

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE

ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem

Faculté des sciences de la nature et de la vie Département d'agronomie

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master en sciences agronomiques

Spécialité : Génétique et Reproduction Animale

**Analyse procrustéenne généralisée de la forme du bec chez la
poule locale et la pondeuse industrielle**

Présenté par

BELMOKHTAR Amani & REGUIEG Basma

Devant le jury

BENAMEUR Qada	MCB	Univ. Mostaganem	Président
FASSIH Aicha	MAA	Univ. Mostaganem	Examinatrice
DAHLOUM Lahouari	MCA	Univ. Mostaganem	Promoteur

Année universitaire 2020-2021

Remerciements

Nous remercions notre cherencadreur M. **DAHLOUM Lahouari** pour son soutien moral, pour ses efforts, pour ce qu'il nous a fourni comme richesse de connaissance dans notre domaine, pour sa fabuleuse aide et sa présence à chaque appel malgré les circonstances.

Nous remercions précieusement M. **BENAMEUR Q.**, Président du jury, de nous avoir fait l'honneur de présider notre projet de fin d'études.

Nous remercions chaleureusement madame **FASIH A.**, d'avoir accepté d'examiner et évaluer avec rigueur ce modeste travail.

Nous n'oublions pas de remercier tout le personnel de notre faculté ainsi que tous nos professeurs qui nous ont enseignés.

Nous remercions nos collègues de la promotion GRA 2020 /2021.

Dédicaces

Je dédie cet humble travail à mes parents, spécialement à mon père qui m'a toujours soutenue et poussée de l'avant vers la persévérance et le succès, je le remercie également d'avoir déployé tous ses efforts pour me fournir un cadre de vie serein et paisible afin de me permettre d'arriver jusque-là.

A ma mère qui s'est toujours plié à mes caprices et mes angoisses pour me fournir tout ce qui a de meilleur.

A mes chers frères **Khalifaet Souhaib** ainsi que mes sœurs **Bouchra** et **Chourok**, qui m'ont encouragée et qui ont donné de leur temps pour m'écouter et m'aider à réaliser ce mémorable travail.

A mon cher futur mari **Mohammed**, pour le soutien dont il a fait preuve pendant toute la durée de ce travail .

A toute la famille **Belmokhtar,El -haouari** et **Souakri**

A mon aimable binôme **Besma** pour sa présence et son travail.

A mes fidèles amies **Hanane,Souad,Mounira,Khawla, ,Amina et Assia** qui m'ont toujours soutenu .

Dédicaces

Je tiens vivement à dédier ce travail en signe de respect et de reconnaissance à:
MA FAMILLE. Elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis
aujourd'hui et

particulièrement je dédie à:

Ma Maman MAMERI ZAHERA : tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour

Que je porte, que Dieu allonge ta vie et préserve ta santé

Tu m'as donné la vie la tendance et le courage pour réussir

Ma grand- mère maternel KHAIRA 'amour de ma vie : que dieux vous préserve et vous

procure santé et

longue vie

Mon papa REGUIEG MOHAMMED: l'épaule solide, aucune dédicace ne serait exprimer mes
sentiments : que

Dieu allonge ta vie

Tu es le papa le plus digne de mon estime et de mon respect

Ma sœur MARWA et Ma petite sœur NARJESSE

Ma petite tante MADIHA et Ma tante SAMERA

A tous mes oncle et leurs femme et a tous mes cousins et cousines

MA copine AMANI

Mon grand-père maternel et Mes grands-parents paternel le dieu prends pitié d'eux et fais
d'eux des paradis.

Résumé

La Morphométrie géométrique (MG) constitue un outil puissant permettant d'identifier et de visualiser les changements des conformations des objets.

Dans ce travail, la forme du bec la poule locale et la poule industrielle a été analysée à l'aide de cette technique moderne de morphométrie-géométrique basée sur les points homologues. Dans cette étude, nous avons procédé à la digitalisation de 13 points repères homologues sur la mandibule supérieure de chaque bec à l'aide du logiciel tpsDig

La méthode de superposition Procruste a été appliquée à l'aide du logiciel MorphoJ pour supprimer l'effet de taille et obtenir les différentes configurations du bec par rapport à la forme moyenne (consensus.). Au total 64 poules (31 poules locales et 33 poules industrielles) ont été utilisées dans cette étude.

L'Analyse en Composante Principales (ACP) nous a permis d'extraire 4 facteurs ou composantes principales expliquant ensemble 88.5% de la variation totale de la forme du bec. L'analyse Factorielle Discriminante (AFD), le test Hotelling et la distance de Mahalanobis ont mis en évidence une différence très hautement significative ($P < 0,001$) entre les deux génotypes pour la forme du bec.

La méthode des points repères appliquée ici via l'analyse procrustéenne s'est avérée efficace pour montrer les différences entre les génotypes pour la forme du bec. Les résultats issus de cette étude préliminaire sont intéressants dans la mesure où ils permettent de mieux visualiser la conformation du bec et exploiter cette variabilité dans des programmes de sélection pour obtenir des animaux ayant des becs plus adaptés à certaines conditions d'élevage, et éviter l'opération de débecage.

Mots- Clés : Poule locale, poule pondeuse, forme du bec, Morphométrie géométrique.

Abstract

The Geometric morphometry MG is a powerful tool to identify and visualize changes in the conformations of the beak. In this work, the shape of the beak in industrial and local laying hens was analyzed by the use of modern morphometry techniques based essentially on the configuration of landmarks via the Procrustes overlay on digitized images of the slats on the upper side. The digitization of the images using the tpsDig software made it possible to retain 13 homologous landmarks on the upper mandible of each beak.

The objective of the current study was to study and quantify the variability of beak shapes in 64 laying hens (31 local hens and 33 commercial laying hens). Principal Component Analysis (PCA) allowed us to extract 4 PC which explain 88.5% of the beak shape variability. On the other hand, the Factorial Discriminant (AFD) analysis, Hotelling test and the Mahalanobis distance showed a significant difference ($P < 0.001$) between the two genotypes for the beak shape. The results of this preliminary study are interesting since they make it possible to better visualize the conformation of the beak and exploit this variability in selection programs to obtain birds with beaks more adapted to some breeding conditions, and it could be a good alternative for beak trimming.

Keywords: Local chicken, laying hen, Beak shape, Morphometry-geometric.

المخلص

يعد قياس المورفوميتريا الهندسي MG أداة قوية لتحديد التغيرات في تشكيلات المنقار وتصورها. في هذا العمل ، تم تحليل شكل المنقار في الدجاج الصناعي والمحلي باستخدام تقنيات قياس المورفوميترية الحديثة القائمة بشكل أساسي على تكوين المعالم التي استخدمناها في إطار 2D؛. عبر تراكم Procruste على الصور الرقمية للشرائح على الجانب العلوي ، مما سمح لنا بإجراء التوليف ، على النطاق المطلوب من الدقة لهندسة الكائن.. جعل رقمنة الصور باستخدام برنامج tpsDig من الممكن الاحتفاظ ب 13 معلما متجانسا في الفك السفلي العلوي لكل منقار.

تم تطبيق طريقة التراكم Procrusted باستخدام برنامج MorphoJ لإزالة تأثير الحجم والحصول على تكوينات مختلفة للمنقار.. ولذلك فإن الهدف هو دراسة وقياس مدى تنوع أشكال المنقار (تشكيلات حجم السننويد) من 31 الدجاج المحلية ومن 33 الدجاج الصناعية.. تحليل المكون الرئيسي (PCA) سمح لنا لاستخراج عدة مكونات شرح شكل منقار.

من ناحية أخرى ، أظهر تحليل AFD التكميرية FactorialDiscriminant ، اختبار Hotteling والمسافة من Mahalanobis فرقا كبيرا جدا (P 0.0001) بين النوعين الجينيين الدجاج المحلي والدجاج الصناعي لوضع شكل المنقار.. نقطة المرجعية الأسلوب المطبق هنا عن طريق التحليل procrustic تبين أن نتائجنا التي تم الحصول عليها أكدت فرضية التباين بين فوهات النمط الجيني ، من ناحية أخرى ، وهذا ما دفعنا إلى مواصلة الدراسة لإيجاد حل فعال للمشكلة التي يتعين حلها واختيار السلالات مع المناقير أكثر تكيفا مع ظروف التربية.

الكلمات الرئيسية: الدجاج المحلي، الدجاج الصناعي، شكل منقار، مورفوميكي الهندسية.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: La systématique du poulet domestique	3
Tableau 2: Cordonnées x et y des 13 points repérés représentant la forme consensus du bec	38
Tableau 3: Valeurs propres, pourcentage de la variance expliquée et pourcentage de la variance cumulée expliquée par les 4 premières composantes principales.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 4: Résultats du test de T2 de Hotteling	42
Tableau 5: Procruste ANOVA	42
Tableau 6: Analyses de la variante canoniale	43
Tableau 7: Résultats de l'analyse discriminante	43
Tableau 8: Résultats du test de la validation croisées	43

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Morphologie d'un cop	5
Figure 2: Morphologie d'une poule	6
Figure 3: Tête d'une poule	7
Figure 4: La structure de mandibule.....	9
Figure 5: Squelette d'une poule	10
Figure 6: Appareil respiration	11
Figure 7: Tractus digestif du poulet	12
Figure 8: Appareil génitale de la poule	13
Figure 9: Appareil génital du coq.....	13
Figure 10: Méthode de sélection Souche Lohmann Tradition.....	15
Figure 11: débecquage	18
Figure 12: Exemples d'utilisation de semilandmarks sur des crânes.	21
Figure 13 : Les trois étapes de la superposition Procrustes	25
Figure 14 : Des grilles de déformation.....	27
Figure 15 : Position de la tête de poule pour la prise de photo	28
Figure 16 : photo de l'ogicielsMorphoJ.....	29
Figure 17 : La fenêtre principale du logiciel TpsUtil.....	30
Figure 18 : Etape 1 de la création d'un fichier TPS "Sélection d'une opération".	30
Figure 19 : La création d'un fichier TPS " choix du répertoire d'entrée".....	31
Figure 20 : Etape de la nomination du fichier TPS.....	31
Figure 21 : Boîte de dialogue (manipulation des données).	32
Figure 22 : le fichier TPS créé.....	32
Figure 23: La fenêtre du Logiciel tpsDig	33
Figure 24 : Digitalisation de 13 points-repères (Landmarks) sur la mandibule supérieure du bec à l'aide du logiciel tpsDig.	34
Figure 25 : Analyse factorielle discriminante	35
Figure 26 : Diagramme des fréquences cumulées des distances entre l'ensemble des individus et la forme moyenne « consensus » de l'échantillon.....	37
Figure 27: A gauche : Localisation des points repères retenus sur le bec. A droite : La Forme Consensus de la forme bec obtenue par la superposition Procruste.	38
Figure 28: Présentation de la variation de la forme du bec sur les axes CP1 ,CP2 et CP	40
Figure 29: La variation de la forme de la mandibule supérieure expliquée par les axes retenus : (A) CP1 et CP2, (B) CP2 et CP3 pour 64 becs.(en vert: Pondeuse locale, en bleu: pondeuse industrielle) 41	41
Figure 30: La fréquence des poulets des deux génotypes le long de la variable discriminante pour la variation de la forme du bec.	44
Figure 31 : Régression multivariée des coordonnées Procrustes de la forme du bec sur le logarithme de sa taille centroïde.....	45

Sommaire

Introduction	1
1. La poule domestique <i>Gallus gallus domesticus</i>	3
1.1. Volaille	3
1.2. Poule	3
2. Classification de <i>Gallus gallus domesticus</i> (Singhapol C. 2003)	3
3. Origine de la poule domestique.....	3
3.1. Historique :	3
3.2. Caractères généraux des galliformes	4
4. Morphologiques chez les poules	5
4.1. Morphologie externe.....	5
Le corps	6
La tête	6
Le bec	7
4.2. Morphologie interne	9
Le squelette.....	9
L'appareil respiratoire	10
L' appareil digestif	11
l'appareil reproducteur	12
5. Démarche générale de la sélection:	14
5.1. Définition.....	14
5.2. Les objectifs de la sélection :.....	14
5.3. Schéma de la sélection :.....	14
5.4. Définition d'une souche:	14
Les souches pondeuses commercialisées :	15

6.	Evolution de la selection : guémené,2014.....	16
7.	La sélection chez la volaille	16
8.	picage et cannibalisme	17
8.1.	Définition.....	17
8.2.	Origine du picage et cannibalisme.....	17
9.	Le débécquage des pondeuses.....	17
9.1.	Définition:.....	17
9.2.	Age du débécquage :.....	18
	Mesures à prendre avant de pratiquer le débécquage :.....	18
	Technique de débécquage.....	19
	Mesures à prendre apres de pratiquer le débécquage	19
1.	La morphométrie traditionnelle.....	19
1.1.	Définition:.....	19
1.2.	Avantage	19
1.3.	Inconvénients.....	20
2.	La morphométrie géométrique	20
2.1.	Définition des landmarks	20
2.2.	Avantages et limites de la morphométrie géométrique :	21
	Avantages:	21
	Limites:.....	22
3.	L'analyse généralisée Procuste (dumoncel,2018).....	25
4.	Analyse statistique.....	26
1.	Matériel biologique :	28
2.	Echantillonnage :.....	28
3.	Prise des photos numérique et traitement des images :photo.....	28
	□ Analyses morfo-métriques	29
1.	Préparations des données :	29
1.1.	Création du fichier TPS:	29

1.2. Collecte des données : “ Numérisation ou digitalisation ” des Points repères (Landmarks) :	32
<input type="checkbox"/> Application	34
<input type="checkbox"/> Analyses Statistiques	34
<input type="checkbox"/> Analyse de Procruste Généralisée (APG)	34
1. Analyse en composantes principales (ACP)	35
2. Le test de Hotteling	35
3. Analyse factorielle discriminante (AFD)	35
1. Vérification des valeurs aberrantes	37
2. Superposition procruste de deux axes	37
3. Analyse en composantes principales (ACP)	39
4. Test de Hotelling	42
5. Analyses canonique (CVA).....	42
6. Analyse factorielle discriminante (AFD)	43
7. Effet de l’allométrie :	44
Conclusion.....	46

Introduction générale

Dès la naissance et pendant toute la vie des volailles, le bec est l'outil indispensable à la prise des particules alimentaires, à l'exploration de l'environnement, au toilettage corporel et à la défense sociale, souvent irremplaçable.

Le bec des granivores intervient dans la plupart des comportements (**Megret *et al*, 1996**) mais il n'est pas seulement un moyen de préhension et d'exploration; cela devient souvent une arme plutôt dangereuses pour les oiseaux particulièrement agressifs, c'est ce qu'on appelle le picage.

Chez les volailles, le picage est un phénomène qui consiste à donner des coups de bec au congénère principalement au cou , au dos, au cloaque et à la queue, puis surtout le corps(**SIPSA, 2020**).

