cinquantaine de poussins pour chacune des origines.
- Évaluer les paramètres suivants :

### a) Vitalité du poussin :

- Couché sur le dos, il se redresse immédiatement (score = 0).
- Il met plus de 3 secondes à se redresser (score = 1).



**b) Omphale :**

- L'ombilic du poussin est normal lorsqu'il est complètement fermé et tout le vitellus est absorbé (score = 0).
- Si l'ombilic est ouvert et / ou qu'on observe des croûtes noires (score = 1).

**c) Articulations :**

- Les articulations ne sont pas enflées et ont une couleur normale (score = 0).
- Les articulations sont gonflées et / ou rouges (score = 1)

**d) Bec :**

- Le bec est propre et les narines sont fermées (score = 0).
- Le bec est souillé et / ou présente un point rouge (score = 1).

**e) Abdomen :**

Le volume de l'abdomen dépend de celui du vitellus et est essentiellement lié à la température et humidité d'incubation.

- Abdomen souple (score = 0).
- Abdomen dur, peau tendue (score = 1).



- Noter les scores pour chacun des paramètres et chaque poussin.
- Pour chaque individu, additionner les différents scores et les déduire de la note maximale de 10.
- Calculer la moyenne.

Des conditions optimales d'incubation doivent pouvoir permettre d'atteindre un score moyen de 9 au minimum (**PAS REFORM, 2006**).

### 2.3. Le score de Tona :

**TONA et al. (2003)** ont proposé une grille de notation objective de la qualité des poussins à l'éclosion. Ils suggèrent de prélever un échantillon de poussins au hasard dans les bacs d'éclosion. Puis l'opérateur attribue une note pour chaque paramètre observé, d'après la grille établie. Le score dit « de Tona » est la somme de ces notes intermédiaires. Le score total maximal est égal à 100 (**Tableau n°08**).

**Tableau 8: Paramètres mesurés et notes attribuées pour l'établissement du score de qualité des poussins à l'éclosion (TONA et al., 2003)**

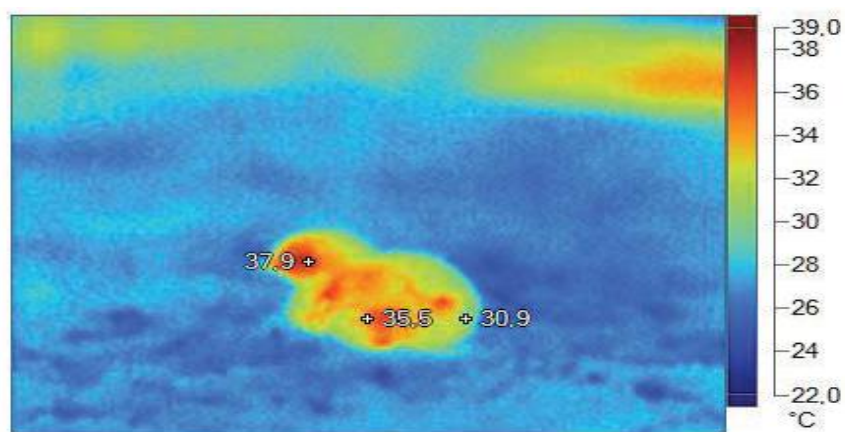
paramètre	caractéristique	Note
<b>Activité</b>	- Bonne	<b>6</b>
	- faible	<b>0</b>
<b>Apparence</b>	- Propre et sec	<b>10</b>
	- Humide	<b>8</b>
	- Sale et humide	<b>0</b>
<b>Rétraction du vitellus</b>	- Normal	<b>12</b>
	- Abdomen large et dur	<b>0</b>
<b>Yeux</b>	- Ouverts et lumineux	<b>16</b>
	- Ouverts et non lumineux	<b>8</b>
	- fermés	<b>0</b>
<b>Pattes</b>	- Normales	<b>16</b>
	- Une seule patte infectée	<b>8</b>
	- Les deux pattes infectées	<b>0</b>
<b>Ombilic</b>	- Complètement fermé et propre	<b>12</b>
	- Pas complètement fermé et non décoloré	<b>6</b>
	- Pas fermé et décoloré	<b>0</b>

<b>Membrane coquillère</b>	- Pas de membrane résiduelle (<1mm)	<b>12</b>
	- Petite membrane résiduelle (≈2-3 mm)	<b>8</b>
	- grande membrane résiduelle (≈5-6 mm)	<b>4</b>
	- très grande membrane résiduelle (> à 1cm)	<b>0</b>
<b>vitellus</b>	- Pas de vitellus résiduel (<1mm)	<b>16</b>
	- Petit vitellus résiduel (≈2-3 mm)	<b>12</b>
	- grand vitellus résiduel (≈5-6 mm)	<b>8</b>
	- très grand vitellus résiduel (> à 1cm)	<b>0</b>

#### 2.4. La Thermographie Infrarouge : (TI)

Le principe de la TIR repose sur le phénomène physique selon lequel chaque tout corps dont la température est supérieure au zéro absolue (0 Kelvin) émet un rayonnement électromagnétique (BRELAZ, 2011). Les instruments d'imagerie thermique sont capables de mesurer des températures de surface avec une précision de 0.1°C et dans un intervalle de temps de l'ordre de la microseconde. Ils produisent des cartes thermiques (ou thermogrammes) qui représentent les températures de surface apparentes d'un objet. Chaque point de cette carte est représenté par une couleur qui correspond à une température de surface donnée (KAPLAN, 1999).

Différentes couleurs montrent différentes températures. Les zones rouges, oranges et jaunes sont les plus chaudes, et les zones bleues et noires sont les plus froides (Figure n°10). Cette technologie a été utilisée chez les chevaux, le bétail, et les animaux de compagnie pour diagnostiquer des infections ou des lésions avant l'apparition d'autres signes. En obtenant un diagnostic précoce, un traitement plus efficace peut être mis en œuvre. un traitement opportun diminue les coûts associés à une efficacité productive réduite et au risque de mortalité. L'objectif de cette recherche a évalué la TI comme une méthode de diagnostic précoce des infections du sac vitellin chez les poussins. Si la TI s'avère efficace pour détecter ces infections, son utilisation pourrait réduire les sacrifices inutiles de poussins à l'éclosion et augmenter la qualité du poulet et son efficacité productive. (O'DEA, 2007).



**Figure 10: Thermo-gramme et mise en évidence des températures de surface d'un poussin (Clinique aviaire et porcine (ENVT))**

# **Partie**

# **Expérimental**

## 1. Objectif expérimental :

Ce sont très souvent les méthodes et conditions d'élevage des reproducteurs de poulets de chair qui expliquent l'apparition d'un écart par rapport à un état normal de production dans un couvoir ; en particulier la qualité du poussin. A ce facteur de production tributaire des conditions d'incubation des œufs au niveau du couvoir, s'ajoutent la configuration, la structure externe des œufs à couvrir et le poids de ces derniers.

Dans ce contexte, et pour mieux comprendre l'influence de certains paramètres biométriques de l'œuf sur la qualité des poussins compte tenu des conclusions de plusieurs auteurs. Nous pourrions donc éventuellement découvrir la raison sous-jacente qui contribue à l'alternance de la qualité des poussins d'un jour grâce aux résultats de nos expérimentations et tenter ensuite d'anticiper les écarts en amont afin de les corriger et qu'en est-il d'envisager la possibilité de quantifier cette relation tout en lui procurant du sens pour mieux planifier l'élevage de poulets de chair et apporter quelque chose de plus qu'un simple suivi technique?

## 2. Matériels :

### 2.1. Lieu et effectif :

Une étude étalée sur une période de **21 jours (30/04/2024 – 20/05/2024)** a été réalisée sur un matériel biologique (œufs à couvrir) constitué de 90 œufs, appartenant à des reproducteurs chair, de 48 semaines d'âge ; souche parental : cobb 500 (**Photo n° 1**).

Les œufs proviennent de l'établissement destiné à l'élevage de REPRO-CHAIR, appartenant à monsieur : TEKLI FATAH, agréé par les services vétérinaire sous le numéro : 14-15-0289, sis à RDJEL ; daïra de HAMADIA commune de RECHAIGA (à une altitude de 785.15 mètre). Sa production totale est d'environ 14000 œufs/jour (lors du pic de production, le taux de ponte est de 80% de l'effectif total) (**Photo n° 2**).

La forme et la composition des aliments distribués au sein de l'établissement ; destinées aux reproductrices chair est rapportée dans le **Tableau n°09**.

Cette étude a été menée au niveau du Laboratoire de recherche d'Agronomie et Environnement du département de la Faculté des Sciences et de la Technologie-Département SNV, Université de Tissemsilt (Algérie).

**Tableau 9: conduite de l'alimentation des reproductrices chair (Tableau original, 2024)**

Phase d'élevage	Forme d'aliment	Composition de l'aliment	
		Energie EM Kcal /Kg	Protéines brutes (%)
Démarrage	Farine ou miette	3000	18.8
Croissance	Granulé	2990	16
Elevage		2800	14
Pré-ponte		2830	13.9
Ponte 01		2790	13.95
Ponte 02		2750	14.10



**Photo 1: reproducteurs chair- Cobb500**  
(Originale, 2024)



**Photo 2: Etablissement avicole privé**  
situé à RDJEL- RECHIGUA  
(photographie vue du ciel de Google  
Maps, 2024)

## 2.2. Etude descriptive du mode d'élevage dans le complexe privé :

L'élevage de type intensif au sol répond aux besoins de base des reproducteurs -chair ; ou tous les paramètres zootechniques de l'élevage sont contrôlés.

Le centre d'élevage comporte quatre bâtiments d'élevage avicole obscurs à ventilation dynamique, type de production : REPRO- CHAIR; d'une capacité individuelle de 4500 poules/bâtiment. La capacité totale de l'établissement est de 18000 poules/ lot (**Photo n° 3**).



**Photo 3: Bâtiments d'élevage avicole, REPRO- CHAIR (Originale, 2024)**

La collecte des œufs se fait chaque jour, Les œufs sont triés et stockés dans des alvéoles spéciales à la température ambiante dans le bâtiment d'élevage destinés la couvaision.

### **2.3. Matériels utilisés :**

Pour l'expérimentation, on a utilisés :

- Un incubateur (MINI INCUBATOR), type Intelligent pull-out hatching machine (power 80w/ fréquence : 50-60HZ).
- Une balance de précision électronique (MH-885/ 6kg × 0.1g) pour les différentes pesées du:
  - poids des œufs (en g).
  - poids des poussins éclos (en g).
- Un pied à coulisse chromé type METRICA (mesures mécaniques) ( $\pm 0,01$  mm) pour la détermination : des dimensions de chaque œuf (longueur et largeur Maximale) (en mm).
- Un pied à coulisse digital type Digital Caliper (mesures numérique) ( $\pm 0,01$  mm) pour la détermination : de la longueur du poussin et celle du métatarse (en mm).
- Un logiciel informatique (**ImageJ**) pour le calcul du volume des OAC.

### 3. Méthodes:

#### 3.1. Échantillonnage des œufs :

Un totale de 90 œufs étaient procurés du complexe avicole. Les œufs étaient collectés dans la même journée (**des œufs d'un jour le 29 / 04 / 2024**). Le nettoyage des œufs a été fait simplement avec une brosse sans usage de désinfectants ni d'eau afin de les débarrasser de la terre ou des fientes qui s'y collent pour éviter les contaminations bactériennes.

Après pesée individuelle de la totalité des OAC à l'aide d'une balance électronique (**Photo n°4**), Ils ont été classés en trois catégories en fonction du poids moyen des œufs, Les catégories de poids étaient les suivantes :

- **Catégorie 1 : < 61g ;**
- **Catégorie 2 : 61g à 64g ;**
- **Catégorie 3 : > 64g.**

Sur ce, Les œufs étaient placés dans des alvéoles de collecte des œufs de poules bien propres ; la pointe tournée vers le bas, puis, disposés dans un carton qui contenait des coupeaux de bois pour éviter la casse des œufs lors du transport.

A l'arrivée des œufs au laboratoire la journée suivante, Les dimensions de chaque œuf étaient mesurées au moyen d'un pied à coulisse ( $\pm 0,01$  mm) (longueur et largeur maximale) (en mm). Ultérieurement, les œufs étaient numérotés en se servant d'un marqueur de tableau noir (**Photo n°5**) et enregistrés dans une fiche dans laquelle sont mentionnée la date, le numéro, la longueur et la largeur maximale de l'œuf, ainsi que, son poids (en g).

Afin de pouvoir extraire d'autres informations supplémentaires, tel le volume de nos échantillons (OAC) ; des images distincts de nos 90 œufs numérotés au préalable, ont été prisent en se servant de l'appareil photo (**13MPixel**) d'un Smartphone (**SAMSUNG GALAXIE M11**) (**Photo n°6**), une règle a été utilisée dans les images comme barre d'échelle. Une fois les photos sélectionnées et leurs conformités au protocole vérifiées, on a effectué une analyse d'image en utilisant la plateforme d'imagerie ; **ImageJ**.

La caractérisation de la forme de l'œuf sur la photographie a été réalisée par l'ensemble des coordonnées de 12 points d'ancrage sélectionnés autour de sa périphérie à l'aide de l'outil de sélection multipoint d'ImageJ. La pointe et la base de l'œuf doivent être sélectionnées, mais l'emplacement précis des points restants est très flexible. L'ordre dans lequel les points sont

sélectionnés n'a pas d'importance. Si la qualité de l'ajustement est appropriée, l'utilisateur peut cliquer sur le bouton « accept » ou cliquer sur « adjust » pour affiner les points d'ancrage.

**Troscianko (2014) (Photo n°7).**

Pour finir, les œufs étaient placés dans l'incubateur; enfin, la durée entre la ponte et la mise en incubation était de **24 heures**.



