

ET



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
POPULAIRE



Ministère de l'enseignement supérieur et de la
recherche scientifique

Université Abdel Hamid Ibn Badis MOSTAGANEM

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département d'agronomie

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master en Agronomie

Spécialité : Génétique et Reproduction Animale

Thème

Analyse procrustéenne généralisée de la forme du bec chez deux
génotypes de poulet local, Cou nu et normalement emplumé

Présenté par : BENDJELLOUL Naima

Devant le jury :

Présidente : SOLTANI Fatiha

MAA Université de Mostaganem

Promoteur : DAHLOUM Lahouari

MCA Université de Mostaganem

Examineur : ARABI Abed

MCB Université de Oum El Bouaghi

Travail réalisé au Laboratoire de Physiologie Animale Appliquée (LPAA)

Année universitaire : 2019/2020

Remerciement

« Je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné la santé, le courage, et les moyens pour atteindre ce stade et réussir mes études. »

Mes sincères Sentiments de reconnaissances et de gratitudes iront d'abord à:

Mon Encadreur Monsieur DAHLOUM..L, pour ses efforts, ses conseils et son dévouement, d'ont j'ai bénéficié tout au long de la réalisation de ce travail.

Je dois également exprimer ma gratitude aux membres de jury pour avoir accepté de présider et d'examiner ce travail.

À tous mes enseignants du Département des sciences agronomiques, particulièrement les enseignants de la production animale.

En fin, je remercie très cordialement mes chers parents pour leur grand soutien moral et matériel qu'ils m'ont apporté tout au long de mes études, depuis mon plus jeune âge jusqu'aujourd'hui.

Mes remerciements vont également à mes collègues, toute la promotion de l'année 2019/2020 et à tous mes amis et les proches, qui m'ont toujours soutenu

Dédicace

Merci Allah de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve.

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, ma chère mère.

À mon cher père qui m'a encouragé et m'a donné de l'aide.

À mes adorables sœurs, mes tantes et ma chère cousine.

À mes copines : Siham, Amel, Chaimâa et Fatima.

À mon ami Fouzi qui m'a aidé pendant ce travail.

À tous ceux que j'aime.

Résumé

Ce travail nous a permis de démontrer que la morphométrie géométrique MG peut être pratiquée pour répondre à nos questions, c'est un outil puissant permettant d'identifier et de visualiser les changements des conformations des becs.

Les techniques modernes de la morphométrie sont basées sur la configuration des points-repères ou landmarks que nous avons employé dans un cadre 2D ; via la superposition procruste sur des images numérisées des becs du côté supérieur, ce qui nous a permis de faire la synthèse, à l'échelle de précision souhaitée de la géométrie d'un objet. La morphométrie géométrique dispose d'un fondement mathématique exact et rigoureux qui garantit des statistiques robustes.

L'objectif est donc d'étudier et quantifier la variabilité des formes du bec (conformations + tailles centroïdes) des 2 géotypes de poulet local normal et de poulet local cou nu, un total de 61 poulet local normal et 20 poulet local cou nu.

L'analyse en composante principale (ACP) nous a permis d'extraire 4 composantes principales significatives, expliquant environ 85% de la variation totale de la forme du bec, d'où le test de permutation, la distance de Mahalanobis et celle de procruste ont mis en évidence une différence très significative ($P < 0,0001$) entre les deux souches cou nu et normalement emplumé pour la forme du bec.

Donc la méthode des points de repères appliquée ici via l'analyse procrustéenne s'est avérée extrêmement efficace et précise pour identifier et visualiser les conformations du bec chez le poulet.

Enfin, Nous pouvons dire que nos résultats dévoilent le grand intérêt de la MG dans l'étude, d'une part, nous avons confirmé l'hypothèse de la variabilité entre les becs des deux souches, et d'autre part, cela nous a incités à continuer d'étudier pour trouver une solution radicale au problème à résoudre.

Mots clés : bec, morphométrie géométrique, superposition Procruste, conformation.

Abstract

This work has allowed us to demonstrate that the geometric MG morphometry can be practiced to answer our questions, it is a powerful tool allowing to identify and visualize the changes of the conformations of the beaks.

Modern techniques of morphometry are based on the configuration of landmarks or landmarks that we have employed in a 2D frame; via the procruste overlay on scanned images of the upper side nozzles, which allowed us to synthesize, at the desired precisionpy scale, the geometry of an object. geometric morphometry has an exact and rigorous mathematical foundation that guarantees robust statistics.