Les erreurs d'élevage, les carences globales et les troubles de comportement conduisant au picage et au cannibalisme (**Chaouchi et Bentatia, 2017**) presque toute les poules domestiques peuvent être concernées. Particulièrement mauvais pour les jeunes oiseaux affectés par une alimentation inadéquate, la présence de parasites dans le régime alimentaire, le déséquilibre en acides aminés, la présence de microtoxine et la carence en vitamines, tout cela peut être la première et principale cause du cannibalisme.

Les effets des méthodes de traitement des becs utilisées pour la volaille afin de réduire les dommages causés par ce phénomène sont très variables .Il semble qu'un débecquage pratiqué avant l'âge de 10 jours n'induit pas de douleur d'amputation durable. L'intérêt majeur du débecquage pour les volailles est de prévenir le picage, qui peut dans les formes les plus sévères aller jusqu'au cannibalisme (**Bettahar ,2018**).

Ce comportement des volailles permet d'envisager une sélection .Jusqu'à maintenant la génétique avicole s'est attachée à sélectionner des animaux adaptés à un environnement particulier. Aujourd'hui, la diversification des conditions d'élevage des volailles conduit non plus à sélectionner des lignées adaptées à chaque environnement, mais à privilégier des animaux capables de s'adapter sans difficulté à divers milieux , en utilisant la morphométrie moderne pour arriver à sélectionner des poulets avec des becs plus adaptés de façon à réduire les dommages causés par le picage des plumes.

La morphométrie géométrique est basée sur les points repères est appliquée pour étudier les différences morphologiques de la forme du bec chez certaines espèces d'oiseaux. Comparée à

la morphométrie traditionnelle, la morphométrie géométrique permet de séparer les variations de taille et de la forme. Cette approche moderne bénéficie également d'une puissance statistique accrue.

L'objectif de cette étude consiste à analyser la forme du bec chez deux souches différentes de poules locales et pondeuses, pour voir s'il serait possible de sélectionner des poules avec des becs plus adaptés de façon à réduire le picage.

Notre travail est divisé en deux parties :

- Une partie bibliographique comportant des généralités sur la poule domestique dans le chapitre I, et des généralités sur la morphométrie géométrique dans chapitre II.
- Une partie expérimentale regroupant le matériel et méthodes de notre travail, nos résultats et discussion ainsi une conclusion.

1 .La poule domestique *Gallus gallus domesticus*

1.1.Volaille

Le terme, la volaille, se réfère à des espèces d'oiseaux domestiques qui sont élevées pour satisfaire certains besoins humains, en particulier la nourriture. Les espèces suivantes sont largement acceptées comme des espèces de volailles : canards, poulet, oie, dinde, pintade, pigeon, faisan et autruche.

1.2.Poule

La poule ou le coq est un oiseau, omnivore ayant comme origine la jungle du Sud-Est asiatique, et appartient à l'espèce *Gallus gallus*, ordre des Galliformes. Les poules sont des animaux rustiques, peu fragiles, qui demandent un minimum d'attention pour leur élevage, donc peu d'investissement en temps et en argent (**Chettouh et Saad,2019**).

2. Classification de *Gallus gallus domesticus* (Singhapol, 2003)

Tableau 1: La systématique du poulet domestique

Règne	Animal
Sous-règne	Métazoaires
Embranchement	Chordés
Sousembanchement	Vertébrés
Classe	Oiseaux
Ordre	Galliformes
Famille	Phasianidés
Genre	<i>Gallus</i>
Espèce	<i>Gallus gallusdomesticus</i>

3 .Origine de la poule domestique

3.1. Historique

Pendant les périodes de glaciation le genre *Gallus* se serait divisé en trois populations: le groupe méditerranéen ou moyen-oriental, le groupe indien et celui d'Asie de l'Est. Deux de ces groupes auraient disparu pendant la glaciation. Seul le groupe indien aurait survécu et évolué vers les espèces actuelles (**Coquerelle , 2000**).

Il existe actuellement quatre espèces de coqs sauvages. Les quatre ont leur territoire en Asie du Sud-est:

- *Gallus varius* appelé également coq vert ou coq fourchu, est celui présentant le plus de différences avec les poules domestiques;

-*Gallus sonneratii* nommé aussi coq gris;

-*Gallus lafayetti*;

-*Gallus gallus* ou coq rouge de jungle “Red Jungle Fowl” ressemble à certaines races domestiques. C’est celui-ci qui s’étend actuellement et se subdivise en cinq sous-espèces:

- le coq rouge de Cochinchine (ou *Gallus gallus gallus*) doré à oreillon blanc,
- le coq rouge de Birmanie (ou *Gallus gallus spadiceus*) à oreillons rouges,
- le coq rouge d’inde (ou *Gallus gallus murghi*) à oreillons blancs;
- le coq rouge de Java (ou *Gallus gallus bankiva*) à oreillons rouges dont les plumes du camail et de selle sont plus arrondies à leur extrémité ;
- le coq rouge du Tonkin (ou *Gallus gallus jabouillei*) possédant des oreillons rouges.(Messbahia,2016).

Selon Yamada (1988), il est probable que la domestication du poulet eut lieu en Asie du Sud-Est, depuis 8000 ans et avec le mouvement des commerçants, il a envahi différentes régions du monde (Moyen Orient, Europe de l’Ouest, Japon...). Il est largement accepté que toutes les populations des poulets domestiques *Gallus gallus*, dans le monde descendent d’un seul ancêtre, Red Jungle Fowl, originaire du Sud-Est asiatique.

3.2. Caractères généraux des galliformes

Les galliformes forment un des groupes d’oiseaux les plus importants pour la société humaine et la recherche. Ce sont des oiseaux terrestres, non-migrateurs à l’exception des espèces de plus petite taille et capables d’effectuer des vols à courte distance. La majorité des espèces présentent un dimorphisme sexuel très marqué, en taille ou en apparence (Coquerelle, 2000).

4. Morphologiques chez les poules

4.1. Morphologie externe

Il est assez facile de faire la différence entre un coq et une poule (Fournier, 2005). Le corps du coq est plus long, large et robuste (figure 01) par rapport à celui de la poule plus fin et porté plus bas (figure 02) (Chettouh et Saad, 2019).

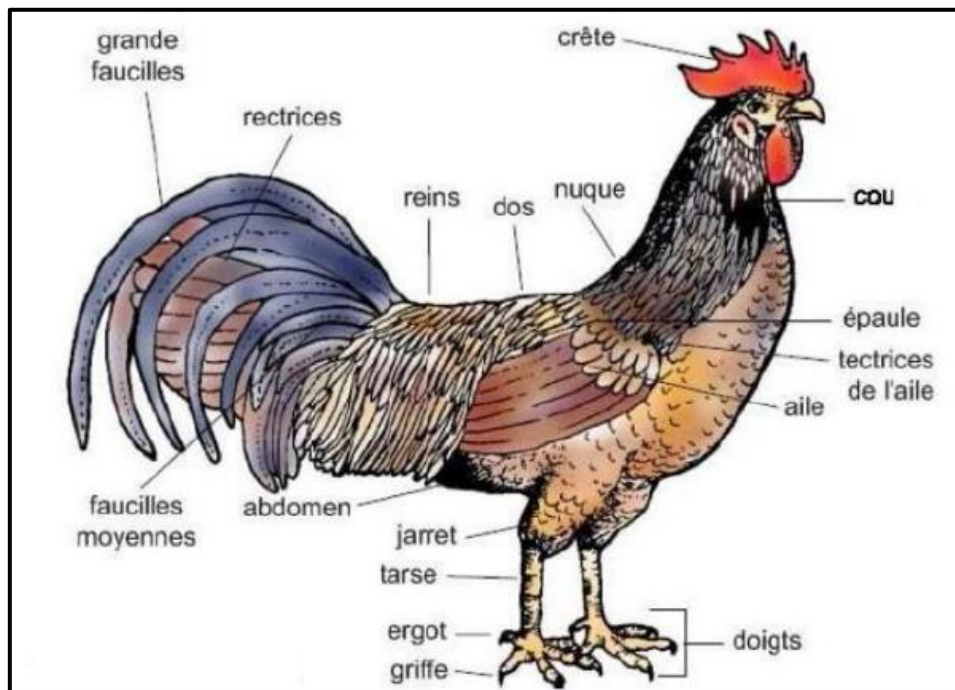


Figure 1: Morphologie d'un cop

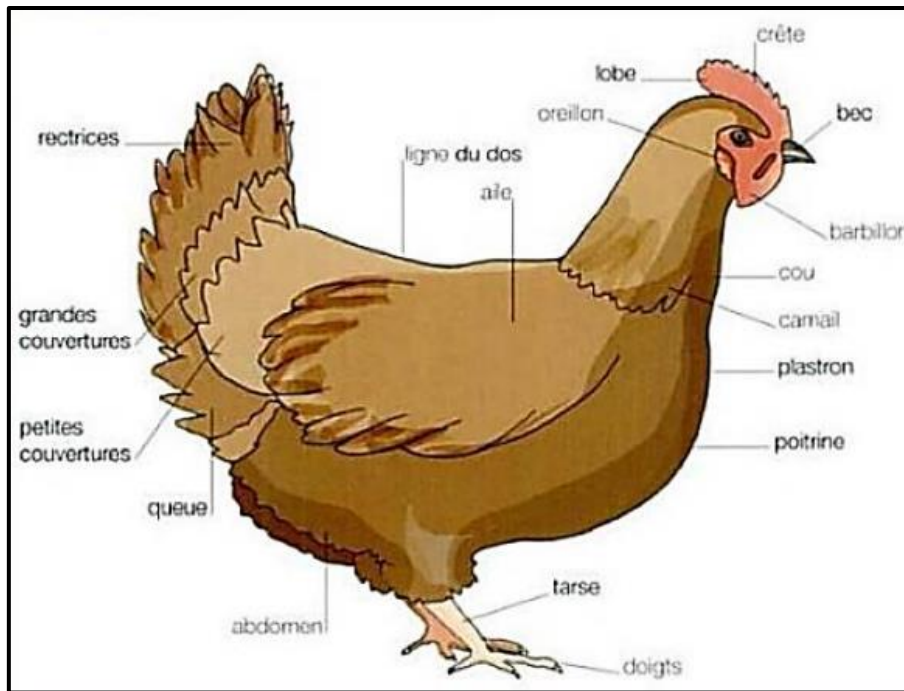


Figure 2: Morphologie d'une poule

Le corps

Le corps de la poule peut être de différentes formes: la forme coin est la plus fréquente et il existe aussi la forme polyédrique et la forme triangulaire. Les ailes constituent les membres supéro-anterieurs; leurs dimensions ne permettent pas à la poule d'effectuer des vols d'envergure (Chettouh et Saad,2019) .

Au dessus des ailes, on retrouve le dos suivi des reins dans la partie lombo-sacrée. Dans la région antérieure du corps, entre le cou et l'abdomen, se présente la poitrine (Koyabizo, 2009). La queue, quant à elle, est l'organe de l'équilibre et de la direction en vol (ce qui est de moindre importance chez la poule)

Les membres postero-inferieurs sont constitués par la cuisse, la jambe et le tarse. Les pattes sont robustes avec quatre orteils armés d'ongles solides, le pouce repose au sol(Coquerelle, 2000).

La tête

La tête est surmontée d'une crête plus développée chez le mâle que chez la femelle . Sa taille et sa forme peuvent varier en fonction des races. Elle se termine en avant par un bec court, pointu et corné.. Sous le bec, pendent deux barbillons. La partie supéro-latérale du bec est percée, vers l'arrière, d'une narine de chaque côté. Les yeux et les oreilles sont placés de

chaque côté de la tête; l'oreille n'a pas de pavillon, mais elle est cachée par de petites plumes constituant l'oreillon (**Coquerelle, 2000**).

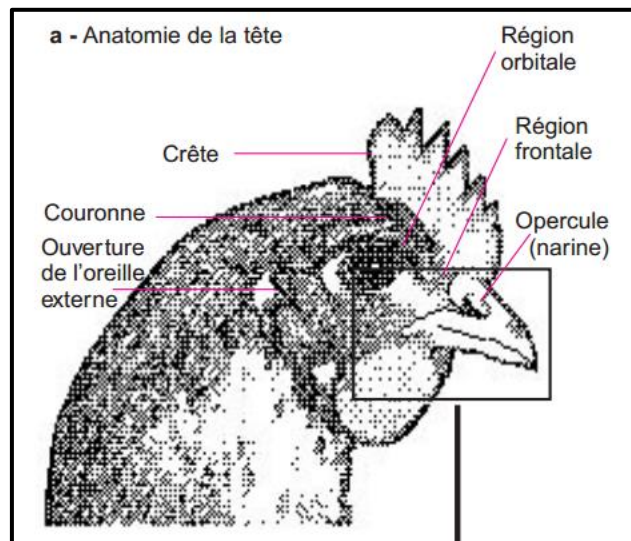


Figure 3:Tête d'une poule

La tête regroupe les organes des sens spécialisés dans l'olfaction, la vision, l'audition, la palpation et la gustation (**Megret et al, 1996**)

Le bec

Quant au bec, il se présente sous deux formes : la forme courbe et la forme droite ; cette diversité de formes permet de classer les oiseaux. Le bec est souvent le reflet d'une adaptation à un régime alimentaire particulier (**Chaouchi et Bentatia, 2017**), avant tout le bec est utilisé pour la préhension des aliments, sa forme et sa longueur facilite la recherche des vers et des larves dans le sol.

La forme du bec est un des critères importants utilisés pour la classification scientifique ou taxonomie des oiseaux.

- Les oiseaux granivores (Alaudidés, Fringillidés, Plocéidés, Galliformes, etc.) ont un bec conique, court et robuste dont la mandibule inférieure coupante fend la graine maintenue par la langue sur le maxillaire supérieur.
- Les oiseaux insectivores (gobemouches, pics) ont un bec long, fin et pointu afin de saisir les insectes au vol
- Les oiseaux de proie comme le faucon ou les charognards ont un bec court, robuste et crochu qui permet de déchiqueter la viande.
- Les oiseaux échassiers ont un long bec recourbé afin d'extraire les petits animaux

(plancton, invertébrés : oiseau planctivore, invertivore) et végétaux enfouis dans le sol.

- Celui des oiseaux-mouches a la forme d'une paille pour boire le nectar de certaines fleurs.

- Celui des Anatidae, comme le canard, est plat, muni de lamelles internes, pour lui permettre de retenir les petits poissons et plantes en filtrant l'eau.

- Celui des Pelagornithidae (espèce fossile) : sur le bord de leur bec, il y avait des pointes semblables à des dents

- Celui du perroquet est puissant et ramassé afin de briser des graines (**Bendjelloul,2020**).

Selon Alamargot (1982), le bec est composé de deux parties: dorsalement la maxille ou mandibule supérieure et ventralement la mandibule ou mandibule inférieure; Un bec ne possède pas de dents, la nourriture doit donc être avalée telle quelle ; elle peut éventuellement être déchiquetée ou cassée si le bec est adapté.