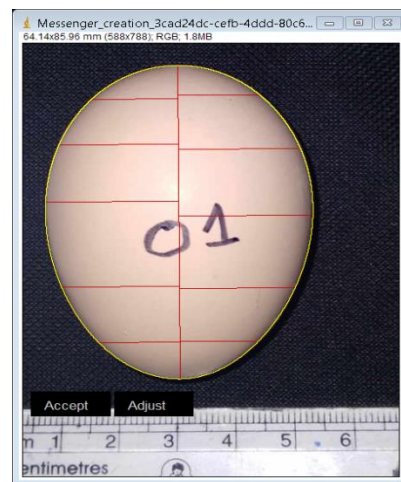
**Photo 4: Une balance de précision électronique (Originale, 2024)**



**Photo 5: Mesure des dimensions linéaires des OAC (Originale, 2024)**



**Photo 6: Identification des œufs (Originale, 2024)**



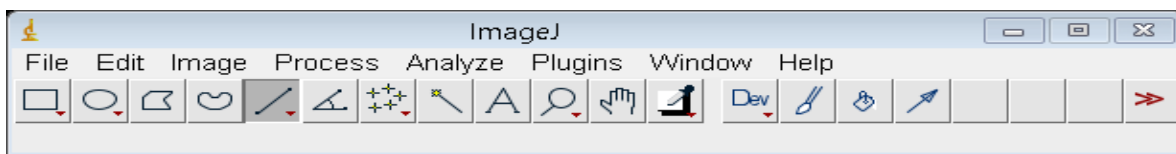
**Photo 7: Traitement des images avec ImageJ (Originale, 2024)**

### 3.2. Description du logiciel de traitement de l'image: ImageJ

**ImageJ** est un logiciel multiplateforme (conçu pour fonctionner sur plusieurs plateformes c'est à dire le couple liant ordinateur et système d'exploitation), libre et open source (s'appliquant aux logiciel dont la licence respecte des critères établis par l'Open Source Initiative) de traitement et d'analyse d'images développé par WAYNE RASBAND du National Institutes of Health, en 1997. Il est téléchargeable gratuitement sur le site :

<<http://rsb.info.nih.gov/ij/download.html>>. La plupart des opérations courantes de traitement d'images sont réalisables avec **ImageJ** : correction d'éclairage, visualisation et ajustement de l'histogramme des niveaux de gris, opérations logiques et arithmétiques entre images, etc.). En analyse d'image, ce logiciel permet entre autres de mesurer diverses grandeurs (distances, surfaces...) et extraire des coordonnées de contours, etc. (**Wikipédia**).

Toutes les photographies sélectionnées pour nos mesures étaient analysés avec le logiciel **ImageJ**, Cet algorithme (**Photo n°8**), nous a permis d'estimer le calcul des paramètres quantitatifs des images d'intérêt étudiées ; à savoir, la longueur, la largeur maximale, le volume et la surface.



**Photo 8: La plateforme d'imagerie; ImageJ (Originale, 2024)**

### **3.3. Incubation des œufs:**

Avant de placé les œufs dans l'incubateur ce dernier a était bien nettoyé et désinfecté par le désinfectant Virkon S (dilution : 1gr pour 200 ml d'eau) ; et brancher 2h plutôt. L'incubation de tous les œufs était faite dans un incubateur automatique de marque Intelligent pull-out hatching machine ; d'une capacité totale de 120/128 œufs, réparties horizontalement dans deux bacs à deux niveaux différents dans l'incubateur (**Photo n°9**). Cet incubateur automatique multifonctionnel (éclosoir incorporé) à retournement automatique de manière lente et permanente, est muni d'un thermomètre et d'un hygromètre à affichage numérique qui a permis de lire la température et l'humidité interne (écran numérique LED). La température interne de l'incubateur durant la phase d'incubation a été maintenue spontanément à 37,7 °C à plus ou moins 0.2°C et le taux d'humidité ou d'hygrométrie a varié entre 55- 60 % au cours de l'incubation. A travers trois réservoirs à eau automatiques contenant de l'eau et reliées par trois tuyaux de remplissage au couvercle inférieur de la machine ont permis de maintenir l'humidité de l'incubateur durant l'enchaînement de la couvaison. L'appareil est muni d'un ventilateur qui tourne de manière constante durant toute la période d'incubation et permettant le renouvellement de l'oxygène. L'incubateur est réglé pour retourner les œufs automatiquement sans opérateur ; la fréquence des retournements est de 50 secondes toutes les 120 minutes.

L'incubateur est installé dans le laboratoire dans lequel les variations de température sont faibles au cours de la journée et la température avoisine les 25 °C.

Les œufs étaient préalablement vérifiés pour éviter de placer des œufs cassés après leur transport avant leur emplacement dans l'incubateur le 30/04/2024 (**Photo n°10**).



**Photo 9: Incubateur de type Intelligent pull-out hatching machine (Originale, 2024)**



**Photo 10: Répartition des œufs dans l'incubateur (Les œufs placés horizontalement) (Originale, 2024)**

### 3.4. L'éclosion :

L'éclosion est une étape clé de transition dans la vie du poussin. C'est un processus très énergivore pour l'animal qui doit puiser dans ses réserves énergétiques afin de bécher et sortir de la coquille. Dans l'œuf, le poussin bénéficie de tous les nutriments indispensables à son développement et à sa croissance, il est protégé par la coquille et les différents liquides de l'œuf, la température optimale nécessaire à son bon développement est apportée par l'incubateur. Après l'éclosion, les poussins sèchent dans l'éclosoir et reprennent des forces en puisant dans les réserves du vitellus (jaune) (**SONIA et al., 2022**).

Dans notre expérimentation, on a laissé les œufs plus longtemps (23 jours), pour assurer plus d'éclosion en raison du retard de certains œufs à éclore après le 21<sup>ème</sup> jour. Dès le 21<sup>ème</sup> jour d'incubation, les poussins éclos ont été retirés de l'éclosoir et les mesures suivantes ont été effectuées :

- Les poussins ont été pesés ;
- on a mesuré la longueur du métatarse, elle a été mesurée à partir du métatarse gauche de chaque poussin ;

- on a mesuré la longueur du poussin, à partir de la pointe du bec jusqu'à la pointe du plus long orteil (la griffe exclu) (**Photo n°12, n°13, n°14 et n°15**).

### 3.5. Les conditions d'éclosion :

Vers la fin du processus d'incubation, il faut modifier les conditions d'environnement des œufs, soit en les transférant vers un éclosoir, dans le cas des couvoirs industrielles (incubateur + éclosoir), soit, comme le cas de notre démarche expérimentale, on a configuré le déclenchement automatique des conditions d'éclosion, autrement dit, on a réinstallé la couveuse au plus proche des conditions d'un éclosoir. Il est absolument primordial d'augmenter de façon conséquente le taux d'humidité avant l'éclosion pour empêcher que la membrane intérieure de la coquille ne se dessèche et ne colle aux poussins.

Durant l'éclosion des œufs, il faut éviter d'ouvrir la couveuse, causant ainsi la chute du taux d'humidité et la chaleur à l'intérieur de celle-ci, ça risque de mettre en péril le bon déroulement de l'éclosion.

Les conditions de l'éclosion sont différentes de celles du début de l'incubation. En J18, Lors du transfert, avant la mise en place dans les deux bacs d'éclosion, les œufs étaient séparés par des séparateurs en cartons afin de correspondre chaque poussin avec sa propre coquille identifiée (**Photo n°11**). On a indistinctement désinstallé les tourneurs. L'augmentation du taux d'humidité à 70-80 % et la diminution de la température à 37.5-36 c°, ainsi que l'arrêt du compte à rebours du retournement des œufs, ont marqué le passage de la couveuse en mode éclosoir (la réinstallation automatique de la couveuse en mode éclosoir) et ainsi de ne plus avoir à toucher les œufs. En effet, Il faut éviter de manipuler les œufs après le transfert ou l'installation dans les conditions de l'éclosion qui doit évidemment se faire avec délicatesse, sans choquer physiquement les œufs.



**Photo 11: Séparation des OAC au j18 (Originale, 2024)**



**Photo 13: Pesé des poussins (Originale, 2024)**



**Photo 12: Les poussins éclos (Originale, 2024)**



**Photo 14: Mesure de la longueur du poussin (Originale, 2024)**

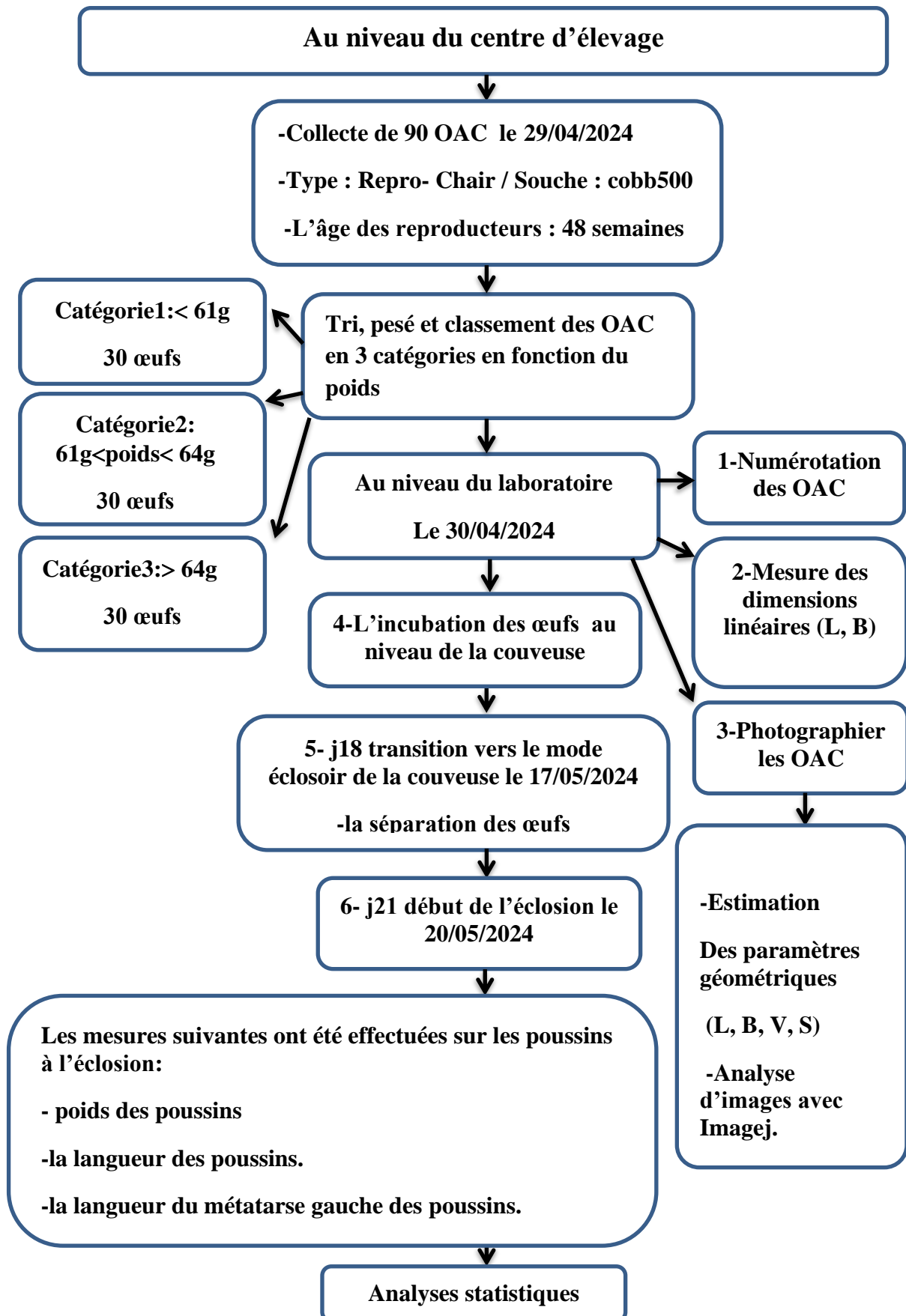


**Photo 15: Mesure de la longueur du métatarse (Originale, 2024)**

#### **4. Analyses statistiques :**

Toutes les analyses statistiques sont faites par logiciel SAS version 9. La probabilité était choisie à 95 %. Un modèle linéaire généralisé a été exploité pour savoir les effets de différents facteurs fixes sur les facteurs variables. Les facteurs fixes sont catégories de poids d'œuf et la méthode d'estimation des caractères. Les facteurs variables sont considérés comme l'ensemble des caractères quantitatifs qui sont estimés dans cette étude. Pour étudier les différentes corrélations existantes entre l'ensemble des caractères estimés dans cette étude, nous avons fait appel à la procédure PROC CORR dans SAS9. La distance entre les différentes catégories de poids d'œuf étudiées, en tenant compte l'ensemble des caractères estimés, a été analysée par la procédure PROC CONDISC.

## 5. Protocole expérimentale :



Sur les 90 œufs à couvrir, seuls 31 œufs ont éclos. La taille réduite de notre résultat est la conséquence de l'extraction de 58 œufs de la couveuse après la mise en place des séparateurs en cartons, ne laissant dans ce cas de la place que pour 32 œufs (16 OAC/ bac) placés horizontalement avec une distance suffisante pour permettre l'émergence des poussins. D'où l'intérêt de disposer d'une couveuse de grande capacité, afin de pouvoir gérer le placement des œufs, et de l'utiliser en fonction de la disponibilité de notre échantillon.

## 1. Comparaison entre les différentes méthodes d'estimation de caractères :

D'après les résultats des analyses statistiques effectuées, nous avons trouvé des différences très hautement significatives entre les différentes méthodes d'estimation des caractères. Pour la surface, la longueur et la largeur maximale des œufs, une différence très hautement significative a été constatée entre les deux méthodes de mesure, en l'occurrence mesure par pieds à coulisse et mesure par logiciel imageJ, avec des valeurs respectivement de (DDL 1= ; Valeur de  $F=15,88$  ;  $P=0,0002$ ), (DDL=1 ; Valeur de  $F=47,53$  ;  $P<0,0001$ ) et (DDL=1 ; Valeur de  $F= 85$  ;  $P<0,0001$ ).