The objective is therefore to study and quantify the variability in beak shapes (conformations + centroid sizes) of the 2 genotypes of normal local chicken and local bare neck chicken, a total of 61 local normal chickens and 20 local bare neck chickens.

Principal component analysis (PCA) allowed us to extract 4 significant principal components explaining about 85% of the total variation in the shape of the beak, hence the permutation test, the Mahalanobis distance and that of procruste demonstrated a very significant difference ($P < 0,0001$) between the two strains naked neck and normally feathered by the shape of the beak.

Therefore the landmarks method applied here via procrustean analysis has been shown to be extremely efficient and accurate in identifying and visualizing beak conformations in chickens.

Finally, we can say that our results reveal the great interest of MG in the study, on the one hand, we have confirmed the hypothesis of the variability between the beaks of the two strains, and on the other hand, it has us encouraged to continue studying to find a radical solution to the problem at hand.

Key words: beak, geometric morphometry, Procruste superposition, conformation.

ملخص :

لقد سمح لنا هذا العمل بإثبات أن تقنية المورفومترية الهندسية بإمكانها الإجابة عن أسئلتنا؛ حيث أنها وسيلة تسمح بإجراء مقارنة في شكل المنقار.

تعتمد التقنيات الحديثة للمورفومترية على النقاط المرجعية، و التي تم استعمالها في المجال ثنائي الأبعاد (D2) .

و بالتالي كان الهدف دراسة و تقدير التباين في شكل المنقار، وذلك من خلال الدراسة الجينية لسلاطين من الدجاج؛ الدجاج عاري العنق (20 دجاجة) و الدجاج العادي (61 دجاجة)، أي بالإجمال 81 دجاجة محلية.

سمحت لنا تحاليل المركبات الأساسية (ACP) باستخلاص أربعة مكونات أساسية إذ أنها مثلت 85% من إجمالي التغيرات في شكل المنقار، و قد قادتنا الإختبارات التي تم تطبيقها خلال هذه الدراسة إلى وجود اختلاف كبير بين كلا النوعين من الدجاج المدروس ($P < 0,0001$) .

ومنه، فإن طريقة النقاط المرجعية كانت جد فعالة من حيث تحديد و تمثيل شكل منقار الدجاج.

في الأخير، يمكننا القول أن النتائج المتحصل عليها تظهر مدى أهمية تقنية المورفومترية الهندسية من حيث الدقة في تمثيل منقار الدجاج من جهة، كما أنها تشكل حافز لمواصلة العمل من أجل الحصول على الحلول المناسبة.

الكلمات المفتاحية: منقار، المورفومترية الهندسية، تشكل، تراكب.

Liste des tableaux

Tableau 01 : coordonnées x et y des 13 points repères représentant la forme moyenne du bec.....	44
Tableau 02 : résultat du test de normalité de la taille centroïde chez les 2 groupes génétiques du poulet local	46
Tableau 03 : statistiques descriptives du logarithme de la taille centroïde du bec chez le poulet cou nu et le poulet normalement emplumé.....	46
Tableau 04 : valeurs propres, pourcentage de la variance expliquée et pourcentage de la variance expliquée par les premières composantes principales.....	47
Tableau 05 : pourcentage des individus correctement classifiés.....	50

Liste des figures

Figure 01: poule pondeuse (cou nu)	6
Figure 02 : squelette de la poule	7
Figure 03 : appareil respiratoire de la poule.....	8
Figure 04 : appareil génital femelle.....	9
Figure 05 : appareil génital mâle.....	10
Figure 06 : appareil digestif de la poule	11
Figure 07 : la structure du crâne et des mandibules.....	12
Figure 08: les différents becs des volailles	13
Figure 09 : technique du débecquage.....	14
Figure 10: schéma de multiplication de lignée de poules pondeuses.....	16
Figure 11 : vue occlusale d'une molaire inférieure droite de suiné.....	22
Figure 12 : visualisation du concept de la taille centroïde.....	23
Figure 13: relation entre l'espaces des triangles de Kendall.....	25
Figure14 : les étapes de la superposition procruste.....	27
Figure 15 : visualisation des changements de confirmation.....	29
Figure 16 : analyses statistiques des données de la morphométrie géométrique.....	30
Figure 17 : souche étudiée (cou nu).....	34
Figure 18 : tête de la poule N°02 de la souche cou nu.....	34
Figure 19 : dossier des images à analyser.....	35
Figure 20 : fenêtre principale du logiciel tpsUtil.....	36
Figure 21 : étape 1 de la création d'un fichier TPS (sélection d'une opération)	36
Figure 22 : étape 2 de la création d'un fichier TPS (choix du répertoire d'entrée).....	37
Figure 23 : répertoire d'images.....	37
Figure 24 : étape 3 de la création d'un fichier TPS (nomination du fichier).....	38