- La partie supérieure du bec (culmen) est constitué principalement par l'os prémaxillaire (**chaouchi et bentatia, 2017**), ainsi recouvert d'une couche de kératine dure et cornée (rhinothèque), la maxille est perforée chez la poule de deux narines qui sont protégées par un opercule (**Megret et al, 1996**). Cette partie est légèrement mobile par rapport au crâne chez tous les oiseaux (**Alamargot, 1982**).
- La partie inférieure du bec (gonys) est constitué par l'os dentaire (**chaouchi et bentatia ,2017**), recouverte d'une couche de cellules cornées (gnathothèque).

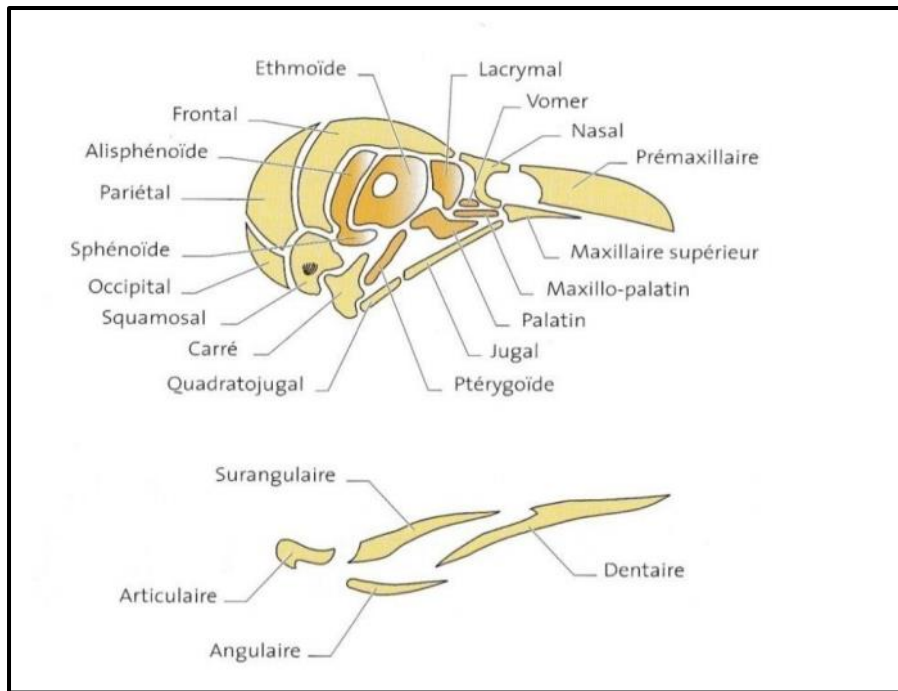


Figure 4:La structure de mandibule

4.2. Morphologie interne

L'étude de l'anatomie des volailles reste un passage indispensable, la connaissance de tous les constituants nous laisse penser la relation avec le picage et le cannibalisme; les oiseaux présentent une structure anatomique assez particulière par rapport aux mammifères.

Le squelette

La poule est constitué de deux types d'os: les uns sont plats, longs et spongieux; les autres sont creux et remplis d'air. Le sternum très développé, présente une saillie appelée le bréchet. Les os du bassin sont soudés à la colonne vertébrale .Le nombre de vertèbres cervicales constitue également une particularité: la poule en possède 14; celles-ci permettent aux animaux de tourner la tête dans tous les sens, ce qui compense la position latérale des yeux(**Bendjelloul,2020**).

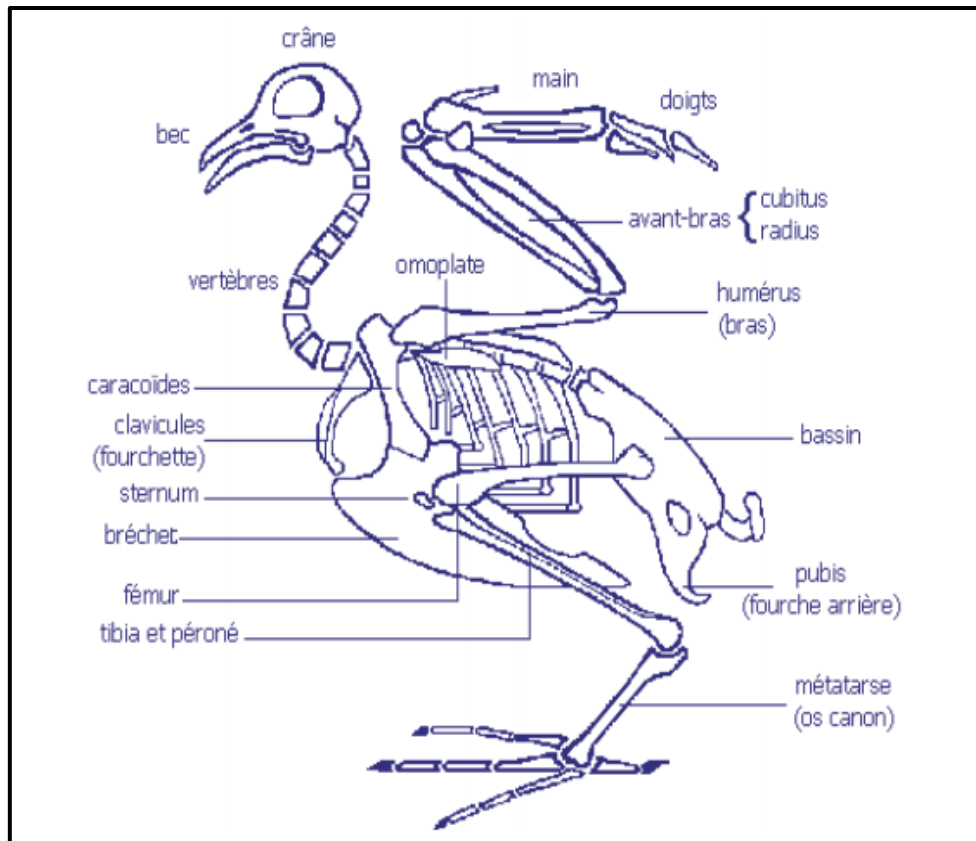


Figure 5: Squelette d'une poule

L'appareil respiratoire

L'air entre par les narines, traverse les fosses nasales, le larynx et entre dans la trachée. De là, l'air passe dans l'une des 2 bronches. A la jonction de la trachée et des bronches se situe le syrinx, un organe qui permet d'émettre des sons, l'air passe dans les poumons, qui sont petits, et dans l'un des 9 sacs aériens:

- 1 sac claviculaire
- 2 sacs cervicaux
- 4 sacs thoraciques
- 2 sacs abdominaux

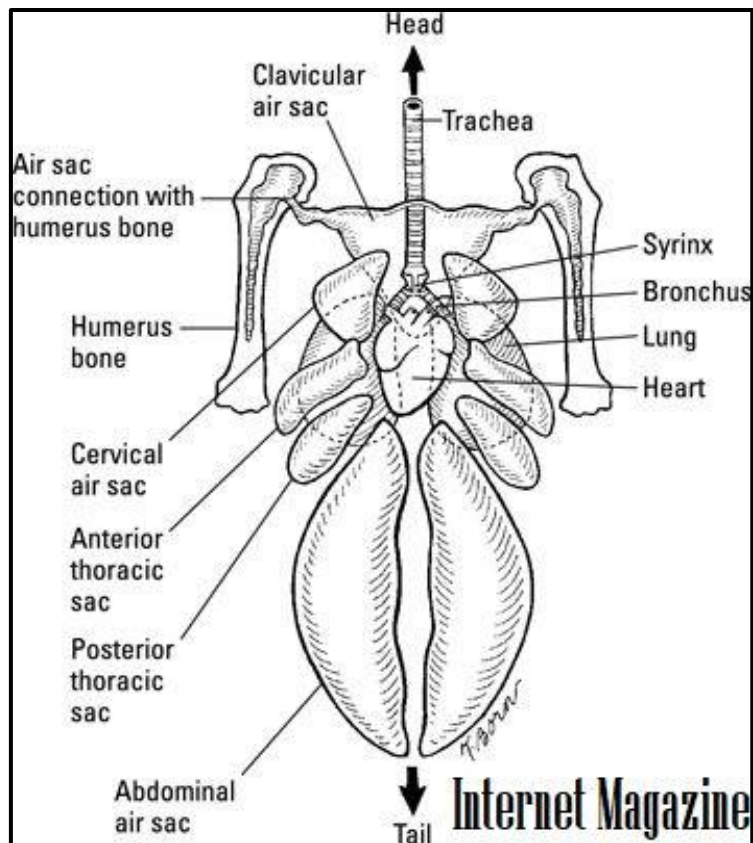


Figure 6:Appareil respiration

L'appareil digestif

Il est constitué chez les oiseaux :d'unbec,d'unecavité buccale dépourvue de dents, d'un gésier,d' un œsophage,d'unjabot,des estomacs sécrétoires et musculaires et enfin un intestin qui débouche dans le cloaque puis l'anus sans oublier les glandes annexes à savoir;le foie etlepancréas.

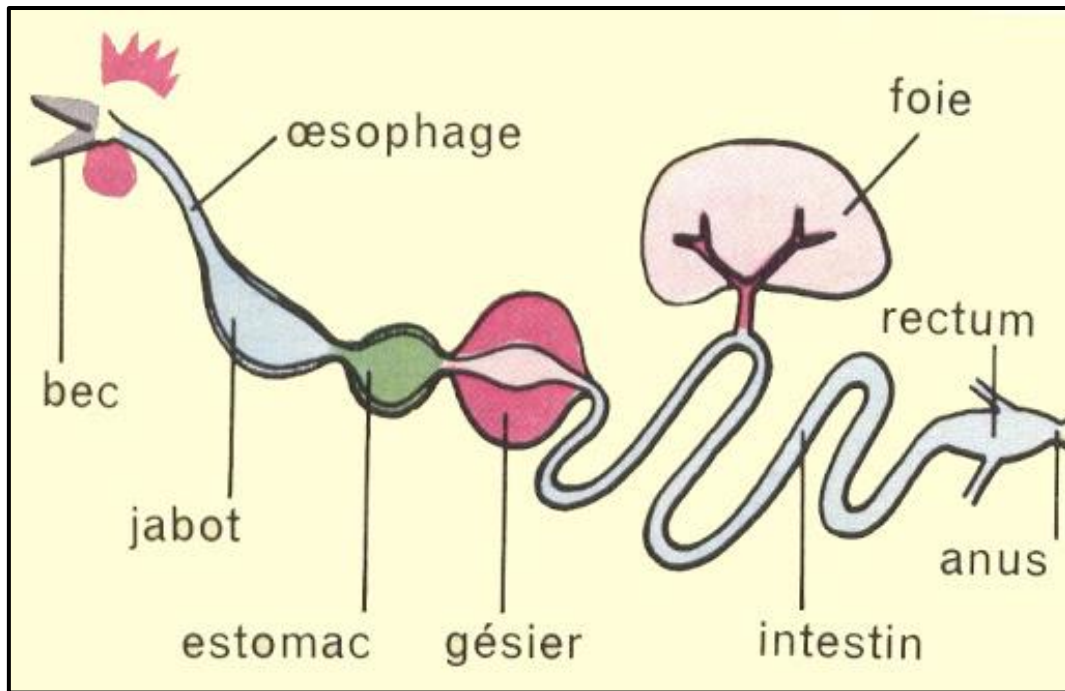


Figure 7: Tractus digestif du poulet

L'appareil reproducteur

- **La poule :** L'appareil reproducteur des oiseaux femelles est composé de deux parties essentielles: ovaire et l'oviducte.

Il s'agit d'un appareil dit « impair » parce que seuls l'ovaire et l'oviducte gauche existent généralement chez l'adulte. La présence de l'oviducte droit est encore beaucoup plus rare que celle de l'ovaire correspondant (**Khider, 2019**).

- **Le coq :** L'appareil uro-génital du mâle comprend:
 - 2 testicules
 - 2 canaux déférents, qui relient les testicules au cloaque
 - 2 urètres, qui conduisent l'urine des reins au cloaque

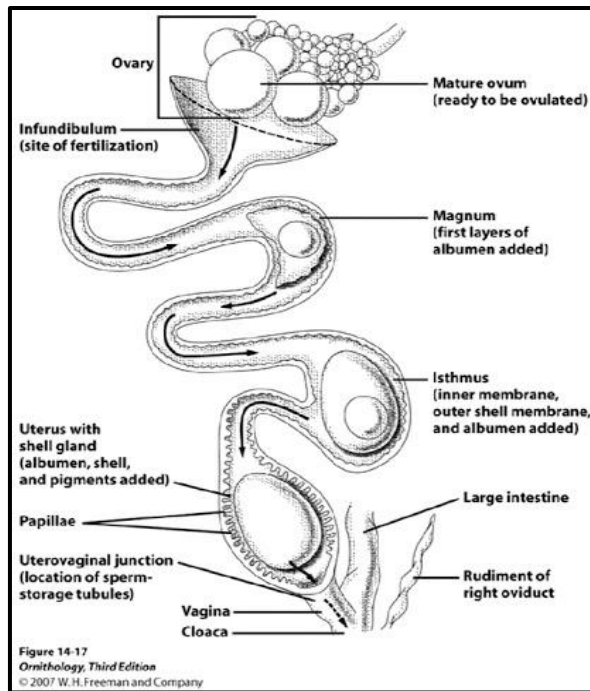


Figure 8:Appareil génitale de la poule

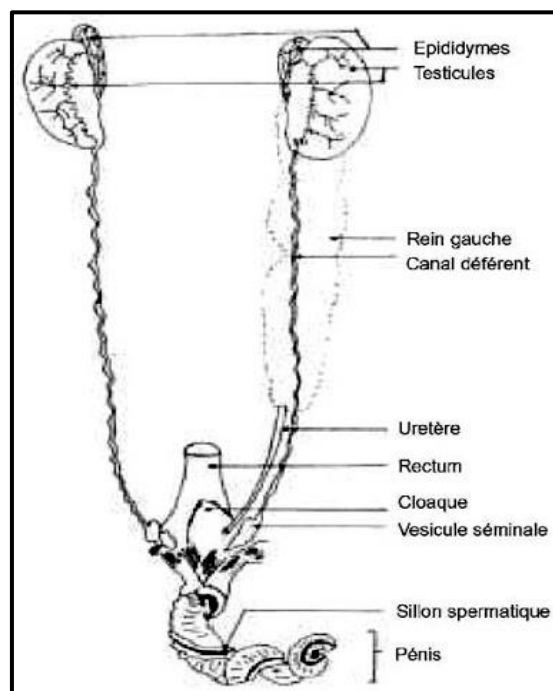


Figure 9: Appareil génital du coq

5 .Démarche générale de la sélection

5.1. Définition

La sélection est l'obtention d'animaux améliorés, qui seront classés d'après leur valeur génétique estimée afin de retenir les meilleurs. L'unité de base est l'individu, puis la race qui se caractérise par un ensemble d'individus qui possède des caractéristiques communes héréditaires.

La sélection consiste à éliminer dans une population certains animaux et à en conserver d'autres pour associer les gènes améliorateurs, en vue d'accroître leur valeur génétique additive.