Concernant le volume des œufs, l'estimation a été faite par plusieurs méthodes, à savoir mesure par logiciel imageJ, par la formule de **AYUPOV (1976)** ;  $V_1= 0.523 \times LB^2$ , par la formule de **NARUSHIN (2005)** ;  $V_2= (0.6057 - 0.0018B) \times LB^2$ , par la formule de **BOURTOV (1990)** ;  $V_3= 0.913 \times W$  et par la formule de **SEDGHI et GHADERI (2022)** ;  $V_4= -105.319 + 10.0917L + 23.733B$ , quant à la surface ; l'estimation a été faite, à savoir mesure par image j et par la formule de **SEDGHI et GHADERI (2022)** ;  $S_1 = 4.72L^{0.886} + 1.786(LB^2)^{0.770}$ . En utilisant un modèle linéaire généralisé, une différence très hautement significative a été trouvée entre ces différentes méthodes d'estimation (DDL= 4 ; Valeur de  $F = 50$  ;  $P< 0,0001$ ). Nous avons poussé ces analyses statistiques pour avoir une idée sur les méthodes qui constituent un groupe homogène par le test de Duncan-Waller (**Tableau n°10**). D'après ce test statistique, nous pouvons distinguer trois groupes. Le premier groupe (A) est représenté par le volume estimé par ImageJ. Le deuxième groupe (B) est indiqué par le volume estimé par la formule de **NARUSHIN (2005)**, Le dernier groupe (C); regroupe le volume estimé par trois différentes formules, celles d'**AYUPOV (1976)**, de **BOURTOV (1990)** et de **SEDGHI et GHADERI (2022)**.

**Tableau 10: Groupement des méthodes homogènes qui sont utilisées pour l'estimation du volume des œufs**

Duncan Groupement	Moyenne	Nb	MV
A	71.241	31	VIJ
B	66.013	31	V <sub>2</sub>
C	57.753	31	V <sub>1</sub>
C	57.554	31	V <sub>3</sub>
C	56.625	31	V <sub>4</sub>

## 2. Analyse descriptive :

Le poids moyens des œufs de la première catégorie ( $W < 61\text{g}$ ) ; est de  $58.98 \pm 1.68\text{ g}$ , le poids moyens des œufs de la deuxième catégorie ( $61\text{g} < W < 64\text{ g}$ ) ; est de  $61.84 \pm 0.50\text{ g}$ , tandis que, le poids moyens des œufs de la troisième catégorie ( $W > 64\text{ g}$ ) ; est de  $68.35 \pm 4.05\text{ g}$ . La longueur des œufs la plus importante est  $6.40 \pm 0.23\text{ cm}$ . Pour ce qui est de la largeur maximale des OAC, elle varie entre  $4.60 \pm 0.13\text{ cm}$  et  $4.10 \pm 0.13\text{ cm}$ . Pour la surface estimée par la formule ( $S_1$ ), les chiffres fluctuent entre ( $82.88 \pm 4.82 \leq S_1 \leq 102.66 \pm 4.82$ )  $\text{cm}^2$ . Le volume des œufs le plus élevé dans le troisième groupe (C); est estimé à  $71.67 \pm 4.46\text{ cm}^3$ .

En ce qui concerne les paramètres morphologiques estimés par imagej on note, La longueur des œufs la plus importante est  $7.03 \pm 0.27\text{ cm}$ . Pour ce qui est de la largeur maximale des œufs à couvrir, elle varie entre  $5.04 \pm 0.15\text{ cm}$  et  $4.36 \pm 0.15\text{ cm}$ . Pour la surface les chiffres fluctuent entre ( $77.17 \pm 4.87 \leq S_1 \leq 101.67 \pm 4.87$ )  $\text{cm}^2$ . Le volume des œufs le plus élevé est estimé à  $93.78 \pm 6.24\text{ cm}^3$ .

Pour le poids moyen des poussins, la valeur Moyenne est de ( $45.12 \pm 4.46\text{ g}$ ), avec une valeur Maximale de  $56.90 \pm 4.46\text{ g}$ , et une valeur minimale de  $36.80 \pm 4.46\text{ g}$ , la longueur des poussins, elle varie entre  $17.70 \pm 0.63\text{ cm}$  et  $15.00 \pm 0.63\text{ cm}$ , avec une moyenne de  $16.52 \pm 0.63\text{ cm}$ . La moyenne de la longueur du métatarse des poussins est de  $2.58 \pm 0.08\text{ cm}$  (Tableau n°11).

**Tableau 11: poids et dimensions moyens des différents caractères estimés**

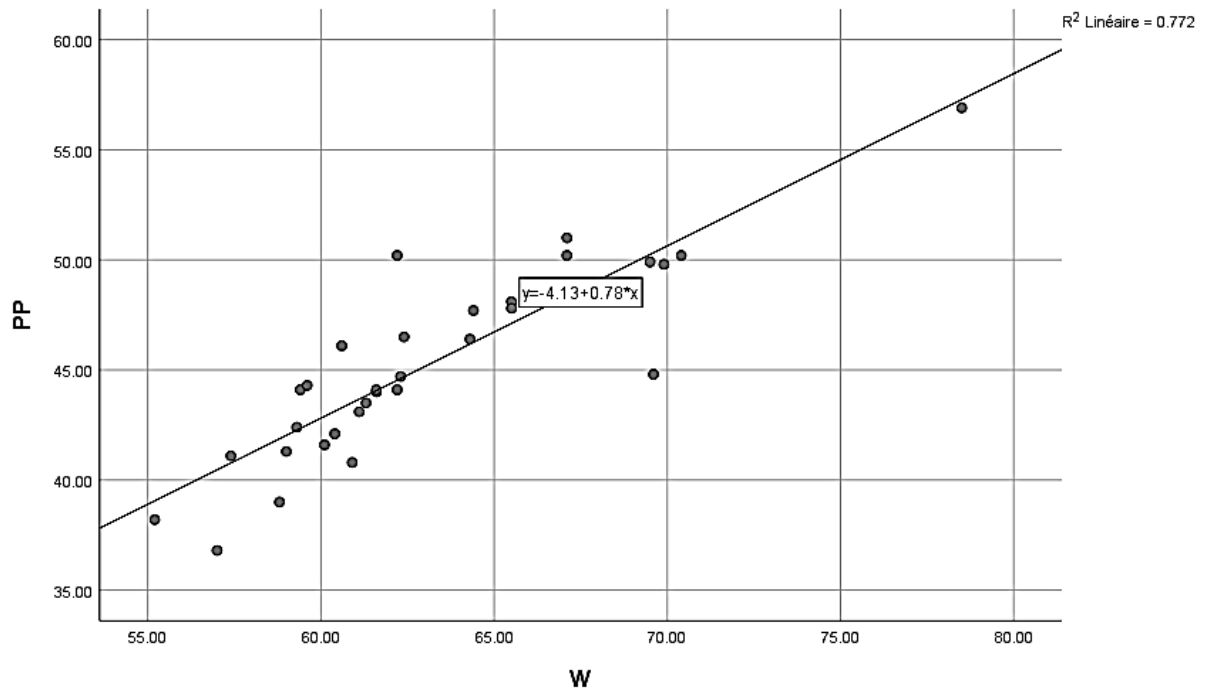
Caractère		Méthode	Moyenne	Ecart type	Max	Min
W	TOTAL	Classique	63.04	4.89	78.50	55.20
	Catégorie1	Classique	58.98	1.68	60.90	55.20
	Catégorie2	Classique	61.84	0.50	62.40	61.10
	Catégorie3	Classique	68.35	4.05	78.50	64.30
L		Classique	5.75	0.23	6.40	5.40
		imagej	6.18	0.27	7.03	5.58
B		Classique	4.38	0.13	4.60	4.10
		imagej	4.71	0.15	5.04	4.36
V		V <sub>1</sub>	57.75	4.77	70.83	50.99
		V <sub>2</sub>	66.01	5.43	80.91	58.34
		V <sub>3</sub>	57.55	4.46	71.67	50.40
		V <sub>4</sub>	56.63	4.38	68.44	50.52
		V imagej	71.24	6.24	93.78	61.73
S		S <sub>1</sub>	89.02	4.82	102.66	82.88
		S imagej	84.11	4.87	101.67	77.17
PP		Classique	45.12	4.46	56.90	36.80
LP		Classique	16.52	0.63	17.70	15.00
LM		Classique	2.58	0.08	2.76	2.45

### 3. Corrélation entre les caractères:

En utilisant la corrélation non paramétrique de Pearson (**Tableau n°12**), nous avons trouvé des corrélations significatives ( $P < 0,05$ ) entre la majorité des caractères mesurés, deux à deux. A l'exception de deux combinaisons, à savoir entre la longueur et la largeur de l'œuf ( $P = 0,18$ ) et entre la longueur du poussin et la largeur de l'œuf ( $P = 0,11$ ). Il est à signaler que le poids de poussin se corrèle significativement avec l'ensemble des caractères mesurés, avec les coefficients de corrélation les plus élevés entre le volume et la surface de l'œuf et entre le poids et le volume de l'œuf ; qui sont égales respectivement à 1.00 et 0.89, suivies par la combinaison entre le poids du poussin et le poids de l'œuf avant incubation, avec un coefficient de corrélation très significatif enregistré qui est égale à 0.84 (**Figure n°11**).

**Tableau 12: Tableau des coefficients de corrélation de Pearson et des probabilités**

	W	VIJ	SIJ	LIJ	BIJ	PP	LP	LM
W		0.89 <0.0001	0.89 <0.0001	0.66 <0.0001	0.75 <0.0001	0.84 <0.0001	0.40 0.027	0.58 0.0006
VIJ	0.89 <0.0001		1.00 <0.0001	0.73 <0.0001	0.82 <0.0001	0.75 <0.0001	0.41 0.021	0.63 0.0002
SIJ	0.89 <0.0001	1.00 <0.0001		0.78 <0.0001	0.78 <0.0001	0.75 <0.0001	0.42 0.018	0.63 0.0001
LIJ	0.66 <0.0001	0.73 <0.0001	0.78 <0.0001		0.25 0.18	0.54 0.002	0.41 0.024	0.51 0.0034
BIJ	0.75 <0.0001	0.82 <0.0001	0.78 <0.0001	0.25 0.18		0.64 0.0001	0.30 0.105	0.47 0.0072
PP	0.84 <0.0001	0.75 <0.0001	0.75 <0.0001	0.54 0.002	0.64 0.0001		0.64 0.0001	0.68 <0.0001
LP	0.40 0.027	0.41 0.021	0.42 0.018	0.41 0.024	0.30 0.105	0.64 0.0001		0.46 0.009
LM	0.58 0.0006	0.63 0.0002	0.63 0.0001	0.51 0.0034	0.47 0.0072	0.68 <0.0001	0.46 0.009	



**Figure 11: Graphe de corrélation entre le poids de l'œuf avant incubation et le poids du poussin à l'éclosion ( $P < 0.0001$  ;  $r = 0.84$  ;  $R^2 = 0.772$  ; l'équation :  $y = -4.13 + 0.78 * x$ )**

#### **4. Influence de choix de l'intervalle de poids de l'œuf sur les caractères morphométriques :**

Nous avons trouvé des différences très hautement significatives ( $P < 0,0001$ ) entre les trois catégories de poids d'œuf vis-à-vis l'ensemble des caractères morphométriques estimés (**Tableau n°13**). Autrement dit, l'intervalle de poids d'œufs avant l'incubation peut influencer considérablement sur la totalité des caractères estimés dans cette étude. Mais, cette influence se diffère d'un caractère à un autre selon la valeur de  $R^2$ . Il est à signaler, d'après les résultats des analyses statistiques, que les valeurs de  $R^2$  les plus importantes sont notées pour certains caractères, à savoir le poids, le volume ( $V_3$ ) et la surface ( $S_1$ ) ; avec des valeurs de  $R^2$  qui égalent, respectivement, à 0.73, 0.73 et 0.69.

**Tableau 13: Influence de choix de l'intervalle de poids de l'œuf sur les caractères morphométriques**

Facteurs variables	DDL	Valeur F	R <sup>2</sup>	P
Poids (W)	2	36.99	0.73	<0.0001
Volume (V <sub>3</sub> )	2	36.99	0.73	<0.0001
Surface (S <sub>1</sub> )	2	30.50	0.69	<0.0001

### 5. Groupement des catégories de poids de l'œuf selon les critères discriminants :

Le test de Duncan-Waller a été utilisé pour grouper les catégories homogènes de l'intervalle de poids des œufs en tenant compte seulement des critères discriminants. Particulièrement le poids des œufs à couvrir avant incubation, le volume et la surface.

Pour le poids de l'œuf, dont la valeur de R<sup>2</sup> était de 0.73, le groupement des catégories homogènes révèle trois groupes distinctifs, A, B et C (**Tableau n°14**).

**Tableau 14: Groupement des catégories homogènes de l'intervalle de poids des œufs**

Duncan Groupement	Moyenne	Nb	P (interv)
A	68.345	11	3
B	61.838	8	2
C	58.975	12	1

Concernant le volume (V<sub>3</sub>) de l'œuf, dont la valeur de R<sup>2</sup> était de 0.73, le groupement des catégories homogènes révèle trois groupes distinctifs, A, B et C (**Tableau n°15**).

**Tableau 15: Groupement des catégories homogènes de l'intervalle du volume des œufs**

Duncan Groupement	Moyenne	Nb	P (interv)
A	62.399	11	3
B	56.458	8	2
C	53.844	12	1

Quant à la surface ( $S_1$ ) de l'œuf, dont la valeur de  $R^2$  était de 0.73, le groupement des catégories homogènes révèle trois groupes distinctifs, A, B et C (**Tableau n°16**).

**Tableau 16: Groupement des catégories homogènes de l'intervalle de surface des œufs**

Duncan Groupement	Moyenne	Nb	P (interv)
A	94.127	11	3
B	87.832	8	2
C	85.128	12	1

## 6. Analyse des composantes principales (ACP) :

La procédure PROC CANDISC a été employée pour estimer les distances entre les trois catégories choisies dans cette étude. Et ce, en tenant compte de l'ensemble des huit caractères morphométriques, en l'occurrence le poids, la longueur, la largeur maximale, le volume, la surface relatives aux OAC et le poids du poussin, la longueur du poussin, ainsi que la longueur du métatarse. L'axe 1 et l'axe 2 sont utilisés ; par ce qu'ils donnent le maximum d'information avec des pourcentages de contribution qui égalent respectivement à 55,97 % et 43,78 %. Le pourcentage de la contribution totale des deux axes égale à 99,75 %.

D'après les résultats de l'ACP, la différence est significative entre les catégories choisies ( $p < 0,05$ ), à l'exception de combinaison (entre 61 et 64 – inférieur 61) dont la valeur de  $D^2 = 4.52$ . la valeur la plus élevée est notée entre (supérieur 64 – inférieur 61) dont la valeur de  $D^2 = 23.75$ . La valeur la plus faible est celle de la combinaison (entre 61 et 64 – supérieur 64) dont la valeur de  $D^2 = 9.89$  (**Figure n°12, Figure n°13**).