Figure 25 : étape de la nomination du fichier TPS.....	38
Figure 26 :boîte de dialogue (manipulation des données).....	39
Figure 27 : le fichier TPS créé	39
Figure 28 : la fenêtre du logiciel tpsDig.....	40
Figure 29 : digitalisation de 13 points-repères.....	42
Figure 30 : forme moyenne du bec représentée par 13 landmarks	45
Figure 31 : box plot de taille centroïde du bec chez le poulet cou nu et le poulet normalement emplumé.....	46
Figure 32 : analyse en composantes principales de la configuration du bec.....	48
Figure 33 : graphique illustrant la variation.....	49
Figure 34 : différence entre le poulet cou nu et le poulet normalement emplumé pou le bec.....	50
Figure 35 : validation croisée de la fonction discriminante de la forme du bec entre le poulet cou nu et le poulet à plumage normal	50
Figure 36 : régression multivariée des coordonnées procrustes de la forme du bec sur la forme du bec sur le logarithme sa taille cetroïde.....	51

Liste des abréviations

MG	Morphométrie Géométrique
EFD	Descripteurs Elliptique de Fourier
PR	Points Repères
GPA	Superposition Procruste
ANOVA	Analyse de la Variance
AFD	Analyses Factorielles Discriminantes
PCA	Analyse en Composantes Principales
TPS	Méthode des plaques minces
PCs	Composantes Principales

Table des matières

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LA POULE COU NU

Origines de la poule cou nu	3
--	----------

1.1 Génétique.....	3
--------------------	---

<u>Caractéristiques de la poule cou nu.....</u>	<u>4</u>
---	----------

2.1. Son gabarit.....	4
-----------------------	---

2.2. Ses œufs	4
---------------------	---

2.3. Son caractère.....	4
-------------------------	---

2.4. Sa durée de vie	4
----------------------------	---

2.5. Adopter une poule cou nu.....	4
------------------------------------	---

Quelques conseils pour bien élever des poules cou nu	5
---	----------

3.1. Alimentation.....	5
------------------------	---

3.2. Litière.....	5
-------------------	---

3.3. Vermifuge.....	5
---------------------	---

Morphologie externe	5
----------------------------------	----------

<u>4.1. Standard</u>	<u>6</u>
----------------------------	----------

<u>4.2. Les organes du sens.....</u>	<u>6</u>
--------------------------------------	----------

4.3. Le bec.....	6
------------------	---

<u>Morphologie interne.....</u>	<u>7</u>
---------------------------------	----------

5.1. Le squelette	7
-------------------------	---

5.2. L'appareil respiratoire	8
------------------------------------	---

5.3. L'appareil génital	8
-------------------------------	---

5.4. L'appareil digestif	10
--------------------------------	----

5.5. Anatomie du bec.....	11
---------------------------	----

Forme du bec et l'adaptation au régime alimentaire.....	12
--	-----------

Débecquage.....	14
------------------------	-----------

8.1. Les vrais raisons du débecquage.....	15
---	----

8.2. Solution.....	15
--------------------	----

Sélection des souches de poules.....	15
9.1. Objectifs de la sélection chez les volailles.....	16
9.2. Types de sélection des volailles.....	18
9.3. Les critères de sélection.....	20

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

<u>De la morphométrie « traditionnelle » à la morphométrie géométrique.....</u>	<u>21</u>
1.1. <u>Morphométrie classique.....</u>	<u>21</u>
1.2. Morphométrie moderne (<u>morphométrie géométrique</u>).....	<u>21</u>
<u>Principaux concepts de morphométrie géométrique.....</u>	<u>22</u>
2.1. Taille, forme et conformation.....	<u>22</u>
2.2. Espaces de formes et espaces de conformations.....	24
Les différentes approches de la morphométrie géométrique.....	25
3.1. Approche par les courbes de contour.....	25
3.2. Approche par points-repères.....	26
Analyses statistiques.....	27
4.1. La visualisation graphique des différences de conformations.....	28
<u>Avantages et limites de la morphométrie géométrique.....</u>	<u>31</u>
5.1. <u>Avantages.....</u>	<u>31</u>
5.2. <u>Limites.....</u>	<u>32</u>

II. PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES

<u>Matériel biologique.....</u>	<u>34</u>
1.1. <u>Echantillonnage.....</u>	<u>34</u>
1.2. <u>Prise des photos numériques et traitement des images.....</u>	<u>34</u>
<u>Analyses morfo-métriques.....</u>	<u>35</u>
2.1. <u>Préparations des données.....</u>	<u>35</u>
2.1.1. <u>Création du fichier TPS.....</u>	<u>35</u>
2.1.2. <u>Collection des données : “ Numérisation ou digitalisation des Points repères (Landmarks)</u> <u>.....</u>	<u>40</u>
Application.....	42

3.1. Analyses Statistiques	42
3.2. Analyse de Procruste Généralisée (APG)	42
3.3. Analyse en composantes principales (ACP)	43
3.4. Le test de Hotelling	43
3.5. Analyse factorielle discriminante (AFD)	43

CHAPITRE II RESULTAT ET DISCUSSION

Superposition procruste de deux axes (GPA)	44
Variation de la taille du bec	45
Variation de la forme du bec	47
3.1 Analyse en composantes principales.....	47
3.2. Effet de l'allométrie.....	51
CONCLUSION	52
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	53

Introduction

Le bec est plus précisément un phanère, au même titre que les plumes et les écailles, qui sont donc des productions cornées du tégument. Il se développe sur les structures osseuses prémaxillaires, maxillaires et dentaires, à partir de l'épaississement d'un épithélium kératinisé. L'épiderme du bec des oiseaux se nomme également le rhinothèque. Il n'est généralement formé que d'une seule plaque osseuse par mandibule, sauf chez les Procellariidae, dont les narines s'ouvrent au niveau de plaques osseuses surnuméraires en forme de tube, situées sur le bec, ou chez le Macareux moine (*Fratercula arctica*), dont le bec se couvre de plaques surnuméraires vivement colorées lors de la saison de nidification (ces plaques tomberont par la suite),(zoologie tome II, 1974).

Les narines s'ouvrent toujours à la base du bec. La partie supérieure du bec est la mandibule supérieure ou maxillaire, voire simplement mandibule chez les rapaces par exemple, et la partie inférieure est la mandibule inférieure ou maxille. La partie visible du bec se nomme la ramphothèque. Le culmen est l'arête dorsale de la mandibule supérieure ; l'arête ventrale de la mandibule inférieure est appelée gonys. La cire du bec est la partie charnue, sans plume, qui recouvre la base du bec. Certaines espèces présentent sur le bec un renflement, comme chez les oies de Guinée, appelé caroncule (Manage, Belgique, 2020).

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 forme et l'emploi du bec varient suivant l'espèce et le [régime alimentaire](#) (Jacques Berlioz, 1931).

C'est cette variabilité de la forme des becs qui a inspiré [Charles Darwin](#) et sa [théorie de l'évolution](#), ou plus particulièrement de la [sélection naturelle](#), lors de son voyage aux [Îles Galápagos](#). L'observation des différentes espèces de [pinsons](#) présentes sur chaque île avait en effet mis en évidence l'adaptation des formes des becs aux différentes ressources alimentaires dont les oiseaux disposaient.

Tous les propriétaires de poules ont déjà vu certaines de leurs poulettes piquer du bec sur la tête de leurs congénères, d'autres s'arracher les plumes, quelquefois jusqu'au sang, et d'autres encore se picorer le derrière ; il s'agit d'un comportement naturel qu'on appelle picage.

Toutefois, ces comportements interrogent les éleveurs familiaux, et le plus souvent inquiètent.

Il existe en fait différentes sortes de picages chez les poules, souvent liés à la hiérarchie dans le groupe (Poule's club 2011).

Les causes possibles du picage chez les poules :

- ✓ Une alimentation déséquilibrée : manque de protéines et/ou calcium
- ✓ Trop de promiscuité
- ✓ Un manque d'herbe
- ✓ Une température élevée
- ✓ Parasites en excès qui attirent les autres poules

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

L'objectif de cette étude consiste à analyser la forme du bec chez deux souches différentes de poulet cou nu et normal en utilisant la morphométrie géométrique pour arriver à sélectionner des poulets avec des becs plus adaptés de façon à réduire les dommages causés par le picage des plumes.

❑ Origines de la poule cou nu :

La poule Cou nu est une poule de race originaire de la région du Forez. En effet, c'est après la Seconde Guerre Mondiale (1939-1945) que la race y fut créée grâce au croisement d'une poule locale et d'une poule Gâtinaise.