5.2. Les objectifs de la sélection

- La rusticité et docilité de l'oiseau.
- Augmentation du nombre d'œufs/poule/an.
- Diminution de l'IC (Indice de Consommation).
- Augmentation de la solidité de l'œuf et de la qualité de l'albumen.
- Masse d'œufs produits.
- Poids des œufs suffisant en début et stabilité du poids en fin de ponte.

Le choix de caractères doit se faire à partir de caractères économiques et de caractères adaptés aux besoins actuels (exigences des distributeurs et des consommateurs) (**Chinzi et al, 2002**).

5.3. Schéma de la sélection

Il existe trois schémas de sélection :

- La sélection individuelle (SI).
- La sélection sur l'ascendance (SA)
- La sélection sur la descendance (SC)

5.4. Définition d'une souche

C'est un ensemble relativement homogène d'animaux obtenus par une sélection continue et dirigée dans une orientation précise, que l'on peut caractériser éventuellement par un seuil de performance (**Bonnes, 1998**).

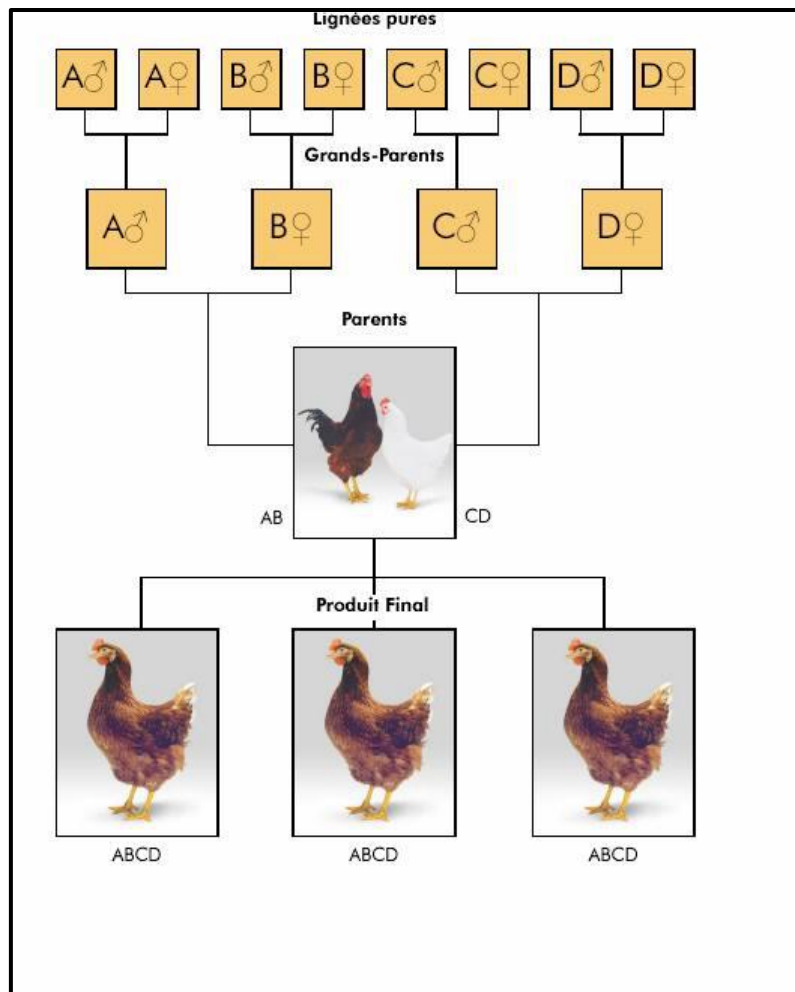
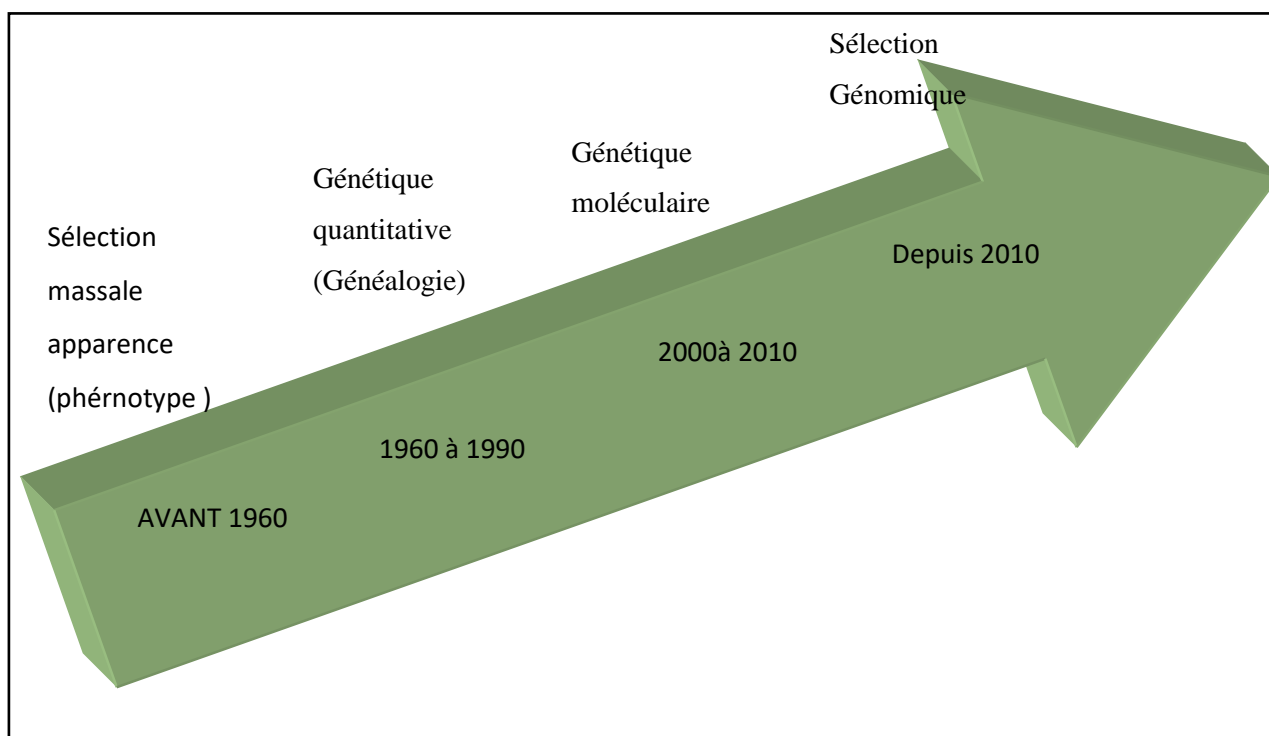


Figure 10: Méthode de sélection Souche Lohmann Tradition

Les souches pondeuses commercialisées

- Les souches Hy-line
- Les souches ISA
- Les souches Lohmann
- La souche TETRA SL

6 .Evolution de la sélection (Guémené,2014)



6. La sélection chez la volaille

La génétique a largement contribué au développement considérable de la filière avicole, notamment grâce aux caractéristiques biologiques des espèces avicoles, particulièrement favorables à la sélection. Les demandes actuelles des consommateurs et des professionnels de la filière avicole amènent le généticien à considérer de nouveaux caractères : qualité des produits, résistance aux maladies (infectieuses ou non) sans oublier sur le comportement en groupe, la viabilité, l'indice de consommation, la ponte et sa persistance, la masse d'œufs et la qualité de la coquille (**Beaumont *et al* , 2014**).

La poule étant naturellement destinée à pondre des œufs et à fournir de la chair à l'homme, celui-ci chercha les moyens de reconnaître l'animal productif à certains signes extérieurs, ce qui a poussé pour faire une sélection (**Boyer, 1952**). À travers les années, les exigences du marché ont changé les critères de sélection. Le développement d'une industrie intégrée et consolidée a démontré que le poids et le taux de croissance seuls ne peuvent pas être le seul et unique critère de sélection pris en considération (**Elfick, 2006**).

7. Picage et cannibalisme

8.1. Définition

Le picage est un trouble de comportement qui fait que les jeunes volailles se piquent les plumes, c'est une manie quand certaines volailles s'arrache mutuellement les plumes, il se produit chez les jeunes lors de la mue ou lors de la pousse des plumes. Le picage consiste à donner des coups de bec aux congénères.

Le cannibalisme c'est le vice précédent (picage), poussé à un plus haut degré, il se manifeste très souvent chez les poules et les dindons par un picorage de l'orifice cloacale ou de la partie déplumé de la tête, après apparition du sang une appétit féroce s'empare de l'agresseur (Chaouchi etBentatia,2017).

8.2. Origine du picage et du cannibalisme

En réalité, si les poules pratiquent le picage, c'est uniquement en raison de leurs conditions de vie: entassés sur de petites surfaces dans des hangars surchauffés et éclairés artificiellement, sans distraction, par ennui, par nourriture insuffisamment riche en protéines. Parce qu'aucun de leur besoin n'est rencontré : pas de grattage de sol, pas d'épouillage, pas d'étirements... Il s'agit donc d'une double peine pour la poule. Les poules ne sont pas cruelles, elles vivent le martyr et font ce qu'elles peuvent pour survivre dans les conditions qu'on leur donne.

9. Le débecquage des pondeuses

La seule solution pour éviter le picage des poules, c'est de revoir leurs conditions de vie dans les élevages. Offrir des conditions décentes, respectueuses, vraiment respectueuses, et pas de conditions juste acceptables pour éviter la mort.

10.1. Définition

Le débecquage est une opération qui consiste à couper l'extrémité du bec des volailles à l'aide d'un appareil appelé débecqueur.



Figure 11: débecquage

10.2. Age des animaux soumis au débecquage

Le débecquage est pratiqué à deux âges différents. La première opération est effectuée à l'âge de 8 à 10 jours. Un léger époinçage effectué à cet âge ne permet pas de prévenir le picage ; au contraire un époinçage sévère entraîne des réductions de croissance et constitue une source d'hétérogénéité. Cela impose la réalisation d'une deuxième opération à l'âge de 9 à 10 semaines qui consiste à un peu plus de la moitié du bec.

a. Mesures à prendre avant de pratiquer le débecquage :

Il est conseillé qu'avant de procéder à la réalisation de l'opération du débecquage de prendre certaines mesures de précaution qui se rapportent à :

- La vérification et le contrôle de l'état sanitaire des animaux ne pas débéqueter les sujets malades.
- Ne pas débéqueter les animaux en cours des réactions vaccinales.
- L'addition de la vitamine K (antihémorragique) dans l'eau de boisson.
- La vérification de la température des lames du débécuteur : des températures insuffisantes provoquent des hémorragies alors que des températures élevées entraînent des brûlures. La température recommandée doit être comprise entre 650 et 700°C.

b. Technique de débécquage

Pour réaliser correctement l'opération de débécquage, il faut :

- Choisir le calibre du débécqueur, Prendre le poussin bien en main, le pouce situé derrière la tête, Maintenir la tête bien en place et appuyer sur le pouce, Couper le bec perpendiculairement à son axe en laissant après cautérisation environ 2/3 de longueur séparant les narines de la pinte du bec.

c. Mesures à prendre après l'opération de débécquage

Après avoir terminé l'opération du débécquage il faut : Vérifier que les animaux consomment de l'aliment et de l'eau surtout s'il s'agit des abreuvoirs en pipettes, stimuler l'appétit en additionnant un complément minéral vitaminé, distribuer une épaisseur suffisante d'aliment (SIPSA,2020).

Nous pouvons distinguer actuellement deux grandes catégories de méthodes employées en biologie pour caractériser la forme tridimensionnelle d'une structure anatomique : la morphométrie dite « traditionnelle » qui est fondée sur l'utilisation de mesures (longueurs, angles, aires, volumes) et la morphométrie « géométrique » qui comprend l'analyse de formes à partir des coordonnées des points de repère.

A noter que l'utilisation de ces termes varie selon les publications : parfois, la morphométrie géométrique est qualifiée de traditionnelle. Les analyses statistiques utilisées en morphométrie traditionnelle sont généralement des analyses bi-variées (la comparaison peut se faire à partir de mesures non homogènes en termes d'unités) alors que la morphométrie géométrique utilisera des analyses statistiques multivariées sur les coordonnées de points.

1. Morphométrie classique ou traditionnelle

1.1. Définition

Elle est fondée sur l'analyse de mesures linéaires, de mesures d'angles, d'aires et de volumes. Nous pouvons définir des points caractéristiques sur les structures d'intérêt, et il est possible de calculer des plans moyens qui caractérisent ces structures et donc de mesurer des angles entre ces plans (Dumoncel, 2018).

1.2. Avantage

La morphométrie traditionnelle ne prend pas réellement en compte la complexité des formes étudiées et ne fournit que des données très éparses sur la forme de la structure car elle est basée sur la comparaison de distances linéaires et d'angles entre des points homologues de

différents objets. Elle est un outil de biologie comparative, puisqu'elle permet de comparer la forme de différents spécimens (**Métairie, 2014**).

1.3. Inconvénients

Cette morphométrie « traditionnelle » présente cependant de nombreux inconvénients; ce qui explique qu'elle a ensuite évolué vers la morphométrie dite « géométrique ». Les inconvénients rencontrés en morphométrie « traditionnelle » sont liés aux mesures des distances linéaires. Tout d'abord, les distances mesurées sont fortement corrélées à la taille des individus, elles nécessitent une correction.

Du fait de ces inconvénients, les relations géométriques entre les variables ne sont pas conservées, ce qui rend impossible la représentation graphique de la forme de l'objet. La morphométrie « traditionnelle » ne permet donc pas de conserver les informations de forme d'un objet, c'est-à-dire sa configuration. La morphométrie géométrique a été développée afin de pallier ces limites, en conservant et comparant très précisément les configurations de différents objets.

2 .La morphométrie géométrique

La morphométrie géométrique, dérivée de la morphométrie « traditionnelle », est une méthode de biologie comparative permettant d'étudier les variations morphologiques entre les espèces. Cette technique assistée par ordinateur, est basée sur l'acquisition, le traitement et l'analyse de points-repères observés à la surface d'objets dont on souhaite comparer les configurations spatiales. La MG requiert donc l'utilisation de matériel d'acquisition des données et de modélisation 3D, associés à des logiciels informatiques performants. (**Métairie, 2014**).

Cependant, à la différence de la morphométrie « traditionnelle », la MG va considérer la forme, indépendamment de la taille de l'objet d'étude et va s'attacher à la « conformation géométrique » d'un objet.

2.1. Définition des landmarks

La morphométrie géométrique est basée sur l'analyse de points de repère appelés landmarks. Ces points sont positionnés sur tous les spécimens d'un échantillon. Trois types de landmarks ont été définis dans (**Bookstein, 1991**):

- Type 1 : landmark qui peut être défini de façon anatomique. Par exemple la jonction de trois sutures est considérée comme un landmark de type 1. Pour les landmarks de type 1, il y a une correspondance biologique.

- Type 2 : landmark qui peut être défini en fonction de la géométrie du spécimen, par exemple la courbure maximale d'une forme. Un point situé sur l'une des pointes de la dentine est un landmark de type 2. Pour les landmarks de type 2, la correspondance biologique est supposée.
- Type 3 : landmark qui peut être défini comme l'extrémité d'une structure anatomique ou bien défini géométriquement à partir de landmarks de types 1 ou 2.