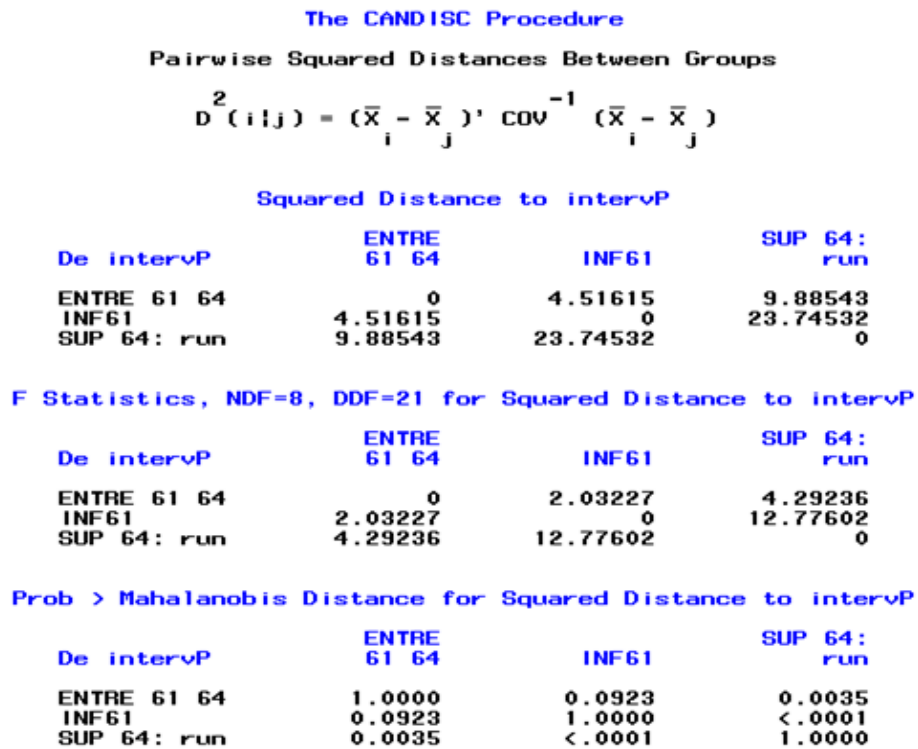


Figure 12: les distances estimées entre les trois catégories choisies

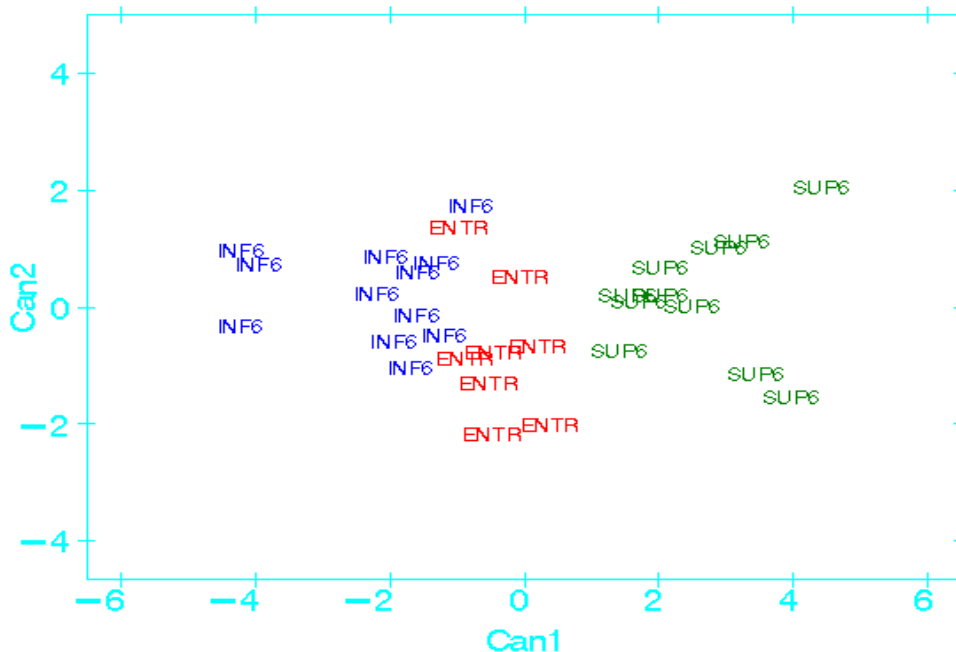


Figure 13: Projection d'Analyse des Composantes Principales (ACP)

### 6.1. Les valeurs moyennes pour chaque catégorie :

-Pour l'intervalle de poids inférieur à 61 le point moyen subi des deux axes est de -2.210291483 pour canonique1 et de 0.296443053 pour canonique2.

-Concernant l'intervalle de poids entre 61 et 64 le point moyen subi des deux axes est de -0.344380904 pour canonique1 et de -0.720674527 pour canonique2.

-Quant à l'intervalle de poids supérieur à 64 le point moyen subi des deux axes est de 2.661685912 pour canonique1 et de 0.200734507 pour canonique2 (**Tableau n°17**).

**Tableau 17: Les valeurs moyennes pour chaque catégorie**

Interv P	Can1	Can2
ENTRE 61 et 64	-0.344380904	-0.720674527
INF 61	-2.210291483	0.296443053
SUP 64	2.661685912	0.200734507

### 6.2. La structure canonique totale des échantillons :

Pour l'axe canonique 1, la corrélation est positive avec l'ensemble des caractères estimés. Tandis que l'axe canonique 2 se corrèle positivement avec la majorité des caractères à l'exception de la longueur imagej de l'œuf (Lij) et la longueur du poussin (Lps) avec des valeurs négatives respectives de -0.207536 et -0.253709 (**Tableau n°18**).

**Tableau 18: structure canonique totale**

Variabes	Can1	Can2
W	0.931639	0.160582
VIJ	0.770198	0.119925
SIJ	0.770024	0.76299
LIJ	0.538817	-0.207536
BIJ	0.704685	0.343753
PP	0.831113	0.021757
LPS	0.471251	-0.253709

Selon **HELD (2010)**, il est intéressant de rechercher d'éventuelles relations entre deux variables, dans le sens où lorsque une variable change, l'autre diminue ou augmente. L'observateur peut se pencher sur la nature de la relation, sur les possibilités de quantification de cette relation, sur son intensité et sur son sens. Dans la présente étude Les analyses statistiques appliquées aux différents paramètres morphométriques de l'œuf à couver, notamment, le poids de l'œuf avant couaison ; la longueur et la largeur maximale, ainsi que le poids; la longueur des poussins à l'éclosion et celle de leurs métatarses, réalisés par des instruments de mesure de précision classiques. Le volume  $V_1$  ;  $V_2$  ;  $V_3$  ;  $V_4$  et la surface  $S_1$  prédis à l'aide des équations citées ci-dessus en utilisant les mêmes ensembles de données, et celles obtenus par un logiciel de modélisation numérique (Imagej); à savoir la longueur, la largeur maximale, le volume et la surface relatives aux œufs à couver, dans l'intention de trouver une corrélation potentielle entre les variables correspondant aux œufs à couver et la qualité du poussin d'un jour de nos échantillons identifiés au préalable.

### 1. La comparaison entre les différentes méthodes d'estimation des caractères :

Selon **SONIA et al. (2022)**, le déterminisme de la qualité des poussins est multifactoriel. Concernant les conditions de pré-incubation ou d'incubation, elles peuvent impacter à la fois le développement embryonnaire, la qualité du poussin, et ses performances ultérieures. Les calculs géométriques des œufs qui incluent le volume (V) et la surface (S) sont importants pour l'industrie avicole. Ces derniers sont utilisés dans les études biologiques pour le développement de l'embryon (par exemple, la chaleur échangée, les gaz métaboliques et la vapeur d'eau) et pour estimer la perméabilité de la coquille ou période probable d'incubation (**SEDGHI et GHADERI, 2022**).

Dans le cadre de cette expérimentation, l'estimation du volume et de la surface des œufs, a été faite par plusieurs méthodes, à savoir mesure par logiciel imageJ, et par les formules citées ci-dessus. En effet, **TROSCIANKO (2014)**, a proposé une formule bidimensionnelle (2D) pour la forme de l'œuf et extrait manuellement les points de bord de l'œuf à partir d'images numériques pour estimer la taille et le volume de l'œuf.

Concernant le volume, une différence très hautement significative a été trouvée entre les différentes méthodes d'estimation (DDL= 4 ; Valeur de F = 50 ; P< 0,0001). D'après le test statistique Duncan-Waller, on a distingué trois groupes ; (A), (B) et (C) ; Le premier groupe (A) ; avec une moyenne égale à 71.241 cm<sup>3</sup>, il est représenté par le volume estimé par ImageJ. Le deuxième groupe (B) ; dont la moyenne est égale à 66.013 cm<sup>3</sup>, il est indiqué par le

volume estimé par la formule de **NARUSHIN (2005)**. Le dernier groupe (C); regroupe le volume estimé par trois différentes formules, leurs moyennes se rapprochent ; elles sont égaux respectivement à  $57.753 \text{ cm}^3$ ,  $57.554 \text{ cm}^3$  et  $56.625 \text{ cm}^3$ , relatives aux formules d'**AYUPOV (1976)**, de **BOURTOV (1990)** et de **SEDGHI et GHADERI (2022)**.

Les résultats trouvés dans notre étude sont en accord avec ceux trouvés par **SEDGHI et GHADERI (2022)**, les deux auteurs ont rapporté que les résultats dans leur recherche lors de comparaison effectuée entre les volumes d'œufs obtenus par déplacement d'eau avec ceux obtenus par un système d'analyse d'images numériques (IA) ; Le logiciel Matlab R2009, étaient respectivement les suivants ; la moyenne égale  $59.52 \text{ cm}^3$  et  $59.62 \text{ cm}^3$  ; avec un maximum de  $73.89 \text{ cm}^3$  et  $73.53 \text{ cm}^3$  ; et un minimum de  $46.18 \text{ cm}^3$  et  $47.27 \text{ cm}^3$ , tout en fournissant une précision raisonnable ( $R^2 = 0.98$ ) dans l'estimation de la première méthode. L'analyse numérique dans leur étude, a été utilisée pour calculer les paramètres morphologiques des œufs L, B, S, et V; afin de fournir des mesures de plusieurs paramètres de taille des œufs, notamment le volume de l'œuf (V) et la surface (S) de la poule pondeuse.

**SEDGHI et GHADERI (2022)**, ont mentionné également que les équations suivantes pourraient prédire le volume des œufs avec une précision raisonnable de : ( $R^2 \geq 0.97$ ) ;  $V = 0.523 \times LB^2$  (**AYUPOV, 1976**),  $V = 0.496 \times LB^2$  (**NARUSHIN, 1994**),  $V = (0.6057 - 0.0018B) \times LB^2$  (**NARUSHIN, 2005**). Selon les mêmes auteurs, les équations développées sur la base du poids des œufs entraînaient une précision moindre dans la prédiction de S et V. tous en affirmant que les équations suivantes nouvellement introduites dans leur étude étaient exactes et précises ; ainsi, ils pourraient être utilisés pour calculer S et V ;  $S = 3.5517L^{0.951} + 3.584 V^{0.7934}$ ,  $S = 4.72L^{0.886} + 1.786(LB^2)^{0.770}$ ,  $V = -105.319 + 10.0917L + 23.733B$ .

quant à la surface, la longueur et la largeur maximale des œufs, d'après les résultats de nos analyses statistiques effectuées, nous avons trouvé des différences très hautement significatives entre les deux méthodes d'estimation des caractères , en l'occurrence mesure par pieds à coulisse et mesure par logiciel imageJ, avec des valeurs respectivement de (DDL 1= ; Valeur de F=15,88 ; P=0,0002), (DDL=1 ; Valeur de F=47,53 ; P<0,0001) et (DDL=1 ; Valeur de F= 85 ; P<0,0001).

Cette différence entre les méthodes d'estimation des caractères peut être expliquée, Selon **YVES GAILLARD, (2022)**, lors de l'utilisation d'analyse numérique ; le seuil est déterminé en fonction de l'appréciation de chaque opérateur, ce dernier reste l'acteur principal de la chaîne de mesure et ses différentes actions peuvent influencer le résultat des estimations. En effet, dans le cas de l'évaluation des caractères de nos échantillons, il semble qu'**ImageJ** surestime toujours les valeurs des paramètres relatives à nos ovoïdes par rapport aux résultats

obtenus par mesures classiques et celles obtenus à partir des formules cités précédemment. D'autre part On peut émettre l'hypothèse de la prise des photos 2D par rapport à la barre d'échelle.

Dans l'ensemble ; cette méthode nécessitent souvent une prise des photos des œufs à des distances spécifiques ce qui requière un équipement spécialisé (la qualité de l'appareil photo utilisé, le type d'objectif qui y corresponde, l'angle de prise des photographies par rapport à l'axe longitudinal des œufs, tous ces caractéristique et d'autre vont avoir une influence directe sur le rendu des photos). Contrairement à nos photographies présent au moyen d'un Smartphone, ainsi que leurs format JPEG (Joint Photographic Experts Group), qui fonctionne par décomposition des images en parties de 8x8 pixels. Il supprime des détails dans chaque partie (niveaux de compression de 1% à 99%) ; cela peut diminuer la précision des résultats. C'est ce que **TING ON CHAN et al. (2018)**, ont confirmé ; signalant que la méthode proposée par **TROSCIANKO (2014)**, nécessitait plusieurs étapes manuelles pour mesurer les dimensions des œufs au sommet d'une grille de papier avec un appareil photo numérique. De plus, les distorsions des lentilles n'ont pas été prises en compte dans cette technique.

d'après **SEDGHI et GHADERI (2022)**, La combinaison du traitement d'images et de modèles mathématiques pour la prédiction de paramètres géométriques a également été utilisée dans des études antérieures (**ASADI et al., 2012 ; BRIDGE et al., 2007, EBADI et al., 2019 ; SOLEIMANI et al., 2012**). Selon **ALAIN (2012)**, La modélisation est devenue une méthodologie incontournable dans les sciences et les technologies du vivant. Selon l'auteur, Les éléments méthodologiques pour aborder la modélisation, Il s'agit d'analyser le processus qui conduit à un modèle, à savoir à une représentation formelle d'un objet ou d'un phénomène du monde réel, en l'occurrence biologique ou écologique. La partie la mieux connue de la modélisation est fondée sur les mathématiques et encore de façon plus restreinte sur les modèles à variables et paramètres prenant des valeurs numériques. En revanche, La morphométrie permet d'étudier la variation géométrique de corps et de formes biologiques et de la corrélér avec des variables ou des facteurs biologiques potentiellement explicatifs (**BOOKSTEIN 1991; CUCCHI et al. 2015**).

**TROSCIANKO (2014)**, prétendait avoir une très faible erreur de volume (<0,74%), il a également évoqué que sa formule mathématique pour décrire la courbure d'un œuf d'oiseau qui peut être utilisée pour calculer la forme, le volume et la surface d'un œuf à partir d'images numériques, était plus précise que les formules basées sur l'œuf L et B (**voir ANNEXE N°= 01**); du fait que, les erreurs de volume des œufs basées sur les photographies ne sont pas

affectées par la pointe des œufs ; mais lorsque le volume est calculé sur la base du L et B les erreurs de volume sont significativement affectées par la pointe (surestimation des volumes des œufs elliptiques et sous-estimation des volumes des œufs pointus). Cependant, d'après **TROSCIANKO et MARSDEN (2014) ; NARUSHIN et al. (2020)**, ce rapport ne signifie pas que le L et le B de l'œuf ne sont pas des paramètres appropriés pour calculer le V et le S de l'œuf.

La forme des œufs d'oiseaux varie considérablement au sein et entre les espèces, ce qui rend difficile la généralisation de règles géométriques simples pour estimer le volume ou la surface des œufs (**BOERSMA et REBSTOCK, 2010 ; BRIDGE et al., 2007**). C'est ce que les auteurs **SEDGHI et GHADERI (2022)**, ont confirmé ; en mentionnant que les coefficients sont différents pour calculer les œufs V et S pour chaque type d'œuf d'oiseau, donc ils ont suggéré de développer différents modèles pour calculer les œufs S et V de chaque espèce.

## **2. Les corrélations entre les différents paramètres morphométriques appliqués à l'œuf à couvrir et entre la qualité du poussin:**

La qualité du poussin est un enjeu important pour la filière avicole, d'autant plus que la durée d'élevage est réduite et ne permet pas aux poussins de moindre qualité de pleinement récupérer après la phase de démarrage. Les attentes en termes de qualité peuvent sensiblement varier en fonction des acteurs de la filière (couvoir ou éleveur). La qualité du poussin peut être évaluée par l'observation visuelle de critères qualitatifs ou la mesure de critères quantitatifs, tels que ceux décrits dans les grilles de Pasgar ou Tona. Cette approche reste cependant assez subjective et dépendante de l'observateur. L'intégration de paramètres physiologiques constitue une nouvelle approche complémentaire, qui peut permettre de mieux prendre en compte le statut immunitaire et métabolique des animaux (**SONIA et al., 2022**).

Dans ce contexte, lors de cette expérimentation on a essayé d'évaluer les performances futures des poussins chair grâce à trois indicateurs dont les déterminants sont complémentaires, la prise du poids des poussins, la mesure de la longueur du poussin et celle du métatarse, dans l'intention de mettre en évidence une corrélation potentielle entre certaines caractéristiques métrologiques de notre échantillon d'œufs à couvrir et entre la qualité des poussins chair correspondants.

**Hill (2001)**, a conclu que la longueur du poussin était un bon outil de prédiction des performances futures; l'auteur en a donc proposé de mesurer la longueur du poussin de la

pointe du bec au doigt du milieu. Par ailleurs l'auteur a suggérée dans sa méthodologie de mettre les résultats en rapport avec l'âge des lots donneurs, le poids des œufs et les conditions d'incubation. il a également soulignée , qu'il est important de noter que la croissance du poussin continue après l'éclosion et que, pour pouvoir comparer les informations, il est nécessaire d'effectuer les mesures toujours au même moment.

La longueur du poussin est un indicateur qui peut être mesuré. Il serait un meilleur prédicteur de la performance de l'animal que de sa survie sur la première semaine. En effet, d'après **WOLANSKI et al. (2004)** ; **MOLENAAR et al. (2008)**, une corrélation a été mise en évidence entre la longueur du poussin à J0 et le poids de l'animal à 6 semaines. Les poussins plus longs auraient aussi des organes mieux développés (**PETEK et al., 2010**). Par conséquent, l'oxygène et les nutriments sont transportés et distribués plus efficacement aux organes comme le cœur, le foie ou la rate, plus gros chez les poussins plus longs.

Dans notre étude, en utilisant la corrélation non paramétrique de Pearson, nous avons trouvé des corrélations significatives ( $P < 0,05$ ) entre la majorité des caractères mesurés, deux à deux. Selon **HOYT (1979)**, les dimensions linéaires des œufs ne changent pas pendant l'incubation, elles peuvent être utilisées pour prédire le volume et le poids des œufs frais. Il est à noter; que nous avons également constaté que le poids des poussins est significativement corrélé à toutes les caractéristiques mesurées, avec le coefficient de corrélation le plus élevé entre le volume et la surface de l'œuf ( $R = 1.00$ ).

Selon **HANSETS (1999)**, il existe une relation entre la taille de l'œuf et son éclosabilité, lorsque la taille des œufs augmentent le rapport entre sa surface et son volume diminue, ce qui rend moins efficaces les échanges de gaz et de chaleur. En fin d'incubation, le catabolisme de l'embryon produit de la chaleur qu'il doit évacuer sous peine de voir augmenter la température interne. La surchauffe de l'embryon provoque des dommages irréparables aux tissus, augmente le besoin en oxygène et par conséquent la mortalité embryonnaire. De plus, L'augmentation relative de la dimension de l'œuf est une conséquence à des augmentations du poids du jaune et de l'albumen, qui influe sur le taux d'éclosion, il a été observé que les œufs de grande taille et qui contiennent une quantité d'albumen élevé ont une influence négative sur le taux d'éclosion, de même que les œufs de grande taille issue de poules vieilles possèdent souvent une coquille mince, ce qui facilite la pénétration des germes (**MALKI, 2004**).

IL est souvent utile de connaître le poids frais d'un œuf d'oiseau. L'une des raisons est que de nombreux aspects de la biologie des œufs d'oiseaux peuvent être prédits à partir de leur

poids et que ces valeurs prédites peuvent être utilisées lorsque les données empiriques font défaut. Dans le cadre de notre étude, la corrélation entre le poids et le volume des œufs est très significatif ( $R= 0.89$ ), **BOURTOV et al., (1990)**, estiment que Le volume de l'œuf peut être également prédit à partir de la valeur de son poids initial, grâce à la formule suivante :  $V= 0,913 \times W$  ;  $W$  étant le poids de l'œuf entier (**AKOUANGO et BIOSCI, 2014**). En revanche, d'autres chercheurs ont proposé un algorithme permettant de mesurer indirectement le poids des œufs par traitement d'image. Ils ont également effectué une analyse de régression pour estimer la relation entre le poids et d'autres propriétés géométriques des œufs (telles que le périmètre, la surface, les axes majeur et mineur, les coefficients de forme et le volume) ; et ont déclaré que le poids des œufs est un bon indicateur pour le calcul des paramètres géométriques des œufs (**ALIKHANOV et al., 2015**).

Le poids de l'œuf de poule est variable en fonction de la souche et de l'âge de la poule. Selon **SAUVEUR (1988)**, il est de 50 à 70 g. Alors que d'autres auteurs tels **WAGENINGEN et al. (1998)**, rapportent qu'il est en moyenne de 30 à 70 g. Le poids de l'œuf augmente avec l'âge des poules, du fait notamment d'un accroissement de la part de jaune. La fréquence de ces «œufs doubles» diminue progressivement au cours du cycle de ponte. La proportion de petits œufs peut également être importante en début du cycle de production si la maturité sexuelle a été trop précoce, du fait des programmes lumineux et alimentaires mis en place en période d'élevage. Occasionnellement, en début de ponte, on remarque la présence de très petits œufs sphériques ne contenant que du jaune d'œuf (**TRAVEL et al., 2010**).

En effet, **ROMANOFF et ROMANOFF (1949)**, citent que l'indice de forme de la coquille ( $L/l$  de l'œuf) augmente avec l'âge des poules pondeuses. En début de production, les œufs ont plutôt une forme ronde qui tend progressivement à s'allonger au cours de l'année de ponte. Cette modification de la forme de l'œuf résulterait d'un affaiblissement de la tonicité musculaire de la glande coquillière chez les poules âgées. De Même, le poids de l'œuf frais ne peut être déterminé qu'au moment de la ponte car l'œuf commence immédiatement à perdre du poids par diffusion de vapeur d'eau. Cette perte quotidienne est proportionnelle à la puissance 0,74 du poids de l'œuf (**DRENT, 1970**) et totalise environ 16 % du poids initial à la fin de l'incubation (**DRENT, 1975**).

Par ailleurs, L'augmentation du poids de l'œuf au cours d'un cycle de ponte, liée au vieillissement de la poule, s'accompagne d'une augmentation de la part relative de jaune et d'une diminution de la part de la coquille (**TERNES et al., 1994**). En effet, le poids des œufs

d'une jeune poule atteint 60 g à 26 semaines puis tend à se stabiliser à 65 g à partir de 50 semaines. Il s'élève à environ 68 g vers 80 semaines d'âge (**BEAUMONT et al., 2010**).

Les analyses statistiques effectuées montrent que la combinaison entre le poids du poussin et le poids de l'œuf avant incubation, se corrélient positivement, avec un coefficient de corrélation très significatif enregistré qui est égale à 0.84. En effet, selon plusieurs auteurs (**BOERSMA, 1982 ; NARUSHIN et al., 2002 ; REID et BOERSMA, 1990 ; WILLIAMS, 1994**), La taille des œufs peut être utilisée pour prédire un certain nombre de variables importantes dans l'écologie aviaire. Souvent utilisés comme indicateur de l'investissement des femelles dans la reproduction, les œufs plus gros éclosent pour donner des poussins plus lourds qui ont plus de chances de survivre.

De même **CHRISTIAN et al. (2022)**, mentionnent que les œufs de petit calibre ; génèrent des poussins trop petits ; secs avec nombrils sanglants et qui éclosent tôt. Tandis que, les poussins issus des œufs de gros calibre, éclosent tard. Par ailleurs, les œufs vieux ou mal manipulés donnent des poussins mal positionnés au bêcheage. De plus, **AR et RAHN (1980)**, rapportent que le rendement permet d'apprécier la perte de poids au cours de l'incubation (ratio du poids de poussin/poids initial de l'œuf). D'après les deux auteurs, cette mesure doit être réalisée sur un minimum de 60 œufs et poussins respectifs pour être précise. En pratique, dans les couvoirs le rapport est réalisé sur le poids moyen des poussins/ poids moyen des œufs sur un même plateau. L'objectif à atteindre est de 67-68 %. Au cours de l'incubation, une perte de poids de 10-14% par rapport au poids initial de l'œuf serait optimale pour l'obtention d'un poussin de bonne qualité.

**LOURENS et al. (2006)**, et bien d'autres avant eux, vont mettre également en évidence l'importance du poids de l'œuf : en tentant de conserver une température de coquille constante tout au long de l'incubation, ils se sont aperçus que les gros œufs (70,0 grammes en moyenne dans l'essai) avaient besoin d'un réglage plus faible que les petits œufs (56,1 grammes en moyenne dans l'essai) en deuxième partie d'incubation. Ceci suggère que la croissance des embryons issus de gros œufs s'accélère à partir des 14<sup>ème</sup>-15<sup>ème</sup> jours. Ces observations sont en adéquation avec celles de **WILSON (1991)**, qui mentionne que le poids de l'embryon n'est pas corrélé au poids de l'œuf pendant la première partie de l'incubation. Il apparaît donc ici que les gros œufs ont besoin d'un régime différent et ne peuvent être incubés avec les petits œufs.

D'après **SONIA et al. (2022)**, tout ce qui pourra concourir à l'homogénéité des OAC sera un facteur d'amélioration qualitatif, notamment en réduisant la fenêtre d'éclosion. Les leviers testés pour rétablir une qualité de poussin optimale sont d'une part l'ambiance de

stockage des œufs, et d'autre part des traitements appliqués aux œufs en cours de stockage s'ils doivent être stockés longtemps.

L'objectif principal d'un couvoir est d'optimiser l'éclosabilité et d'obtenir un grand nombre de poussins homogènes, éclos dans une fenêtre de temps étroite et sans défaut (**SONIA et al., 2022**). Il paraît donc logique que des températures élevées puissent être responsables de la croissance de l'embryon lui-même, de certains de ses organes (le cœur en particulier) et de la quantité de jaune résiduel. Ceci fut d'abord démontré par **ROMANOFF (1960)** cité par **LEKSRISOMPONG et al. (2007)**, puis confirmé par toute une série de chercheurs.

**HULET (2001)**, a montré qu'en adaptant les consignes de température de la machine en fonction de la production réelle de chaleur métabolique il était possible d'améliorer les taux d'éclosion d'environ 2% par rapport à des programmes standard. Puisque les gros œufs ont plus de mal à évacuer la chaleur produite, on constate souvent une détérioration de la qualité des poussins et une augmentation du jaune résiduel au fur et à mesure que le troupeau vieillit. En ce sens, **LOURENS et al. (2006)**, ont montré que lorsque la température de coquille était maintenue constante, les embryons issus de petits ou gros œufs étaient aussi efficaces les uns que les autres à transférer les nutriments du jaune vers leurs corps. C'est ce que **MOLENAAR et al. (2010)**, ont confirmé en mentionnant qu'une température de coquille de 37,5-38,0°C au cours de toute la période d'incubation donne les meilleurs résultats d'éclosion et la meilleure qualité des poussins.