Ces landmarks de type 1, 2 et 3 peuvent être associés à des points que l'on appelle semilandmarks. Ainsi, si nous traçons une courbe définie entre deux landmarks, des semilandmarks peuvent être définis comme une subdivision de la courbe en N points en utilisant une contrainte pour positionner ces points de façon régulière le long de la courbe. Les semilandmarks peuvent ainsi être automatiquement répartis le long de courbes ou de surfaces

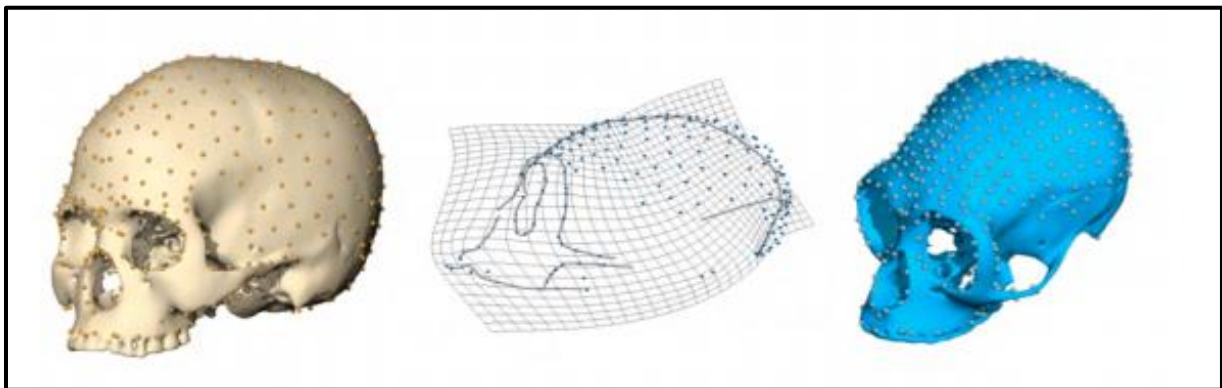


Figure 12: Exemples d'utilisation de semilandmarks sur des crânes.

2.2. Avantages et limites de la morphométrie géométrique

L'analyse morphologique occupe une place importante en biologie. Les descriptions morphologiques qualitatives permettent seulement de déterminer les variations morphologiques grossières. C'est pourquoi, des chercheurs se sont orientés vers la MG, qui permet de décrire quantitativement, et de façon très précise les variations morphologiques.

Avantages

Précision de l'analyse géométrique : L'intérêt de la MG est de préserver la géométrie originelle des objets d'étude, grâce aux coordonnées des points-repères choisis. Ces coordonnées portent l'information exacte des relations entre chacun de ces points. Ainsi, grâce à la MG, on enregistre davantage d'informations sur la forme des objets d'étude ; la première étape de collecte des données est donc beaucoup plus précise.

Perspectives élargies : La collecte plus précise des données géométriques permet une étude plus poussée de la morphologie des objets d'étude. La visualisation des différences de forme

sera également plus performante. Ainsi, le fait de collecter d'avantage de données, en enregistrant, entre autres, de nouvelles informations dans les régions situées entre les points-repères (grâce à des points glissants) ouvre les applications de la MG. **Analyse de forme, indépendamment de la taille** : La MG permet de séparer mathématiquement les variations de forme, des variations de taille, d'orientation et de position. Ce paramètre de taille est isolé par la superposition Procruste, qui est une méthode d'alignement des conformations géométriques.

Diminution du nombre de variables : Le principal avantage de la morphométrie géométrique, par rapport à la morphométrie « Traditionnelle », est qu'elle nécessite un nombre de variables bien moins important pour aboutir à une description identique de la forme d'un objet : il faut moins de coordonnées (de points-repères), que de distances pour décrire une forme identique. Ainsi, pour décrire un objet de forme complexe ou pour augmenter la précision d'une analyse morphométrique, le nombre de distances augmente de façon exponentielle, alors que le nombre de points-repères augmente, mais de façon linéaire. Par exemple, la description d'une mandibule d'une musaraigne nécessite dix coordonnées de points-repères (c'est-à-dire cinq points-repères) ou dix distances, pour décrire sa forme en deux dimensions.

Les limites d'application de la MG

Dans certains cas, la mise en place de la MG (collecte, analyse et traitement des points-repères) s'avère trop complexe en vue des bénéfices attendus (ex : analyse d'objets de forme simple).

L'utilisation de points glissants permet d'enregistrer des informations concernant des zones situées entre les points-repères (zones qui n'étaient jusqu'alors pas prises en compte). Les études de MG sont donc de plus en plus performantes, mais en contrepartie, l'analyse est de plus en plus complexe. Il est donc nécessaire de limiter le nombre de points glissants. En effet, chaque point glissant induit un grand nombre de variables, ce qui implique une complexification croissante de l'analyse.

-La MG est performant pour comparer des objets de formes très proches. A l'inverse, en comparant des objets de formes très différentes, il y a un risque important de perdre des informations sur les petites différences de forme.

- L'apprentissage des méthodes de MG est difficile. Même si certaines analyses de MG.

Peuvent être conduites facilement grâce à des logiciels informatiques, les analyses plus complexes nécessitent des connaissances approfondies dans des domaines tels que la géométrie, les mathématiques, et les statistiques.

Enfin, bien que la MG constitue aujourd'hui un outil performant pour la quantification des variations de forme, il ne s'agit pas d'une technique idéale et celle-ci reste perfectible (**Bettahar, 2018**).

➤ **Collecte des données**

La MG se base sur le positionnement et la comparaison de points-repères. Un point-repère est un point précisément défini sur le spécimen étudié, et sa position est décrite par un ensemble de coordonnées : x, y , si on le décrit en deux dimensions (2D) ; x, y, z si on le décrit en trois dimensions (3D). La collecte des données correspond à celle des coordonnées des points-repères (**Baab et al, 2012**).

➤ **Les différentes approches de la morphométrie géométrique**

Il est possible d'étudier la conformation d'un objet par deux techniques : les courbes de contour (Outlines) et les points-repères (Landmark) (Adams et al., 2004 ; (**Zelditch et al.,2012**))

✓ *Approche par les courbes de contour (Outlines) :*

Considérés comme la première technique utilisée en morphométrie géométrique , qui consiste à numériser des points le long du contour d'une structure biologique, en considérant ces structures elles-mêmes comme homologues d'un spécimen à un autre, alors que les points cartésiens construits et collectés sur ces structures n'ont quant à eux aucune correspondance nette .Il existe plusieurs techniques pour l'analyse de ces courbes, voici les plus utilisées :

Transformation de Fourier (Elliptic Fourier Descriptors):

Les descripteurs elliptiques de Fourier (EFD) est :

- une technique courante d'analyse de la conformation, où celle-ci est analysé dans le domaine de fréquence plutôt que dans le domaine spatial.

- consiste à porter des points le long du contour d'un objet ou structure qui seront ajustés avec une fonction mathématique

Points glissants (Sliding semi landmarks).

-Conçue et développée par Bookstein (1997).

- technique est utilisée lorsqu'une région anatomique est dépourvue de points repères reconnaissable et précis ou que leur identification est difficile.

-permet d'analyser au même temps des points repères homologues et des points glissant le long d'une courbe ou surface pour une même structure.

-Ces points glissants sont positionnés de façon géométrique puis analysés par les superpositions de Procruste.

✓ *Approche par points repères (Landmarks) :*

-Basée sur le principe de la superposition Procruste qui permet de placer tous les individus dans un même espace morphologique.

-A la fin supprimer les effets de position, de taille et d'orientation, la procédure de la superposition Procruste consiste en trois étapes (Figure 14)

a. la première étape supprime les effets de position par La translation de toutes les configurations de points homologues de l'échantillon afin de les faire converger sur leur centre de gravité ou centroïde (moyenne des coordonnées des points homologues de toutes les configurations)

b. la seconde étape supprime les effets de taille mais conserve intégralement les proportions des objets, y compris les différences de conformations liées à la taille (allométries).

c. La rotation de toutes les configurations de points sur leur centroïde afin de minimiser les distances entre les points homologues deux à deux. Pour plus de deux formes, la méthode s'appelle la Generalized Procrustes Analyses ou l'étape de rotation repose sur un algorithme itératif .L'itération est répétée jusqu'à obtenir une convergence. Cette étape supprime les effets de rotation et minimise en même temps les différences entre tous les objets

Les nouvelles coordonnées cartésiennes des points homologues centrés, mis à l'échelle et orientés après superposition Procrustes sont appelés les coordonnées Procrustes (Procrustes shape coordinates). La moyenne des coordonnées Procrustes représente la conformation moyenne (Consensus). Les distances entre deux configurations de coordonnées Procrustes dans l'espace des conformations (Shape space) sont appelées les distances Procrustes (Procrustes distances) et permettent de mesurer la (dis) similarité entre deux ou plusieurs conformations.

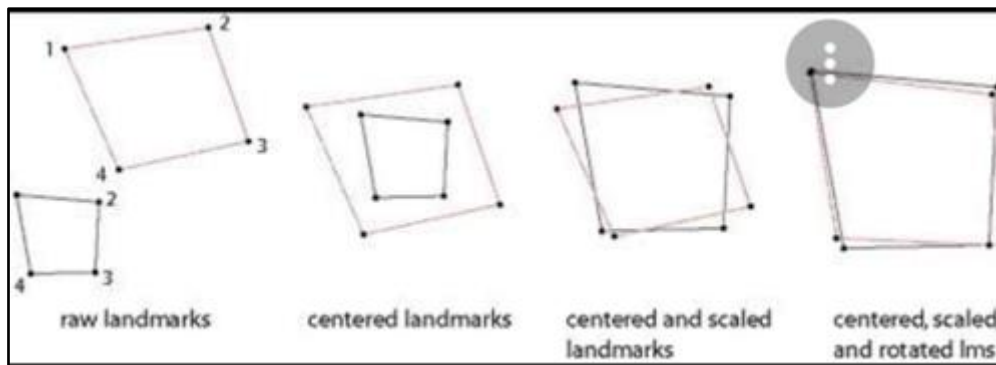


Figure 13 : Les trois étapes de la superposition Procrustes

3. L'analyse généralisée Procuste (Dumoncel,2018)

Les points repères ne sont pas invariants, c'est-à-dire qu'ils dépendent de la position de l'objet. Il est donc nécessaire d'avoir recours à une étape d'alignement des conformations géométriques, avant de pouvoir les comparer. Ainsi, après le choix des points-repères et la collecte de leurs coordonnées, on procède à l'alignement des conformations, qui permet de comparer les conformations géométriques des différents objets, en modifiant leur orientation, leur taille, ainsi que leur position.

Parmi les différentes méthodes d'alignement des conformations géométriques, la méthode de superposition Procruste ou GPA (« generalized Procrustes Analysis ») est utilisée de façon quasi-universelle en MG.

Avant toute analyse, il est nécessaire d'essayer de retirer les différences de position, de taille et d'orientation (qui ne sont pas des différences biologiques) entre les spécimens, ce qui correspond à l'application de translation, de rotation et des homothéties qui vont être appliquées aux séries de landmarks. Parmi les méthodes proposées, la méthode la plus couramment utilisée est l'analyse Procuste. Le nom de cette analyse provient d'un personnage de la mythologie grecque qui ajustait la taille de ses victimes selon la taille du lit dans lequel il les mettait. C'est une analogie aux principes de l'analyse qui cherche la transformation en termes de translation, de rotation et de taille permettant de minimiser la distance aux moindres carrés entre deux séries de landmarks. En général, un spécimen de référence est choisi et tous les autres sont alignés relativement à celui-ci. L'analyse généralisée Procuste est une optimisation de ce principe :

- i) analyse Procuste des séries de landmarks par rapport à une série de référence,
- ii) calcul de la moyenne des séries,

iii) si la distance entre la série de référence et la moyenne des séries est supérieure à un seuil, la moyenne des séries devient la série de référence puis le processus recommence à partir de

Après la superposition Procruste, les points-repères sont décrits par de nouvelles coordonnées. Ces dernières sont comparables : on va donc pouvoir comparer les différents objets de l'étude, ce qui n'était pas le cas avant la superposition. L'équation de Needham « forme = taille + conformation » est toujours valable après la superposition. La conformation est définie par les nouvelles coordonnées obtenues après superposition, la taille devient la taille centroïde, et la forme correspond toujours à la somme des deux.

4. Analyse statistique

Après les superpositions de Procruste, un large éventail d'analyses peut être utilisé.

Il n'est pas nécessaire l'utilisation de différents outils statistiques, dont les quatre principaux sont :

✓ **Analyse en Composantes Principales (ACP)**

Est un outil statistique la plus utilisée en MG, permettant de passer d'un grand nombre de variables, à quelques variables nommées « composantes principales » (CPs), afin de simplifier l'analyse des données ; la ACP peut parfois être remplacée par des analyses de variance (ANOVA), des analyses de variance multidimensionnelle (MANOVA), ou des analyses factorielles discriminantes (AFD).

✓ **La méthode des plaques minces (« thin-plate spline » ou TPS)**

La TPS est un outil incontestable de la MG. Elle permet une visualisation intuitive des différences de formes, en les représentant comme des déformations conduisant d'une forme à l'autre, plutôt que comme une série de formes différentes comme le font d'autres méthodes statistiques. Cette visualisation se fait au travers de « grilles de déformations » en deux dimensions. Il s'agit d'un outil visuel puissant, mis au service de la MG.

✓ **Analyse Quadratique Discriminante (QDA)** généralement associée à la probabilité postérieure (P post)

Est une méthode d'analyse discriminante prédictive, qui permet de déterminer l'appartenance d'un individu à une classe, à partir de ses caractéristiques. D'autre part, la probabilité postérieure permet d'estimer la probabilité d'obtenir un paramètre, à partir d'observations. Ce paramètre est validé si la P post est supérieure ou égale à 0,90. La validation par ces deux techniques statistiques associées (ou validation croisée) permet de confirmer le résultat de la MG avec un haut niveau de certitude.

➤ **La visualisation graphique des différences de conformations**

Deux modes de visualisation principaux sont utilisés : soit directement à partir des différences entre coordonnées des points qui sont par définitions superposés, soit en faisant appel aux plaques minces (Thin Plate Splines, TPS) qui ont permis de quantifier et de supprimer la subjectivité des grilles de déformation de d'Arcy Thompson.

La représentation graphique des résultats d'une étude de MG est dans la majorité des cas, un graphique à deux axes (abscisses et des ordonnées), associé à des grilles de déformations. Les axes du graphique correspondent à deux composantes principales, qui expriment les plus hauts pourcentages de variance, c'est-à-dire la variabilité la plus importante, qui sont choisies comme axes du graphique, car ce sont les plus discriminantes. En effet, l'objectif de cette représentation graphique est d'avoir une dispersion maximale des points le long des deux CPs, afin d'obtenir des résultats clairs.