Il est également nécessaire de mieux comprendre l'impact des phases précoces de développement et d'éclosion dans l'établissement de la qualité du poussin. Ainsi, de nombreux facteurs, depuis la gestion du troupeau de reproducteurs jusqu'à la mise en place des animaux, sont également susceptibles d'impacter fortement la qualité du poussin. Une bonne connaissance et maîtrise de ces facteurs d'amont permettra d'obtenir des lots de poussins plus homogènes et plus robustes. Une évaluation optimale de la qualité des poussins mis en élevage permettra à l'éleveur d'optimiser les conditions d'accueil des poussins et leur surveillance, préservant la santé et le bien-être ainsi que l'expression du potentiel de production des animaux (**SONIA et al., 2022**).

La qualité des poussins reste donc difficile à définir objectivement (**WILLEMSSEN et al., 2010**) et ces indicateurs ne sont pas suffisants pour évaluer de manière précise, fiable et reproductible la qualité des poussins. Il est donc nécessaire de rechercher des indicateurs complémentaires.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans le cadre de cette étude sur la relation entre les paramètres morphométriques de l'œuf et la qualité du poussin chair, nous avons recueillies un certain nombre d'informations qui constituent un nouveau point de départ pour la suite des travaux, on cite :

- ✓ L'analyse d'images pourrait être appliquée avec succès pour déterminer la surface (S) et le volume (V) des œufs à condition de :
  - Développer différents modèles pour calculer S et V des œufs de chaque espèce ;
  - L'utilisation du matériel adéquat.
- ✓ Les formules  $V1$  ;  $V3$  ;  $V4$  ;  $S1$  ; citées précédemment, peuvent être utilisés pour la prédiction de S et V des œufs à couver.
- ✓ L'intervalle de poids d'œufs avant l'incubation peut influencer considérablement sur la totalité des caractères estimés dans cette étude. Autrement dit, on peut prendre en compte le poids comme critère majeur dans un schéma de sélection.

Aujourd'hui, l'état du poussin (communément qualifié par sa qualité) apparaît donc comme un levier d'amélioration à investiguer. En effet l'étude biométrique des œufs à couver de la souche étudiée, apporte des informations utiles pour contribuer à une meilleure réactivité, indispensable dans les ateliers avicoles; introduisant une grande flexibilité dans la diversification des approches tout en permettant une meilleure anticipation à plusieurs niveaux, notamment en accompagnant techniquement les producteurs du secteur chair à mieux gérer les élevages qu'ils encadrent ; prédire les performances des poussins chair et hâter les écarts pour les corriger sans perte de temps.

Pour conclure et après avoir reconstitué cet ensemble de données, on peut mentionner que la qualité de poussin est un enjeu de filière, elle peut faire l'objet d'une production planifiée et des procédures d'amélioration significatives, on prenant toutes les précautions nécessaires au meilleur choix des œufs à couver ainsi qu'un suivi adéquat des embryons qui deviendront les futurs poussins. En effet, aujourd'hui, l'état du poussin (communément qualifié par sa qualité) apparaît donc comme un levier d'amélioration à investiguer. La qualité du poussin est plus importante à considérer dans la filière des poulets de chair, dont la durée d'élevage est beaucoup plus courte que pour celle des poules pondeuses.

En perspectives, afin d'enrichir les bases de données sur la filière Repro-Chair, les résultats obtenus ne sont pas définitifs, il est souhaitable de les confirmer par d'autres expérimentations en combinant d'autres facteurs. Clairement, la plateforme imagej est une

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

valeur ajoutée à notre étude, elle permet d'accéder à des données massives, fiables et moins coûteuses constituant ainsi une banque de bases de données significatives pour d'autres études futures. De plus, ces archives photographiques enregistrées de nos échantillons peuvent être utilisées ultérieurement à des fins supplémentaires, telles que la modélisation visuelle. Son utilisation soutiendra la création de nouvelles données; sur le plan statistique, en comparant les moyennes quantitatives calculées par rapport à des caractéristiques qualitatives préexistantes ; tels que la forme des œufs, leurs couleurs, la présence ou l'absence des taches sur les coquilles, etc. Parallèlement à ce dispositif expérimental d'acquisition d'image, il est nécessaire de développer des logiciels de traitement et d'analyse les plus indépendants possibles de l'opérateur ; permettant une analyse automatique des données. Cette note décrit les résultats d'une première approche de ce domaine, destiné à clarifier les difficultés et les défis liés à l'obtention et à la création d'une telle plateforme d'analyse d'images.

A l'avenant, il serait pertinent d'élargir l'étude morphométrique pour atteindre différentes souches de poulets de chair à travers le territoire national en tenant compte des variations topographiques et des différents étages bioclimatiques du pays.

Le développement de la filière avicole nécessitera sans doute, dans les années à venir, des investissements dans la modernisation des ateliers de poulets de chair, où tout passe par la digitalisation ; en modélisation mathématique, statistiques, algorithmique, imagerie, bases de données et diffusion des connaissances ; pour cela, une solution peut être envisagée : la possibilité d'introduire la modélisation dans les cursus universitaires.

## Références bibliographiques

-A-

- ACTIVITE DE L'OBSERVATOIRE DES FILIERES AVICOLES ALGERIENNE. t.1 / 2024. I.T.ELV , BP N° 3, Birtouta, Alger. Disponible sur : <<http://www.itelv.dz>>, consulté le : 26/05/2024.
- ADRIAN. J. 1958. Récupérations des avitaminoses sur le développement embryonnaire chez le mammifère et l'oiseau. Annales zootechnique. N°2, 102-103. Disponible sur : <<http://dx.doi.org/10.1051/animres:19580201>>. Consulté le : 21/04/2024.
- AKOUANGO F., BANDTABA P., ET NGOKAKA C., 2005 ; Croissance pondérale et productivité de la poule locale Gallus domesticus e élevage fermier au Congo. Animal genetic resources, 2010, 46, 61 - 65, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010, Disponible sur : <<http://www.fao.org/docrep/012/i1353t08.pdf>>, consulté le 12/03/2024.
- AKOUANGO PARISSE. J. APPL. BIOSCI. 2014. Evolution des composantes de l'œuf pendant les trios phases de ponte chez la poule. Journal of Applied Biosciences 74:6080–6085 ; ISSN 1997–5902. 6082p.
- ALAIN PAVE. 2012. Collection Eco-énergies et environnement dirigée par ANDRE MARIOTTI et JEAN-CHARLES POMEROL. Modélisation des systèmes vivants, de la cellule à l'écosystème. ISBN 978-2-7462-3911-1.
- ALIKHANOV .D, PENCHEV .S, GEORGIEVA .T, MOLDAJANOV .A, SHYNYBAJ .Z, DASKALOV .P. 2015. Indirect method for egg weight measurement using image processing. Int J Emerging Technology Advanced Eng, 5, pp. 30-34.
- ALLOUI NADIR, Neuvièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 29 et 30 mars 2011. Situation actuelle et perspectives de modernisation de la filière avicole en Algérie.
- AR A. ET RAHN H., 1980. Am. Zool., (20), 373-384.
- ARZOUR, N., 2006. Appréciation des risques bactériologiques dans les œufs et les ovo produits. Mémoire de Magister en Médecine Vétérinaire. Université Mentouri de Constantine. 147 p.
- ASADI. V, RAOUFAT. M, NASSIRI. S. 2012. Fresh egg mass estimation using machine vision technique. Int Agrophys, 26, pp. 229-234

## Références bibliographiques

- AUTRUFFE, CECILE. 2019. Mise en ligne d'un atlas d'images tomodensitométriques normales de la poule (*Gallus gallus domesticus*). p63. Disponible sur : <[https://oatao.univ-toulouse.fr/25300/1/Rinaudo\\_25300.pdf](https://oatao.univ-toulouse.fr/25300/1/Rinaudo_25300.pdf)>. Consulté le 18/02/2024.

- AYUPOV FG. 1976. On the egg mathematical model. Advanced Scientific-Industrial Experience in Poultry Breeding Express Information;9:14–6. In Russian.

### -B-

- BAIN M.M., NYS Y., DUNN I.C., 2016. Increasing persistence in lay and stabilising egg quality in longer laying cycles. What are the challenges? Br. Poult. Sci., 57, 330-338.

- BARONE R., 1993.compte rendu d'une conférence sur l'embryologie (France).

- BATELLIER. F., MARINA GOVOROUN, JEAN-PIERRE BRILLARD. 2004. Sex-ratio chez les oiseaux sauvages et domestiques. Productions Animales, 17 (5), pp.365-372. hal-02670158.

- BEAUMONT C., CALENGE F., CHAPUIS H., FABLET J., MINVIELLE F., TIXIER-BOICHARD M., 2010. Génétique de la qualité de l'œuf. In : Numéro Spécial, Qualité de l'œuf. Nys Y. (Ed). Inra Prod. Anim., 23, 123-132.

- BEAUMONT C., CALENGE F., CHAPUIS H., FABLET J., MINVIELLE F., TIXIER-BOICHARD M., 2010. Génétique de la qualité de l'œuf. In : Numéro spécial, Qualité de l'œuf. Nys Y. (Ed). INRA Prod. Anim., 23, 123-132.

- BEKOTO, 1992. Document technique sur la matériel BEKSTS. Société bekoto (France).

-BLESBOIS. E. 2011. INRA, UMR85 Physiologie de la Reproduction et des Comportements, F-37380 Nouzilly. L'aviculture à petite échelle dans les zones tropicales. (Éd. Fondation Agromisa). Disponible sur :< <https://productions-animales.org/article/view/3260>> . Consulté le 18/02/2024.

- BOERSMA, P.D. 1982. Why some birds take so long to hatch. Am. Nat. 120: 733-750.

- BOERSMA, P.D., REBSTOCK, G. 2010. Calculating egg volume when shape differs: when are equations appropriate? J. Field Orn. 81: 442-448.

## Références bibliographiques

- BOLELI, I.C., MORITA, V.S., MATOS, J.B., THIMOTHEO, JR.M., ALMEIDA, V.R. 2016. Poultry Egg Incubation: Integrating and Optimizing Production Efficiency. Review ; Rev. Bras. Cienc. Avic. 18 (spe 2).
- BOOKSTEIN, FRED L., 1991. Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology. Cambridge : Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-58598-9.
- BOTTANI SAMUEL. 2019. Structure et dynamique de réseaux biologiques: de la biologie des systèmes aux réseaux neuronaux en culture. Université Paris Diderot Laboratoire Matières et Systèmes Complexes. UMR CNRS 7057, Paris, France.
- BOURIN M., GAUTRON J., BERGES M., ATTUCCI S., LE BLAY G., LABAS V., NYS Y., REHAULT-GODBERT S., 2011. Antimicrobial potential of egg yolk ovoinhibitor, a multidomain Kazal-like inhibitor of chicken egg. J. Agric. Food Chem., 59, 12368-12374.
- BOURTOV Y.Z. ; GOLDIN Y.S. ; KRIVONICHIN I.P. 1990. Incubation de l'œuf. Agroizdat. 239p .ISBN5-10-0006900 B91.
- BOUVAREL I., NYS Y., PANHELEUX M., LESCOAT P. 2010. Comment l'alimentation des poules influence la qualité des œufs ?, INRA Prod. Anim, 23 (2), 167-182
- BRAMWELL. R. K. 1996. Age effect of male and female broiler breeders on sperm penetration of the Perivitelline Layer Overlying the Germinal Disc. Poultry Science 75:755-762. disponible sur : < <http://beheco.oxfordjournals.org/content/16/1/30.full>>. Consulté le : 04/04/2024.
- BRELAZ M. 2011. Intérêts et limites de la thermographie infrarouge en tant qu'outil diagnostique en aviculture, Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole nationale vétérinaire de Toulouse, ENVT, 116 p.
- BRIDGE, E.S., BOUGHTON, R.K., ALDRIDGE, R.A., HARRISON, T.J.E., BOWMAN, R. SCHOECH, S.J. 2007. Measuring egg size using digital photography: testing Hoyt's method using Florida Scrub Jay eggs. J. Field Orn. 78: 109-116.
- BRILLARD J. P., 1993. Sperm storage and transport following natural mating and artificial insemination. Poult. Sci. 72 : 923-928.
- BRILLARD. J. P. 2005. Reproduction d'animaux d'élevage, édition Educagri, chapitre 14, 343-352.

## Références bibliographiques

- BRILLARDJ. P. DE REVIERS M., 1989 ; L'insémination artificielle chez la poule. Bases physiologiques et maîtrise du taux de fécondation des œufs. INRA Prod Anim 2 (3), 197-203. Disponible sur [http://granit.jouy.inra.fr/productionsanimales/1989/Prod\\_Anim\\_1989\\_2\\_3\\_04.pdf](http://granit.jouy.inra.fr/productionsanimales/1989/Prod_Anim_1989_2_3_04.pdf), consulté le 01/03/2024.

- BRUSE. J. and DRYSDALE. E. 1994. Trans-shell transmission. In microbiology of the avian egg broad RG, Fuller R, LONDON, Chapman and hall, 63-91. Disponible sur : <<http://beheco.oxfordjournals.org/content/16/1/30.full>>. Consulté le : 21/04/2024.

### -C-

- CATALOGUE DE LA BOITE A OUTILS DES TECHNOLOGIES SUR LA VOLAILLE AVICOLES. TAAT, août 2022, Série de rapports techniques du Clearinghouse 016, Technologies for African Agricultural Transformation, Clearinghouse Office, IITA, Cotonou, Benin. 32 pp.

- CHRISTIAN K. TIAMBO, PAULINE KIBUI, CHRISTINE KAMIDI, CHARITY MUTETI, TUANJUN HU, STEVE KEMP AND MIKE MCGREW. janvier 2022. Manuel de formation en Laboratoire sur la conservation et la reconstitution des ressources génétiques avicoles locales par cryoconservation des cellules souches primordiales (53).

- CIE. 2019. Développement de l'embryon de poule. Disponible sur Poules et Cie: <<https://poulesetcie.com/developpement-embryon->>. Consulté le : 04/04/2024.

- CLEMENT, 1981. Dictionnaire agricole. Edition Larousse, 1045-1048.

- Clinique aviaire et porcine (ENVT). (2011). intérêts et limites de la thermographie infrarouge en tant qu'outil diagnostique en aviculture, Université Paul-Sabatier de Toulouse.

- COOK M.I., BEISSINGER S.R., TORANZOS G., RODRIGUEZ R.A., AND ARENDT W.J., 2003. Trans-shell infection by pathogenic microorganisms reduces the shelf life or non incubated bird's eggs: a constraint on the onset of incubation. Proceedings of biological science, 270(1530):2233-2240.

- CUCCHI, Thomas et al., 2015. Morphométrie géométrique et archéozoologie : Concepts, méthodes et applications. In : ISBN 978-2-8130-0164-1.

## Références bibliographiques

- CUTCHIN H.R., WINELAND M.J., CHRISTENSEN V.L., DAVIS S. ET MANN K.M. 2009. Embryonic development when eggs are turned different angles during incubation. *Journal of Applied Poultry Research*, 18, 447-451.

### -D-

- DA SILVA, MYLENE. 2017. « Les liquides amniotique et allantoïque de l'œuf de poule : caractérisation et rôles dans la protection de l'embryon au cours du développement ». Université François-Rabelais de Tours.

- DECUYPERE E. and BRUGGEMAN V. 2007. The endocrine interface of environmental and egg factors affecting chick quality. *Poultry Science*, 86:1037-1042

- DORN D.J. 2010. The effect of non-ventilated or hypercapnic incubation on embryonic development and embryonic heart development of two broiler-lines (Ross 308 and Isa JA 757). Freie Universität Berlin, Berlin, Germany. Thesis, 187 pp.

- DUNNIGTON. E. A. SIEGL. P. B. 1984. Age and body weight at sexual maturity in female white leghorn chickens. *Poult. sci* 63: 828-830.

- DRENT, R. 1970. Functional aspects of incubation in the Herring Gull. *Behaviour Suppl.* 17: 1-132.

- DRENT, R. 1975. Incubation. Pp. 333-420 in *Avian Biology*, Vol. 5 (D. S. Farner and J. R. King, Eds.). New York, Academic Press.

### -E-

- EBADI .M.R, SEDGHI .M, KAKHKI .A.M, R. 2019. Accurate prediction of nutritional value of sorghum grain using image analysis, *Br Poult Sci*, 60, pp. 154-160.

- ELIBOL O. et BRAKE J. 2006. Effect of flock age, cessation of egg turning, and turning frequency through the second week of incubation on hatchability of broiler hatching eggs. *Poultry Science*, 85, 1498-1501.

- ENGLAND A., RUHNKE I., 2020. The influence of light of different wavelengths on laying hen production and egg quality. *World's Poult. Sci. J.*, 1-16.

## Références bibliographiques

### -F-

- FASENKO G.M., ROBINSON F.E., FORD E.M., GRUBER L.M. ET LEHMANN H.R. 2003. Does incubation between egg storage at the farm and the hatchery improve hatchability of eggs stored for 14 days, new developments in reproduction and incubation of broiler chickens. Volume 2. Broiler breeder production series. Spotted Cow Press.
- FASENKO. GM. 2009. Effets reproducteur parent d'âge sur la fertilité, la mortalité embryonnaire et la qualité des poussins de poulet de chair. Association canadienne des producteurs d'œufs d'incubation de poulet à chair. 2-4.
- FETTAH M.A, 2008 : Magazine DZVET : Morphologie et anatomie de la poule, édition 2008.
- FLORSCH E, 1985. La coquille de l'œuf, les jeunes coquelets et préparation des œufs à couvrir. Rev. Aviculteur. N°9.
- FREEMAN, B. M., and M. A. VINCE. 1974. Development of the Avian Embryo. Springer Netherlands, Dordrecht.

### -G-

- GAMIE GUNDRAN. 2022. Œufs à couvrir ; l'importance de l'évaluation de la qualité interne des œufs; disponible sur : < <https://www.petersime.com/fr/expertise/oeufs-a-couvrir-l-importance-de-l-evaluation-de-la-qualite-interne-des-oeufs>>; consulté le 22/04/2024.
- Guide d'incubation, (2006). Disponible sur :<<https://www.hubbardbreeders.com/media/ps-guide-incubation-fr-20221014.pdf>>; consulté le 23/04/2024.
- Guide Incubation. Hubbard, 2011. PDF ; Disponible sur: <<https://www.hubbardbreeders.com/media/ps-guide-incubation-fr-20221014.pdf>>. Consulté le 18/03/2024.
- GUYOT .Y, RAVON .L, LAVAL .G, COLLIN .A, GUILLOTEAU .A., REDO .A, DE LOUW .F, MAZE .B. SOUCHET .C, ROUSSEAU .P, GERMAIN .K, QUENTIN .M, TRAVEL .A. 2022. Quatorzièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 9 et 10 mars 2022.

## Références bibliographiques

### -H-

- HANSETS. E. 1999. De l'œuf à l'autruchon (l'incubation des œufs d'autruche), édition les presses agronomiques de Gembloux., 10-23.
- HELD U. 2010. Pièges des corrélations : les coefficients de corrélation de Pearson et de Spearman. Forum Med. Suisse, 10 (38) : 652 - 653
- HIDALGO A., ROSSI M., CLERICI F., RATTI S. 2008. A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. Food Chem., 106, 1031-1038.
- HILL D. 2001. Chick quality uniformity profiles as a field measurement of chick quality? Avian and Poultry Biology Reviews, 12, 4: 169-202.
- HOCKING. P. ROBERSTON.G. 2000. Ovarian follicular dynamics in selected and control relaxed selection male and female lines of broiler breeder fed ad libitum or on restricted. Disponible sur : < <http://www.poultryscience.org/ps/abs/99/may99ab619.html>>. Consulté le : 21/04/2024.
- HOYT, D. F. 1979. Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs, the Auk 96: 73-77.
- HULET R. 2001. Chick quality, the result of maximising embryonic metabolism. Avian and Poultry Biology Reviews, 12, 4: 169-202.
- HULET R.M. 2007. Symposium : managing the embryo for performance. Managing incubation : where are we and why? Poultry Science, 86:1017-1019
- Hy-Line international, 2017.

### -I-

- IOAN HUTU. January 2020. La production animale: cours universitaire (pp.466). Edition: Premier. Chapter: 13. L'incubation artificielle, Publisher: USAB, Agroprint, Timisoara.

### -J-

- JOHNSON A.L., 2015. Ovarian follicle selection and granulosa cell differentiation. Poult. Sci., 94, 781-785.

## Références bibliographiques

- JOHNSON AL., WOODS D.C.2007. Ovarian dynamics and follicle development. In: Jamieson B.G.M. (Ed), Reproduction biology and phylogeny of birds. Queensland Univ. Queensland, Australia, 243-278.

- JONDREVILLE C., FOURNIER A., TRAVEL A., FEIDT C., ROUDAUT B. 2010. Modalités et risques de transfert des contaminants chimiques vers l'œuf de poule pondeuse. In : Numéro Spécial, Qualité de l'œuf. Nys Y. (Ed). Inra Prod. Anim., 23, 205-214.

### -K-

- KACI AHCENE, BOUDOUMA DALILA, LONGO FATMA HASNA ET MEZIANE FATMA ZOHRA. Douzièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, les 5 et 6 Avril 2017. Analyse rétrospective de la filière poulet de chair algérienne et perspective de développement. P 105-109.

- KAPLAN H. 1999. Practical applications of infrared thermal sensing and imaging equipment, second edition, Bellingham, SPIE Optical Engineering Press, 163 p.

- KILANI M., 1975. L'incubation industrielle des œufs de poules, étude des principaux problèmes techniques hygiéniques. Thèse Doct, Vet. ENV. Toulouse. 34-62p.

### -L-

- LAMMIE, D., BAIN, M. M. WESS, T. J. 2005. Microfocus X-ray scattering investigations of eggshell nanotexture. Journal of synchrotron radiation, 12(6), 721-726.

- L'AMOULEN M. 1988 ; L'incubation artificielle. L'Aviculture Française, Informations techniques des services vétérinaires n° 100 à 103, Editions R Rosset, Paris, France, 225 – 238.

- LAPÃO C. GAMA L.T. et CHAVEIRO SOARES M. 1999. Effects of broiler breeder age and length of egg storage on albumen characteristics and hatchability. Poultry Science, 78, 640-645.

- LE DOUARIN N.M., 2004. The avian embryo as a model to study the development of the neural crest: a long and still ongoing story. Mechanisms of development, 121(9): 1089-1102.

- LEKSRIOMPONG N., ROMERO-SANCHEZ H., PLUMSTEAD P.W., BRANNAN K.E. ET BRAKE J. 2007. Broiler incubation. 1. Effect of elevated temperature during late incubation on body weight and organs of chicks. Poultry Science, 86, 2685-2691.

## Références bibliographiques

- LEZZAR Nawel (MC), 2017-2018. Polycopié pédagogique, « manuel d'autopsie et de pathologie aviaire », institut des sciences vétérinaire- département de médecine et de chirurgie.
  - LISSOT G. 1965. Poules et œufs. Collection LA TERRE. Edition Flammarion : p371.
  - LISSOT G.1987 ; Poules et œufs. Editions La Maison Rustique Flammarion, Paris, France, 285 p.
  - LORRY BÉCOT, NICOLAS BÉDÈRE, PASCALE LE ROY. 2021. Sélection sur la ponte des poules en systèmes alternatifs à la cage. INRAE Productions Animales, 2021, numéro1. Disponible sur :<<https://doi.org/10.20870/productions-animales.2021.34.1.4680>>, consulté le : 26/05/2024.
  - LOURENS A., MOLENAAR R., VAN DEN BRAND H., HEETKAMP M.J.W., MEIJERHOF R. ET KEMP B. 2006. Effect of egg size on heat production and the transition of energy from egg to hatchling. Poultry Science, 85, 770-776.
  - LOURENS A., VAN DEN BRAND H., MEIJERHOF R. ET KEMP B. 2005. Effect of eggshell temperature during incubation on embryo development, hatchability and post-hatch development. Poultry Science, 84, 914-920.
- M-**
- MALKI. A. 2004. Etude des performances techno-économique du poulet de chair issue de deux cheptels reproducteurs chair, d'âge différent (début et milieu de ponte). Thèse d'ingénieur en agronomie, université Saad Dahlab, 10-18.
  - MEIJERHOF, R. (2015). Qualité du poussin. In BRUGERE- PICOUX, J. et Vaillancourt, J.-P., éditeurs : Manuel de pathologie aviaire, pages 16-23. AFAS.
  - MEIJERHOF R. (2009). The influence of incubation on chick quality and broiler performance. Australian Poultry Science Symposium, 20, 167-170.
  - METAIRIE, Laure, 2014. Apports de la morphométrie géométrique à la paléanthropologie dentaire. . Lyon : Université Claude Bernard.
  - MEYER C., ROGER R., 2009 - L'insémination artificielle des volailles. C.I.R.A.D.,France, 28P.

## Références bibliographiques

- MICHAUX A, 2005 La constitution de l'œuf et mécanisme de la ponte.
  - MOLENAAR R. et al., 2008. World's Poult Sci J., 64(4), 599-604.
  - MOLENAAR R., REIJRINK I., MEIJERHOF R. ET VAN DEN BRAND H. 2010. Meeting embryonic requirements of broilers throughout incubation: A Review. Brazilian Journal of Poultry Science, 12, 3: 137-148.
  - MOSIMANN, James E., 1970. Size Allometry: Size and Shape Variables with Characterizations of the Lognormal and Generalized Gamma Distributions. Journal of the American Statistical Association. Vol. 65, no 330, pp. 930-945. DOI 10.2307/2284599.
- N-
- NARUSHIN VG. 2005. Egg geometry calculation using the measurements of length and breadth. Poult Sci;84 (3):482-4.
  - NARUSHIN, V.G., ROMANOV, M.N., BOGATYR, V.P. 2002. Relationship between pre-incubation egg parameters and chick weight after hatching in layer breeds. Biosyst. Eng. 83: 373-381.
  - NOBLE, R. C., AND M. COCCHI. 1990. Lipid metabolism and the neonatal chicken. Prog. Lipid Res. 29:107-140.
  - NYS Y, SAUVEUR B. 2004. Valeur nutritionnelle des œufs. INRA Prod Anim, 17, 385-393.
  - NYS Y., BURLOT T., DUNN I.C., 2008. Internal quality of eggs: any better, any worse. 23th World's Poultry Congress. 30 june-7 july, Brisbane, Australie, Australian branch, (CD-Rom (papers\wpc08Final00034), 10p.
  - NYS Y., GUYOT N. 2011. Improving the safety and quality of eggs and egg products: volume 1: egg chemistry, production and consumption. In: 6 – Egg formation and chemistry. Elsevier, 83-132.
  - NYS, Y. 2010. Structure et formation de l'œuf. In : F. Nau, C. Guérin-Dubiard, F. Baron, J

## Références bibliographiques

### -O-

- O'DEA .E, 2007. Qualité du Poussin:Est un Nombril Sans Cicatriser Synonyme de Mauvais Poulet. Nouveautés en Incubation. Poultry Research Centre.

### -P-

- PAS REFORM. 2006. Guide d'incubation. Œufs de poule (poulets de chair). Pas Reform Incubation Technologies, 50 pp.

- PERIQUET. J. C. 2005. Eleveur des poules, Édition RUSTICA, 46-52.

- PERRARD, Adrien, 2012. Systématique et morphométrie géométrique : l'évolution de la nervation alaire au sein du genre *Vespa* (Hyménoptères, Vespidae). . MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE.

- PETEK A. et al., 2010. Arch. Anim. Breed., 53(1), 108-115.

-PETERSIME, 1995.Document technique sur le matérielles PETERSIME .société PETERSIME .Belgique.

-PIERRE GUCHE, 2009 : au domaine des 3 coqs. Disponible sur : <<http://audomainedes3coqs.e-monsite.com/pages/abc-de-la-basse-cour/les-anomalies-de-l-oeuf.html>>. consulté le 08/05/2024.

-Poultry Hub Australia, 2021. Incubation. Disponible sur : <<https://www.poultryhub.org/anatomy-and-physiology/incubation>>. Consulté le : 12/03/2024.

### -R-

- REHAULT-GODBERT, S., V. HERVE-GREPINET, J. GAUTRON, C. CABAU, Y. NYS, AND M. T. HINCKE. 2011. Molecules involved in chemical defence of the chicken egg.Pages 181–208 in Improving the safety and quality of eggs and egg products - Volume 1. Nys, Y., Bain, M., Van Immerseel, F., eds. Woodhead Publishing, Cambridge.