D'autre part, les grilles de déformation TPS illustrent les tendances des variations morphologiques de la prémolaire, le long de chaque CP. Chaque grille correspond à la déformation d'un spécimen théorique (de forme moyenne), pour laquelle une CP a une valeur extrême (celle sur laquelle il est placé), alors que les autres CPs sont égales à zéro.)

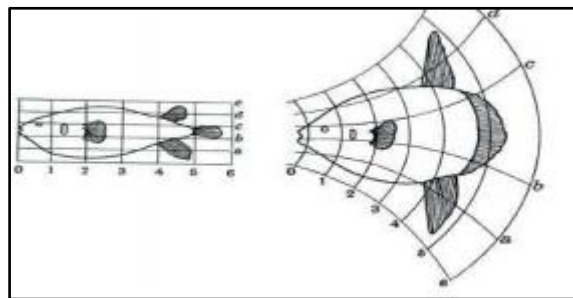


Figure 14 :Des grilles de déformation

Après la GPA, chaque configuration (ou specimen) peut être représentée par un point unique dans le graphique, et le nuage de points obtenus correspond à l'ensemble des configurations des objets étudiés. Les coordonnées décrivant ces points après GPA ne dépendent que de la forme, et sont donc indépendantes de l'échelle, de l'orientation, et de la position.

La distance Procruste permet de quantifier les différences de forme entre deux conformations. Il s'agit de la distance mesurée entre deux points (chacun représentant une conformation propre), après GPA. Ainsi, une grande distance signifie que les formes sont très différentes. A l'inverse, une distance nulle indique que les deux formes sont identiques.

1. Matériel biologique

Cette étude a été réalisée dans les wilayas de Chlef et Relizane. Les poules locales provenaient des élevages traditionnels fermiers, tandis que les pondeuses nous ont été fournies par un aviculteur professionnel.

2. Echantillonnage

L'échantillonnage a été effectué pendant la période avril-mai 2021.

3. Prise de photos numériques et traitement des images

Les photos ont été prises sur le bec de chaque poule à l'aide d'un appareil photo de téléphone portable Samsung. La tête de chaque poule a été positionnée sur une ardoise blanche numérotée sur laquelle on dépose une règle graduée.



Figure 15 : Position de la tête de poule pour la prise de photo

Analyses morphométriques

Pour les analyses morphologiques, le programme utilisé dans la présente étude est le MorphoJ (Klingenberg, 2011). Il s'agit d'un programme conçu pour l'analyse statistique des données morphométriques géométriques obtenues suite aux traitements des images sous tpsDig2. Toutefois, plusieurs autres étapes sont nécessaires avant de commencer une analyse sous MorphoJ.



Figure 16 : photo de l'ogicielsMorphoJ

1 .Préparations des données

1.1. Création du fichier TPS

Avant d'entamer la collecte de données, c'est-à-dire la digitalisation des points repères, il faut créer un fichier TPS à l'aide du logiciel TpsUtil. Ce fichier contient tous les spécimens photographiés auparavant. Ce fichier est nécessaire pour l'implantation ultérieure des points repères (Landmarks) à l'aide du logiciel TpsDig2. Nous présentons ci-après les différentes étapes pour la création d'un fichier TPS.

1. Toutes les images qui seront utilisées (ou leurs copies) doivent être placées dans le même dossier.

2. Après ouverture du logiciel tpsUtil, une fenêtre s'affiche.

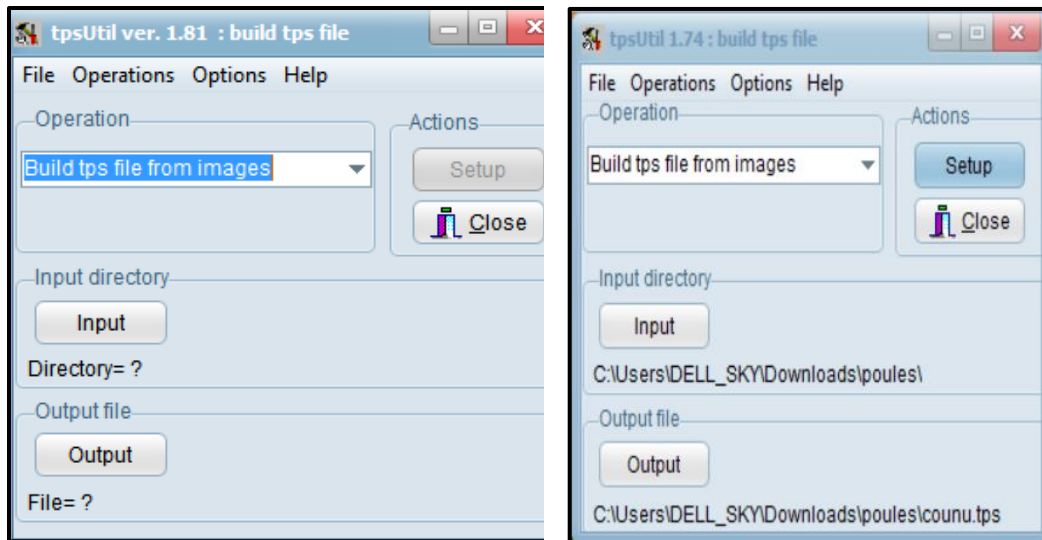


Figure 17 : La fenêtre principale du logiciel TpsUtil

3. Cliquez sur " Select an operation " (Sélectionner une opération).

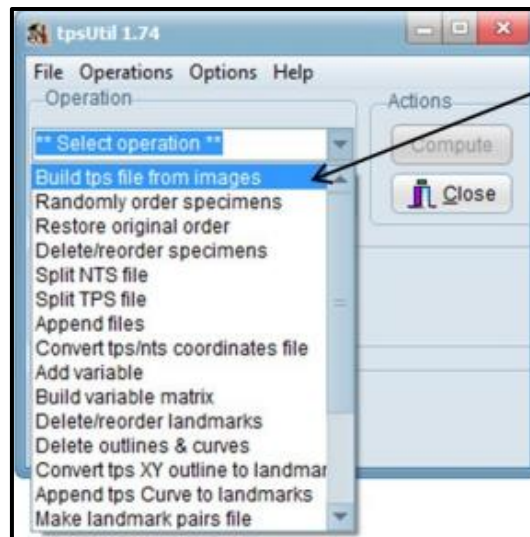


Figure 18 : Etape 1 de la création d'un fichier TPS "Sélection d'une opération".

4. Sélection du répertoire d'entrée (Input).

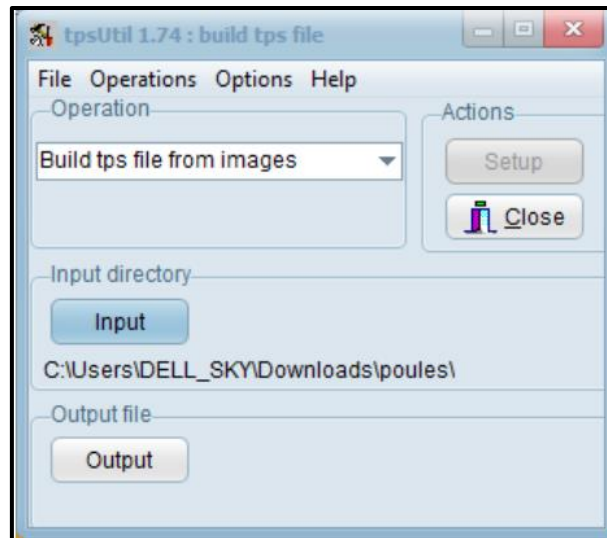


Figure 19 : La création d'un fichier TPS " choix du répertoire d'entrée".

a. cliquer sur "Input" (Entrée), une fois le répertoire d'images est trouvé, en cliquant sur une seule image dans ce répertoire suffit pour que le reste est automatiquement importé par tpsUtil.

5. attribuer un nom du fichier de sortie.

a. Cliquer sur "Output", il faut choisir un nom qui se termine par ".tps". Il est recommandé de sauvegarder ce fichier dans le dossier avec les images.

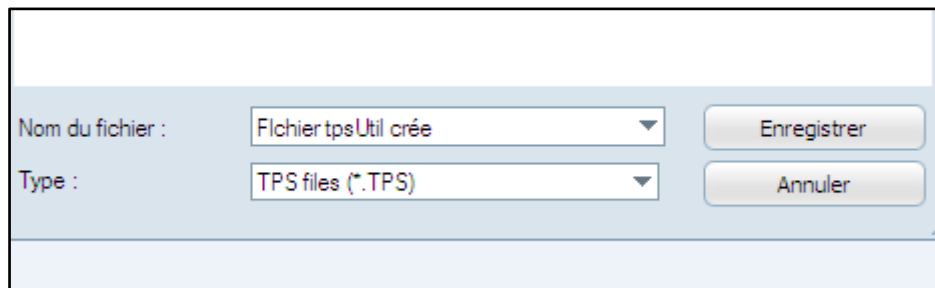


Figure 20 : Etape de la nomination du fichier TPS.

6. Création du fichier tps

a. Cliquez sur "Setup".

b. Les images cochées seront utilisées pour la construction du fichier tps. Cocher / décocher au besoin. Si le dossier contient uniquement les images pertinentes, la liste devrait être correcte.

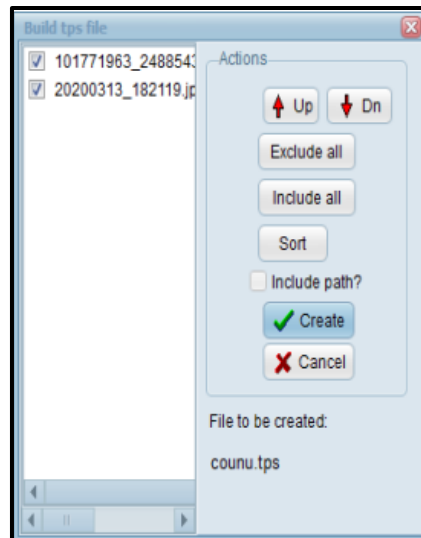


Figure 21 : Boite de dialogue (manipulation des données).

c. Confirmez la création du fichier....tps, par exemple Bec.TPS" sous "Fichier à créer" (file to be created). Sinon, revenir à l'étape précédente.

d. Cliquez sur « Créer ».

e. Cliquez sur "Fermer" pour quitter tpsUtil. Maintenant le fichier TPS créé peut être ouvert dans tpsDig.



Figure 22 : le fichier TPS créé

1.2. Collecte des données “ Numérisation ou digitalisation ” des Points repères (Landmarks)

Dans cette étape, les points repères sont placés sur le contour du bec. Ensuite, les images digitalisées sont enregistrées dans le fichier tps. Lors de la numérisation des points repère, il y a cinq critères importants à prendre en considération :

1- les points repère devraient être des points homologues sur l'ensemble spécimens analysés.

- 2- ces points ne devraient pas modifier leur position par rapport aux autres points.
- 3- les points repère devraient donner une bonne couverture de la forme de l'objet étudié.
- 4- la répétabilité des points repères retenus sur l'objet doit être élevée.
- 5- les repères doivent être dans le même plan. Une partie cruciale de ce processus consiste à localiser précisément les points avec une grande cohérence afin que la correspondance entre les spécimens soit claire (Zelditch et al. 2004).

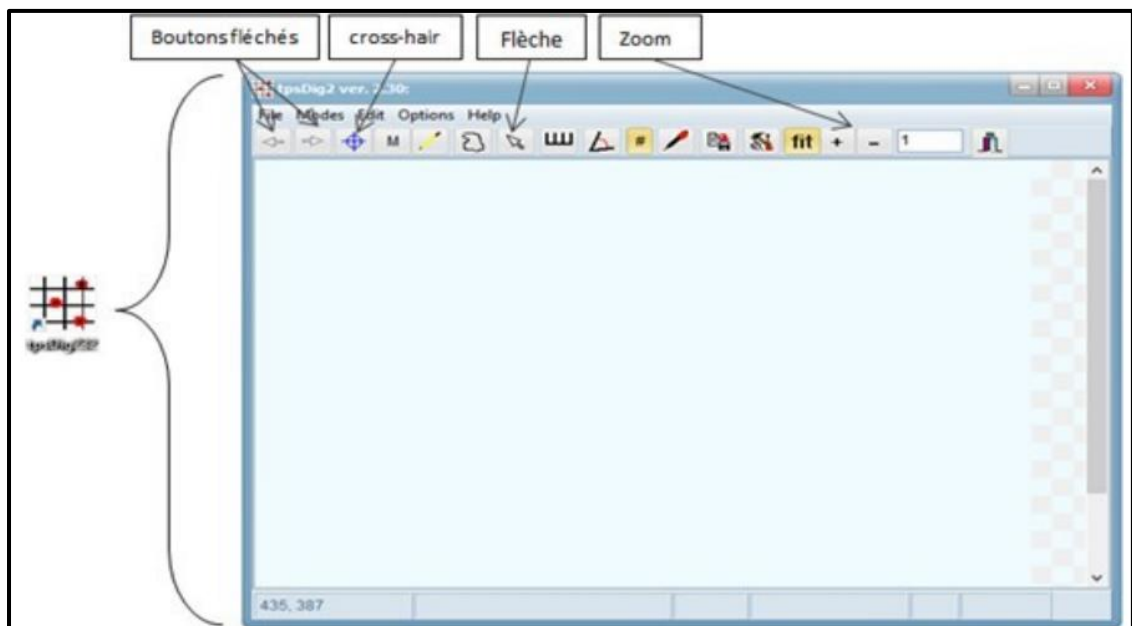


Figure 23: La fenêtre du Logiciel tpsDig

Après l'ouverture du fichier de données (le fichier tps créé avec tpsUtil) dans tpsDig, les images sélectionnées devraient apparaître dans le programme.

- a. Utilisez l'outil cross-hair pour ajouter des repères ;
- b. Faites un clic droit pour supprimer les points de repère ;
- c. Utilisez l'outil Flèche pour déplacer les points de repère.
- d. Utilisez les boutons flèches pour passer à l'image suivante ; e. Utilisez les touches + et - pour agrandir ou réduire l'image à l'écran ; Utilisez "Enregistrer les données" pour enregistrer les cd.

✚ Application

Dans cette étude, nous avons retenu 13 points repère qui semblent suffisants pour obtenir une couverture complète de la forme de la mandibule supérieure du bec. Tous les outils morphogéométrique exigent, strictement que tous les points repères numérisés soient homologues à travers les spécimens. Autrement, ils représentent les mêmes emplacements biologiques sur chaque individu.



Figure 24 : Digitalisation de 13 points-repères (Landmarks) sur la mandibule supérieure du bec à l'aide du logiciel tpsDig.

Avant l'application des coordonnées, le facteur d'échelle pour la mesure était défini dans tpsDig à l'aide de la règle incluse dans l'arrière-plan de chaque image.