- REID, W.V., BOERSMA, P.D. 1990. Parental quality and selection on egg size in the Magellanic Penguin. Evolution 44: 1780-1786.

## Références bibliographiques

- RENOMA. R. A. ROBINSON. F. PROUDMAN. J. NEWCOMBE. M. MCKAY. R. 1999. Effet of body weight and feed allocation during sexual maturation in broiler breeders hens. 2. Ovarian morphology and plasma hormone profile. Poultry Sci. 78:629-639.
  - RICHARD L. 2011. L'acclimatation embryonnaire des volailles à la chaleur et au froid semble prometteuse. La Semaine Vétérinaire, N°1451.
  - ROBERTS, J. R. 2004. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. The Journal of Poultry Science, 41(3), 161-177.
  - ROMANOFF A.L, ROMANOFF A.J. 1949. The Avian Egg. John Wiley and Sons, NY, USA, 998p.
  - ROMANOFF. 1967. Biochemistry of avian embryo. Edition WILEY, NEW YORK.
  - ROMANOFF, A. L. 1960. The Avian Embryo. Structural and functional development. The Macmillan Compagny, New York.
- S-**
- SAIDOU ALZOUUMA, A. (2005). Contribution à l'étude de la qualité des œufs de consommation vendus au Niger: cas de la communauté urbaine de Niamey Th. Th.: Méd. Vêt.: Dakar, 17.
  - SALAUN J. L., 1988 ; La pondeuse reproductrice de type chair. L'Aviculture Française, Informations techniques des services vétérinaires n° 100 à 103, Editions R Rosset, Paris, France, 167 – 185.
  - SAUVEUR B. 1988. Reproduction des volailles et production d'œufs. Edition Paris : INRA.449p.
  - SAUVEUR B. 1991. Mode d'élevage des poules et qualité de l'œuf de consommation. INRA Prod. Anim., 4, 123-130.
  - SAUVEUR B. 1996, Photopériodisme et reproduction des oiseaux domestiques femelles INRA. Prod. Anim.

## Références bibliographiques

- SEDGHI .M, GHADERI .M. 2022. Digital analysis of egg surface area and volume: Effects of longitudinal axis, maximum breadth and weight, information processing in agriculture, 10 (2023) 229 – 239,

Disponible sur : <<https://doi.org/10.1016/j.inpa.2022.01.003>> ; consulté le : 11/05/2024.

- SMITH, A.J., 1992 ; L'élevage des volailles. Deuxième volume. Paris 1992 p335.

- SOLEIMANI .R.P, SEDGHI .M. Metabolizable energy and digestible amino acid prediction of wheat using mathematical models, Poult Sci, 91 (8) (2012), pp. 2055-2062.

- SOLTNER D., 2001. La reproduction des animaux d'élevage. 3ème édition. 224p.

- SOLTNER D, 1992.Reproduction des animaux d'élevage « tome 2 ».

- SONIA .M.C, ANGELIQUE .P, MAXIME .Q, SOPHIE .T. 2019. Nouvelles stratégies alimentaires précoces au service de la production avicole. INRA Productions Animales, 32 (3), pp.417-430. 10.20870/productions-animales.2019.32.3.2941.

- SONIA .M, BETHUEL .J, COLLIN .A, LE BIHAN-DUVAL .E, PUTERFLAM .J, TRAVEL .A. 2022. Qualité du poussin : indicateurs et leviers. Quatorzièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie-Gras, Tours, 09 et 10 mars 2022.

- SOPHIE .R, MARC ANTON, FRANCOISE .N, JOËL .G, YVES .N. 2007. Les activités biologiques de l'oeuf. Productions Animales, 20 (4), pp.337-348.

- SOPHIE .R, MARIE .B, JOËL .G, MAXIME .Q. 2023. Université de Tours, BOA, 37380, Nouzilly, France, Fin de l'élimination des poussins mâles d'un jour : le choix du sexage in ovo, INRAE Prod. Anim, 36 (4), 7453.

- STOLESON. SH. And BEISSINGER. SR. 1999. Egg viability as a constraint on hatching synchrony at high ambient temperatures. 68-951. Disponible sur : <<http://beheco.oxfordjournals.org/content/16/1/30.full>>. Consulté le : 21/04/2024.

- SUAREZ M.E., WILSON H.R., MATHER F.B., WILCOX C.J., and Mc Pherson B.N., 1997. Effect of strain and age of the broiler breeder female on incubation time and chick weight. Poultry science, 76: 1029-1036.

## Références bibliographiques

### -T-

- TERNES W., ACKER L., SCHOLTYSSSEK S., 1994. Ei und Eiprodukte. Verlag Paul Parey, 494p.
- TETRY A ; CRIMAIL P, 1981. La grande Encyclopédie Larousse, Œuf, 14, 8732 R 8736.
- TING ON CHAN, DEREK D. LICHTI, ADAM JAHRAUS, HOOMAN ESFANDIARI, HERVE LAHAMY, JEREMY STEWARD AND MATTHEW GLANZER, 2018. An Egg Volume Measurement System Based on the Microsoft Kinect. Sensors 2018, 18, 2454; doi:10.3390/s18082454.
- TONA K., BAMELIS F., COUCKE W., BRUGGEMAN V.et DECUYPERE E. 2001. Relationship between broiler breeders's age and egg weight loss and embryonic mortality during incubation in large-scale conditions. Journal of Applied Poultry Research, 10, 221-227.
- TONA K., ONAGBESAN O., DE KETELAERE B., DECUYPERE E. ET BRUGGEMAN V. 2003. Effects of turning duration during incubation on corticosterone and thyroid hormone levels, gas pressures in air cell, chick quality and juvenile growth. Poultry Science, 82, 1974-1979.
- TONA, K., ONAGBESAN, O., DE KETELAERE, B., DECUYPERE, E., BRUGGEMAN, V., 2004. J. Appl. Poult. Res. 13: 10-18.
- TRAVELA.A., NYS.Y., LOPES.E., 2010. Facteurs physiologiques et environnementaux influençant la production et la qualité de l'œuf, INRA Prod. Anim., 2010, 23 (2), 155- 166
- TROSCIANKO J. 2014. A simple tool for calculating egg shape, volume and surface area from digital images. Egg measurement from digital image . Disponible sur : <file:///C:/Users/user/Downloads/Troscianko-2014-EggShapeTool.pdf>, consulté le : 11/05/2024.
- TROSCIANKO .J, MARSDEN .S. 2014. A simple tool for calculating egg shape, volume and surface area from digital images. Ibis, 156 (4), pp. 874-878.

## Références bibliographiques

-V-

- VAN BRECHT A., AERTS J.M., DEGRAEVE P. and BERCKMANS D. 2003. Quantification and control of the spatiotemporal gradients of air speed and air temperature in an incubator. *Poultry Science*, 82:1677-1687.
- VAN EEKEREN N., MAAS A., SAATKAMP H.W., VERSCHUUR M. 2004. L'aviculture à petite échelle dans les zones tropicales, *Agrodok 4* ; Fondation Agromisa, Wageningen. ISBN : 90-77073-75-2 NUGI : 835
- VENDEENS, U. D. 2017. Les couveuses. Consulté le Novembre 12, 2020, sur Union des Aviculteurs Vendéens: <http://aviculture85.e-monsite.com/pages/les-couveuses.html>
- VILLATE D., 2001. *Maladies des volailles*, 2ème édition. Paris.399p.

-W-

- WAGENINGEN N. V., MEINDER J., BONNIER P., ET KASPER H., 1998 ; L'incubation des œufs par les poules et en couveuse. *Agrodok n034*, quatrième édition, Editions Fondation Agromisa et CTA, Wageningen, Pays Bas, 61 p.
- WALTER JB, 2007. *Reproductive Biology and Phylogeny of Birds: Phylogeny, Morphology, Hormones, Fertilization*, vol. 6A. Barrie GM. Jamieson edition, Enfield, NH: Science Publishers, 2007, 609 p.
- WILLEMSSEN, H., DEBONNE, M., SWENNEN, Q., EVERAERT, N., CAREGHI, C., HAN, H., BRUGGEMAN, V., TONA, K. and DECUYPERE, E. 2010. Delay in feed access and spread of hatch: importance of early nutrition. *World's Poultry Science Journal* 66 (2): 177-188.
- WILLIAMS, T.D. 1994. Intraspecific variation in egg size and egg composition in birds: effects on offspring fitness. *Biol. Rev.* 69: 35-59.
- WILSON H.R. 1991. Physiological requirements of the developing embryo: temperature and turning. In: *Avian Incubation*. Tullet S.G. editions, 145-156.
- WOLANSKI N.J. et al. 2004. *Avian Poult. Biol. Rev.*, (15), 233-234

## Références bibliographiques

- WOLANSKI N.J., RENEMA R.A., ROBINSON F.E., CARNEY V.L., and FANCHER B.I., 2007. Relationships among egg characteristics, chick measurements and early growth traits in ten broiler breeder strains. Poultry science, 86:1784-1792.

### -Y-

- YALÇIN S., MOLAYOĞLU H.B., BAKA M., GENIN O.et PINES M. (2007). Effect of temperature during the incubation period on tibial growth plate chondrocyte differentiation and the incidence of tibial dyschondroplasia. Poultry Science, 86, 1772-1783.

- YU. M ROBINSON. F CHARLES. R. WEINGARDT. R. 1992. Effet of feed, allowance during reading on female broiler breeders. Poult. Sci, 71: 1750-1761.

- YVES GAILLARD. 2022. Comparatif de la mesure dimensionnelle avec VGSTUDIO MAX et ImageJ. Disponible sur :< <https://metalblog.ctif.com/2022/02/14/comparatif-de-la-mesure-dimensionnelle-avec-vgstudio-max-et-imagej/>>; consulté le 28/04/2024.

## ANNEXE

**ANNEXE n° 01:** les estimations de la surface et du volume prédits par différentes équations (SEDGHI et GHADERI, 2022)

1	Mueller and Scott, (1940)	$S = 4.67 W^{0.667}$
2	Besch et al. (1968)	$S = 4.76 W^{0.658}$
3	Carter, (1968)	$S = 4.597 W^{2/3}$
4	Paganelli et al. (1974)	$S = 4.835 W^{0.662}$
5	paganelli et al. (1974)	$S = 4.951 V^{0.666}$
6	Ayupov (1976)	$S = 4.75 W^{0.667}$
7	Narushin (1997)	$S = 3L^{0.771}B^{1.229}$
8	Narushin (2005)	$S = (3.155 - 0.0136L + 0.0115B) LB$
9	Narushin et al. (2021)	$S = 0.933B (B + 2.343L)$
10	Narushin et al. (2021)	$S = \frac{\pi BL}{2} \left( \frac{\sin^{-1} \sqrt{1 - \left(\frac{B}{L}\right)}}{\sqrt{1 - \left(\frac{B}{L}\right)}} + \left(\frac{B}{L}\right) \right)$
11	Narushin et al. (2021)	$S = 4.944 V^{(2/3)}$
12	Mohammad Sedghi, Mahdi Ghaderi. (2022)	$S = 3.5517L^{0.951} + 3.584 V^{0.7934}$
13	Mohammad Sedghi, Mahdi Ghaderi. (2022)	$S = 4.72L^{0.886} + 1.786(LB2)^{0.770}$
14	Paganelli et al. (1974)	$V = 0.9634 W^{0.994}$
15	Ayupov, (1976)	$V = 0.926 W^1$
16	Ayupov (1976)	$V = 0.523LB^2$
17	Narushin, (1994, 1997)	$V = 0.496LB^2$
18	Narushin (2005)	$V = (0.6057 - 0.0018B) LB^2$
19	Narushin et al. (2021)	$V = 0.5163LB^2$
20	Narushin et al. (2021)	$V = 0.5163LB^2 - 0.4065$
21	Narushin et al. (2021)	$V = (0.005L + 0.959) LB^2$
22	Alikhanov et al(2015)	$V = \frac{2\pi}{3} LB$
23	Mohammad Sedghi, Mahdi Ghaderi. (2022)	$V = -105.319 + 10.0917L + 23.733B$

- 1- C.D. Mueller, H.M. Scott. The porosity of the egg-shell in relation to hatchability Poult Sci, 19 (3) (1940), pp. 163-166
- 2- E.L. Besch, S.J. Sluka, A.H. Smith Determination of surface area using profile recordings Poult Sci, 47 (1) (1968), pp. 82-85
- 3- T.C. Carter The hen's egg: estimation of egg mean and flock mean shell thickness Br Poult Sci, 9 (4) (1968), pp. 343-357
- 4- 5- 14 -C.V. Paganelli, A. Olszowka, A. Ar The avian egg: surface area, volume, and density The Condor, 76 (3) (1974), pp. 319-325
- 6- 15- 16 -F.G. Ayupov On the egg mathematical model Advanced Scientific-Industrial Experience in Poultry Breeding Express Information, 9 (1976), pp. 14-16 in Russian
- 7- 17 -V.G. Narushin Non-destructive measurements of egg parameters and quality characteristics World's Poultry Sci J, 53 (2) (1997), pp. 141-153
- 8- 18 -V.G. Narushin Egg geometry calculation using the measurements of length and breadth Poult Sci, 84 (3) (2005), pp. 482-484

## ANNEXE

- 9- 10- 11-** V.G. Narushin, M.N. Romanov, D.K. Griffin Non-destructive measurement of chicken egg characteristics: Improved formulae for calculating egg volume and surface area Biosyst Eng, 201 (2021), pp. 42-49
- 12- 13-** Mohammad Sedghi, Mahdi Ghaderi. 2022. Digital analysis of egg surface area and volume: Effects of longitudinal axis, maximum breadth and weight
- 17-** Narushin VG. Express method for determination of egg morphological parameters,. Proceedings of 9th European Poultry Conference Glasgow (UK), 1994,1: 385–386
- 19- 20 – 21** -V.G. Narushin, M.N. Romanov, D.K. Griffin Non-destructive measurement of chicken egg characteristics: Improved formulae for calculating egg volume and surface area Biosyst Eng, 201 (2021), pp. 42-49
- 22-** D. Alikhanov, S. Penchev, T. Georgieva, A. Moldajanov, Z. Shynybaj, P. Daskalov Indirect method for egg weight measurement using image processing Int J Emerging Technology Advanced Eng, 5 (2015), pp. 30-34