✚ Analyses Statistiques

Après l'importation du fichier TPS créé dans le programme MorphoJ, la première étape réalisée avant de passer aux analyses morphologiques, consiste à vérifier les données et éliminer les valeurs aberrantes puisqu'il arrive que des erreurs soient glissées lors de la digitalisation

✚ Analyse de Procruste Généralisée (APG)

Une APG (analyse générale de Procrustes) a été menée sur la catégorie, pour pouvoir faire d'autres analyses morphologiques. Les coordonnées brutes de chaque image du bec ont d'abord été alignées (par translation, mise à l'échelle et rotation pour correspondre les uns aux

autres) en utilisant cette analyse de Procrustes. Cette procédure élimine les effets de position, d'échelle et d'orientation de sorte que les coordonnées Procrustes des points repère d'une configuration puissent représenter la forme sans taille, tandis que la taille du centroïde (barycentre, point de coordonnées moyennes) représente la taille globale du bec.

1 .Analyse en composantes principales (ACP) :

Après l'Analyse Procrustéenne généralisée, une analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée sur les nouvelles coordonnées appelés les (coordonnées Procrustes) des Landmarks en utilisant la matrice de covariance des coordonnées Procrustes afin d'identifier les principaux axes orthogonaux (composantes principales) expliquant la plus grande partie de la variation de la forme du bec.

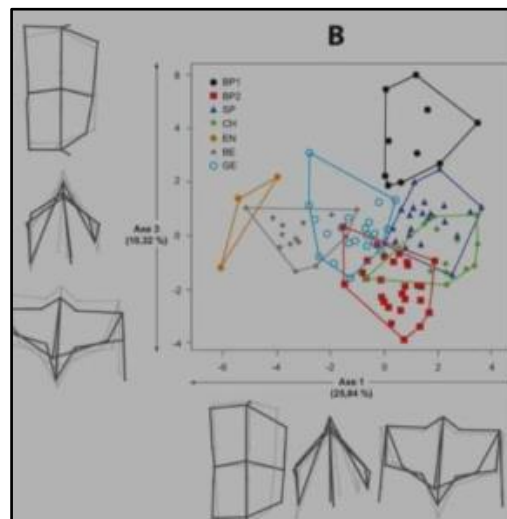


Figure 25 : Analyse factorielle discriminante

2 .Le test de Hotelling

Le T2 de Hotelling est une approche paramétrique permettant de tester si plusieurs variables continues distinctes sont liées à une variable qualitative binaire lorsqu'elles sont considérées avec leurs différentes interactions multivariées (se référer à l'annexe 2 pour plus de détails sur le test).

3 .Analyse factorielle discriminante (AFD)

La fonction discriminante a été réalisée à l'aide du logiciel MorphoJ, pour évaluer les différences moyennes de la variation de la forme du bec en considérant « la souche » comme facteur ou variable de classification.

Dans cette étude, nous avons retenu 13 points repères sur chaque image en 2 dimensions (2D). Ainsi, chaque points homologue est représenté par ses coordonnées (x, y) (se référer à l'Annexe 2). *L'ensemble de données contient donc 64 observations incluses pour les différentes analyses morpho- géométriques*

1. Vérification des valeurs aberrantes

Le tracé des données (en rouge) ne s'écarte pas significativement de la distribution normale (en bleu), indiquant ainsi l'absence de valeurs aberrantes (outliers).

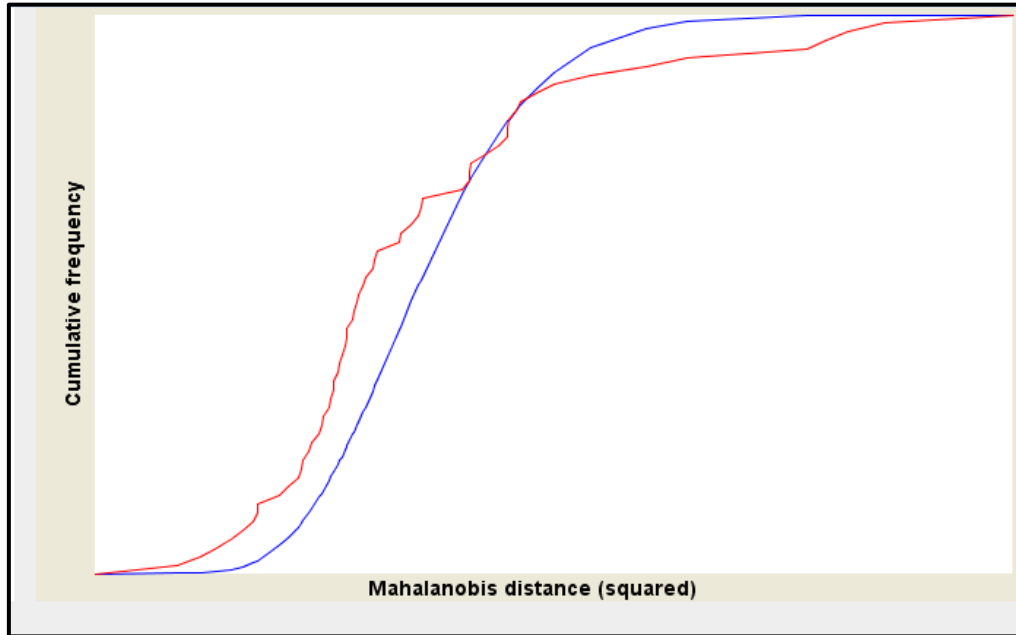


Figure 26 : Diagramme des fréquences cumulées des distances entre l'ensemble des individus et la forme moyenne « consensus » de l'échantillon.

2. Superposition procruste

La superposition de Procrustes a permis de créer une forme consensus (forme moyennes) du bec des individus de l'échantillon et ceci par l'identification du point d'origine ou le centroïde à partir des points repères définis sur chaque image. Tous les outils morphogéométriques exigent, strictement, que tous landmarks numérisés (digitalisés) soient homologues à travers tous les spécimens. Autrement, ils représentent les mêmes emplacements biologiques sur chaque individu.

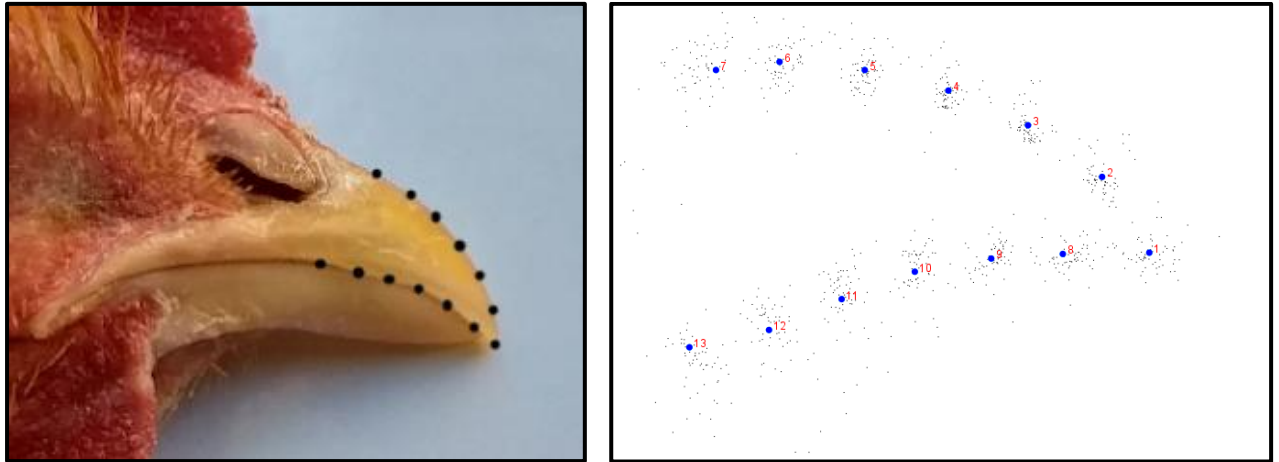


Figure 27: A gauche : Localisation des points repères retenus sur le bec. A droite : La Forme Consensus de la forme bec obtenue par la superposition Procruste.

Chaque point repère de la forme consensus montré en bleu sur la figure 23 est entouré d'un nuage de points représentant la variation des coordonnées de tous les spécimens. Un nuage de points compact et sombre nous renseigne que les coordonnées sont rapprochées tandis qu'un nuage étalé et diffus nous indique que les points s'éloignent du consensus (la forme moyenne).

Les coordonnées Les coordonnées x, y de 13 points repères (landmarks) de la forme consensus (forme moyennes) du bec obtenue par la superposition procruste sont consignés dans le tableau 2ci-dessous.

Tableau 2: Cordonnées x et y des 13 points repères représentant la forme moyenne du bec

Landmark	X	Y
1	0,37378211	-0,08192204
2	0,29942959	0,03726782
3	0,18266181	0,11862982
4	0,05729950	0,17325071
5	-0,07456338	0,20551907
6	-0,20878710	0,21844403
7	-0,30907288	0,20550818
8	0,23752710	-0,08396209
9	0,12473481	-0,09121331
13	0,00427155	-0,11192971
11	-0,11099915	-0,15507994
12	-0,22543614	-0,20366688
13	-0,35082781	-0,23084564

3. Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) appliquée sur les données obtenues sur tous les individus (poule locale et poule pondeuse), nous a permis de retenir 22 composantes principales à partir des coordonnées procrusténnes des 13 landmarks, mais seulement 4 composantes principales significative ont été retenues pour expliquer la variation de la forme du bec. Les CP1, CP2, CP3 et CP4 expliquent respectivement 32,9%, 30,0%, 16,32% et 8,9% de la variation totale de la forme du bec.

Tableau 3: valeurs propres, pourcentage de la variance expliquée et pourcentage de la variance cumulée expliquée par les 4 premières composantes principales.

Composantes principales	Valeur propre	% de variance	% de variance cumulée
CP1	0.01489587	31.94	31.94
CP2	0.01436420	30.80	62.75
CP3	0.00784747	16.83	79.58
CP4	0.00414298	8.88	88.46

Variance totale = 0,04573905

Variance des valeurs propres = 0,0000181901701

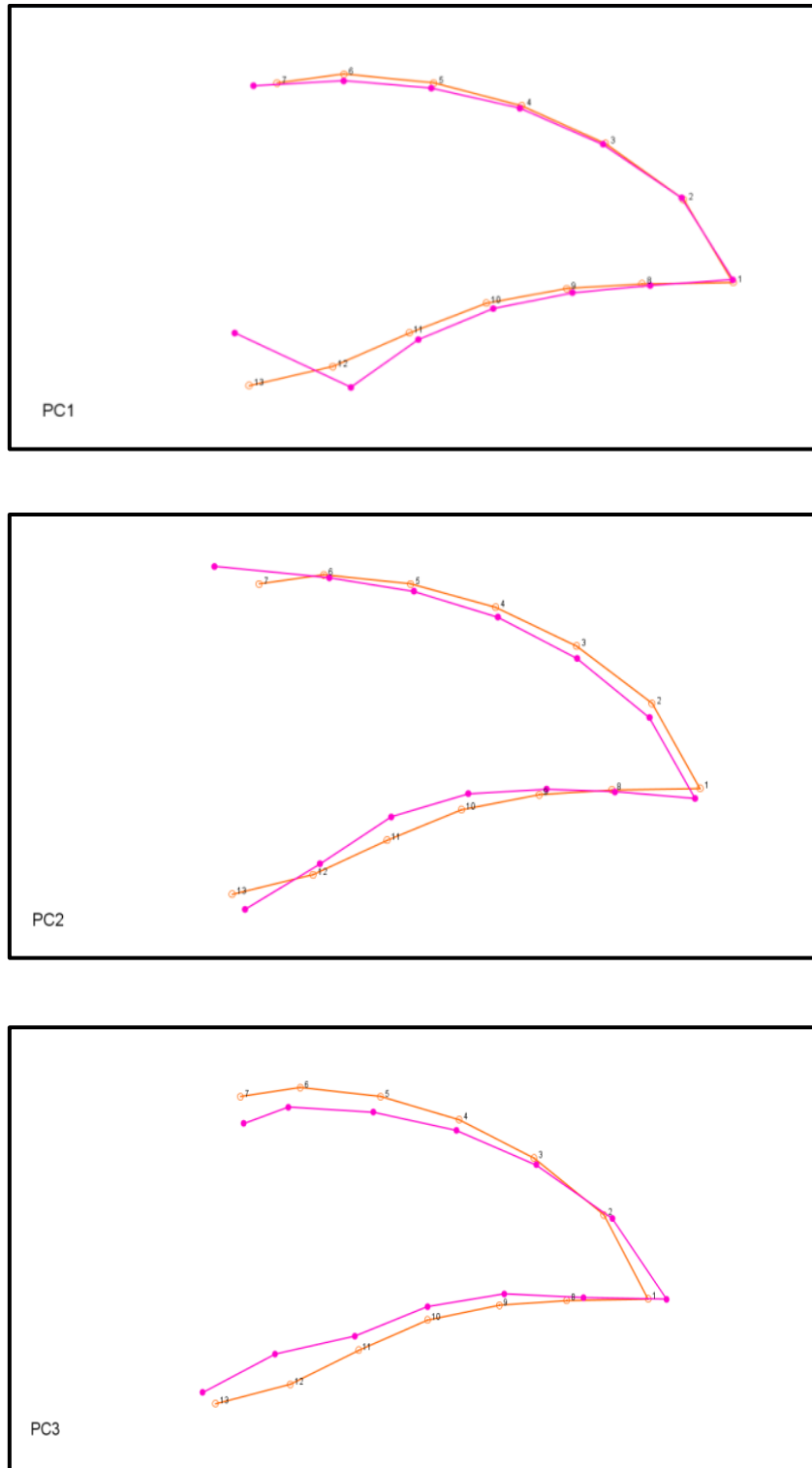


Figure 28:Présentation de la variation de la forme du bec sur les axes CP1 ,CP2 et CP

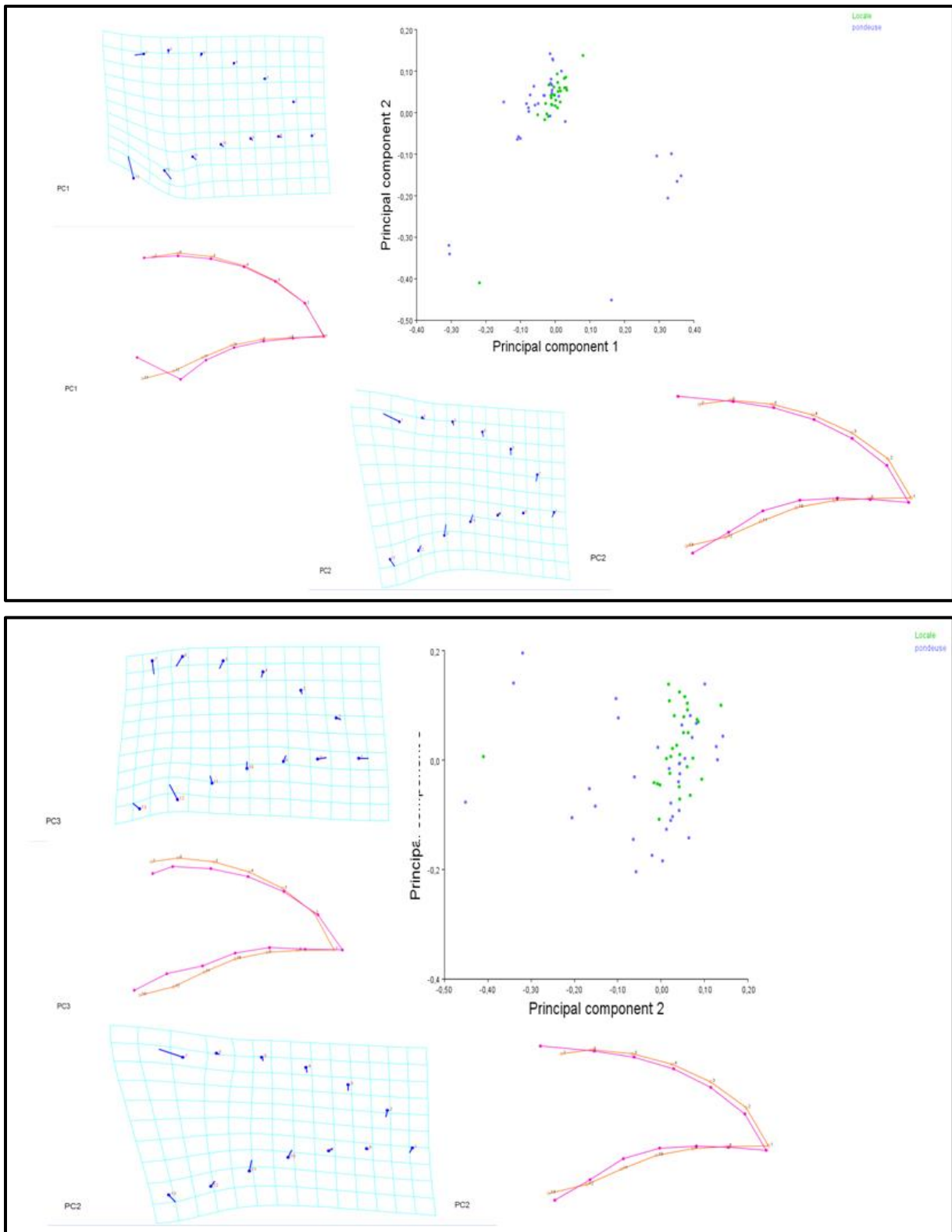


Figure 29:La variation de la forme de la mandibule supérieure expliquée par les axes retenus : (A) CP1 et CP2, (B) CP2 et CP3 pour 64 becs.(en vert: Pondeuse locale, en bleu: pondeuse industrielle)

4. Test de Hotelling

Une différence très hautement significative (test de permutation de 10 000 itérations, $P < 0,0001$) a été constatée entre les deux génotypes pour la forme du bec. Le tableau ci-dessous fournit la distance Mahalanobis et la distance Procruste obtenues entre les deux génotypes.

Tableau 4: Résultats du test de T^2 de Hotelling

distances de Mahalanobis	2,0337
Distances de Procruste	0,05
significative ($T^2 = 66,1$; $P < 0,0001$)	

Tableau 5: Résultats de l'ANOVA Procruste

Taille (centroïde)					
Effect	SC	MS	ddl	F	P
Génotype	0,034868	0,034868	1	0,77	0,3838
Résiduelle	2,809640	0,045317	62		
Forme (shape)	SC	MS	Ddl	F	P
Génotype	0,10177397	0,0046260893	22	2,23	0,0283
Résiduelle	2,83582098	0,0020790476	1364		

SC: somme des carrés des écarts procrustes, **MSC=** moyenne de la somme des carrés des distances procrustes; **ddl** de la variance intragroupe ou résiduelle = $V(N - G)$ ($V = 2k - 4$ pour les données à 2 dimensions et $3k - 7$ dans le cas des données à 3 dimensions ; $N =$ Nombres d'individus ; $G =$ nombre de modalités du facteur étudié, ici = 2)

5. Analyse canonique (CVA)

Selon les 13 points repères, on va classer les deux groupes pour voir la ressemblance et la divergence. Le tableau suivant résume les résultats.

Tableau 6: Analyse de la variante canonique

Groupes	Observations
Locales	31
Pondeuses	33

6. Analyse Factorielle Discriminante (AFD)

L’AFD est une autre méthode statistique qui permet d’attribuer un objet à un groupe, en fonction de ses caractéristiques physiques.

L’analyse discriminante a été utilisée pour analyser la variation morphologique du bec chez les deux génotypes. La fonction discriminante a produit des variables discriminantes pour expliquer les différences moyennes de variation de forme du bec entre les deux génotypes, dans la matrice de covariance des coordonnées de forme Procruste de chaque ensemble de données. Les résultats de la fonction discriminante et la validation croisées sont présentés dans les tableaux 8,9 et la figure.

Tableau 7: Fonction discriminante

Groupes	1	2	Total
1	27	4	31
2	5	28	33

Tableau 8: Résultats du test de validation croisée

Groupes	1	2	Total
1	19	12	31
2	16	17	33

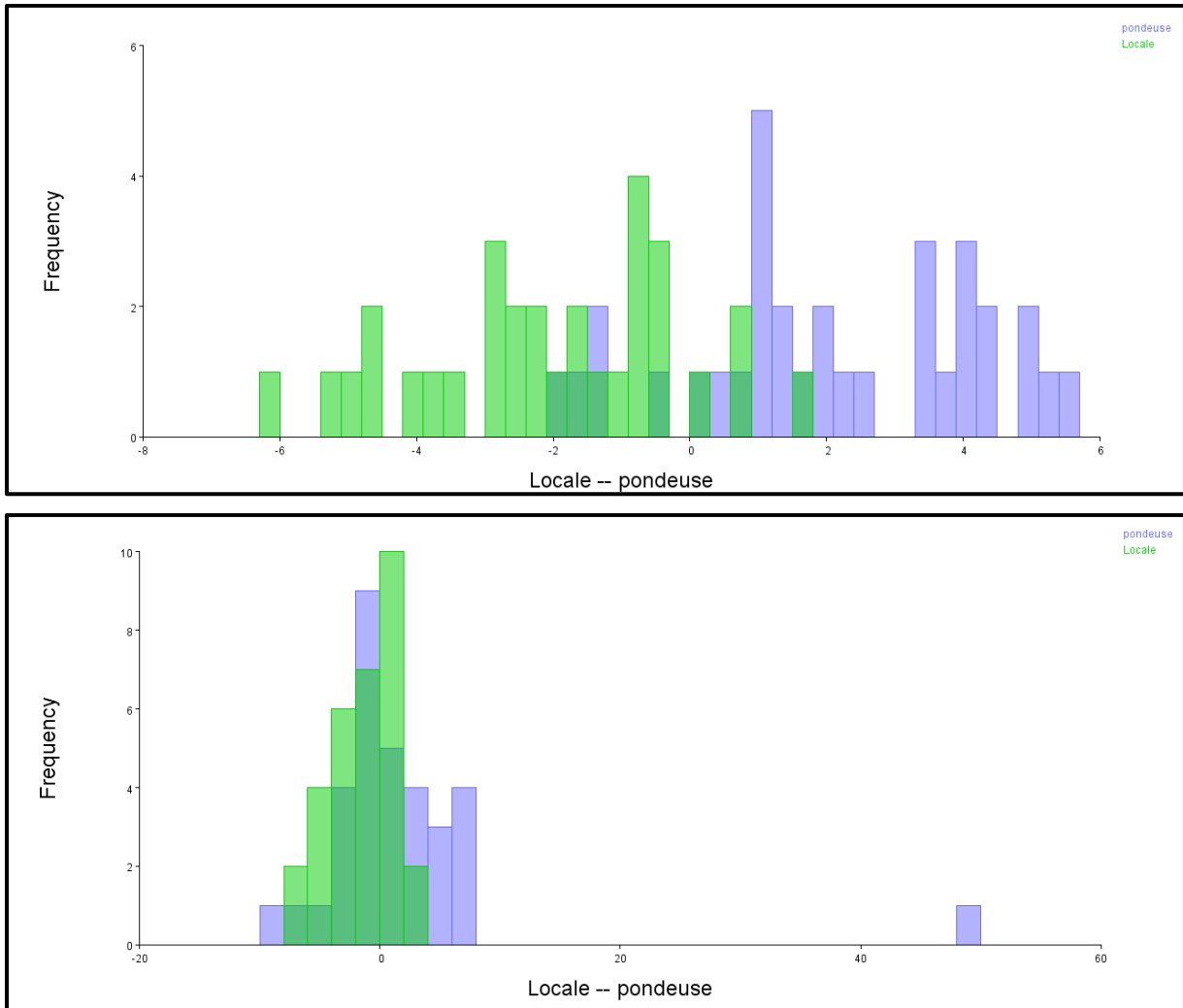


Figure 30: La fréquence des poulets des deux génotypes le long de la variable discriminante pour la variation de la forme du bec.

7.Effet de l'Allométrie

La régression du Logarithme de la taille centroïde du bec sur les coordonnées procrusteennes a montré un effet d'allométrie estimé à 7,47.. La relation entre la forme et la taille du bec dans chaque groupe génétique a montré que la variation de la forme du bec était très significativement liée à sa taille (test de permutation avec 10000 tours, $P < 0,0007$).

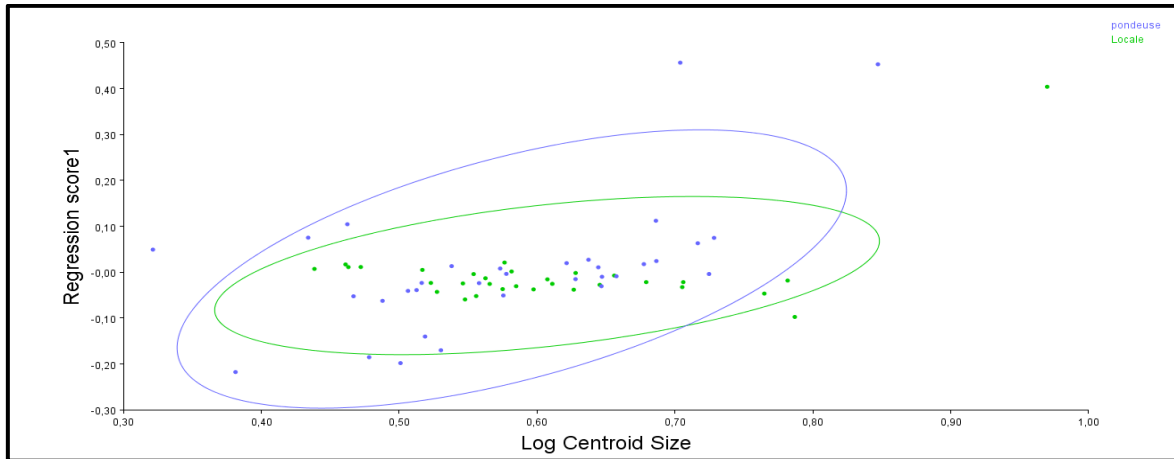


Figure 31 :Régression multivariée des coordonnées Procrustes de la forme du bec sur le logarithme de sa taille centroïde.

Conclusion

La morphométrie géométrique est une méthode visuelle et analytique, elle nous a permis dans la présente étude d'identifier et de visualiser la variation de la forme du bec chez la poule locale et la pondeuse industrielle. Cette étude devrait être poursuivie, pour voir comment il serait possible de modifier la forme du bec dans le cadre des programmes de sélection afin d'obtenir des animaux aux becs plus adaptés et éviter éventuellement les pertes dues au phénomène de picage observé notamment chez les pondeuses.

Références bibliographiques

1. **Alamargot.J1982**.manuel d'anatomie et des d'autopsie aviaires pages 15-32.
2. **Bookstein, F. L. (1991)**. Morphometric tools for landmark data : geometry and biology. Cambridge University Press, Cambridge
3. **Beaumont. C .2004**. INRA, Station de Recherches Avicoles, F-37380 Nouzilly. INRA Prod. Anim., PAGE 17 (1), 35-43. Génétique et sélection avicoles : évolution des méthodes et des caractères
4. **Benjeloule N.2020** .Analyse procrustéenne généralisée de la forme du bec chez deux génotypes de poulet local, Cou nu et normalement emplumé .Mémoire de fin d'étude . diplôme de Master. Génétique et Reproduction Animale. Universite de Mostaghanem
5. **Bettahar S.2018**. Etude morpho-géométrique de la forme du bec chez deux souches de poulet de chair (Cobb500, Hubbard Classic). Diplôme Master en Agronomie., Génétique et Reproduction Animale. Université Abdel Hamid Ibn Badis Mostaganem. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.
6. **Bonnes G.1998**.Amélioration génétique des animaux d'élevage, collection INAP. 289 pages.
7. **Boyer j .1952**.Deux méthodes de sélection et leurs application a l'aviculture. Satation de recherche avicole.
8. **Chaouchi A. Bentatia A .2017**. recherche bibliographique sur le picage et le cannibalisme chez le poulet de chair .Projet de Fin d'Etude du Diplôme Vétérinaire. Institut des Sciences Vétérinaires. Blida.
9. **Chettouh A. Saad R,2019**. Etude de quelques paramètres hématologiques et morphométriques chez le poulet de chair (*Gallusgallus domesticus*) face à une perturbation du régime alimentaire en région d'Ain Zaatout –Biskra.Mémoire de Master. Sciences de la Nature et de la Vie. Microbiologie Appliquée. Université Mohamed Khider de Biskra.
10. **Chinizi D.,Bennetau C.,Soyer B.,Hachler B.,2002**.production animales hors sol trousiemme edition /ENITA de bordeaux/ Edition synthèse agricole.,108-113
11. **Coquerelle G. 2000** .La Poule Diversité Génétique Visible. P 13-18 In Ancêtres de la poule et domestication.
12. **Elfik D .2006** .A brief history of broiler selection :how chicken became a global food phenomenon in 50 years :1-7
13. **Fournier A.2005**.L'élevage des poules. Edition Artémis, p. 6.

14. **Khider C.2019.**Evaluation des performances zootechniques des poulettes futures pondeuses élevées dans le centre AVIARIB Ain Laloui (Bouira). Diplome de master. Production et Nutrition Animale. Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre département d'agronomie.
15. **Koyabizo YF., 2009 .**La poule, l'aviculture et le developpement : science et technique de base: 11-18. In Extérieur et Anatomie de La Poule. Edition : L'harmattan
16. **Megret .s.f.Rudeaux,J.-M. faure , M. picard,1996.**INRA Station de Recherches Avicoles 37380 Nouzilly.pages 113-119(prod)
17. **Mesbahiai M.2016.** Caractérisation phénotypique etprofil biochimique de quelques souches locales de poules. Diplôme de Magistère en sciences vétérinaires. Institut des sciences vétérinaires .Université des frères Mentouri Constantine.
18. **Singapol C.2003.** Genetic characterization by microsatellite polymorphism in thai native chicken compare with broiler nad layer fowls. University of technology. ISBN 974-533- 292-5. p17
19. **SIPSA.2020.**salon international de l'agriculture de l'élevage et l'ago-industrie, Agroligne .com