La race Cou nu homologuée est de couleur blanche. Elle est très facilement reconnaissable à cause de son cou complètement dégarni, laissant apparaître une peau rougeâtre de la même couleur que sa crête.

Il existe des poules cou nu de différents couleurs, mais la principale est de couleur blanche. Elle est moyennement répandue en France.

Les Cous nus d'autres couleurs quant à elles, ne sont pas des poules du Forez, et proviennent généralement de Roumanie. Si la Cou nu est indéniablement reconnue pour ses qualités de bonne pondeuse, elle est néanmoins très recherchée aussi et surtout pour sa chair réputée délicieuse. Sa rusticité, sa croissance lente et son corps puissant et bien musclé en font une race à la chair ferme et très fine.

La poule cou nu, principalement élevée pour sa chair, a été sélectionnée pour sa rusticité et sa croissance lente. Cette particularité permet d'obtenir une chair excellente puisqu'elle a très peu de graisse.

➤ Génétique :

Le trait génétique du cou nu qui caractérise cette race est contrôlé par un allèle incomplètement dominant (Na) situé près du milieu du chromosome 3. Étant donné que cet allèle est dominant, les individus homozygotes dominants (Na / Na) ou hétérozygotes (Na / na +) afficheront la caractéristique du cou nu, bien que l'individu hétérozygote présente moins de réduction des plumes - les cous nus pure race doivent donc être homozygotes dominants. Les individus homozygotes récessifs (de plumage type sauvage) (na + / na +) ne présentent aucune caractéristique de réduction des plumes des Cous nus et, sauf mutation, seraient incapables de transmettre cette caractéristique à leur descendance (Poultry Genetics : 13 Nov, 2008).

Des études scientifiques ont révélé que le gène (Na) du cou nu améliore la taille des poitrines et réduit le stress thermique chez les poulets de races homozygotes pour le trait (Livestock Science. Volume 110, Issues 1-2, june 2007).

En outre, dans les climats tropicaux, si le trait du cou nu (Na) est élevé dans des souches de poulets de chair, il a été démontré qu'il faciliterait la baisse de la température

CHAPITRE I GENERALITES SUR LA POULE COU NU

corporelle, l'augmentation du gain de poids corporel, les meilleurs taux de conversion des aliments et

les caractéristiques de la carcasse par rapport aux poulets de chair normalement plumés (journal of animal sciences : ISSN 1011-2367.2002).

❑ **Caractéristiques de la poule Cou nu :**

La poule cou nu est facile à élever et peu fragile :

- ✓ Elle est très résistante aux maladies.
- ✓ Elle résiste aux chaleurs dépassant 25 °C.
- ✓ Elle passe souvent son temps à la recherche de nourriture.
- ✓ Elle a bon caractère, ce qui la rend sociable.
- ✓ Elle s'apprivoise très bien.

1) Son gabarit :

La poule Cou nu est une poule rustique de race moyenne étant donné que les différents individus peuvent peser entre 2.3 et 2.8 kg pour les plus gros spécimens.

2) Ses œufs :

La Cou nu est une poule précoce ; de ce fait intéressante pour obtenir une ponte régulière assez rapidement. Bonne couveuse, elle pourra vous donner jusqu'à 180 œufs par an. Des œufs de bon gabarit pesant jusqu'à 70 g.

Les œufs de la Cou nu sont généralement de couleur blanche, et peuvent parfois tirer sur le jaune.

Autre point intéressant, sa résistance aux fortes chaleurs lui permet de conserver une ponte régulière, même en été avec des œufs délicieux à la coquille toujours bien solide.

3) Son caractère :

C'est une poule très agréable, tant par son caractère que par ses habitudes. En effet, il s'agit d'une cocotte dont la principale activité est la recherche de nourriture ! Une gourmande donc, qui se révélera facile à élever et pas fragile pour un sou.

Elle est en même temps très sociable et se démarque par un bon tempérament. Pas farouche, vous n'aurez pas de mal à l'apprivoiser.

4) Sa durée de vie :

Une poule Cou nu bien nourrie et en bonne santé pourra vivre comme la plupart des poules jusqu'à 10 ans en moyenne.

5) Adopter une poule Cou nu :

Les Cou nus peuvent être achetées en jardinerie, mais également directement auprès d'un éleveur ou d'un agriculteur spécialisé. Comme je le précisais plus haut, privilégiez les Cou nu de couleur blanche qui sont les vraies Cou nu du Forez, auquel cas vous vous contenterez d'une race souvent roumaine.

□ Quelques conseils pour bien élever des poules Cou nu :

1) Alimentation :

La Cou nu est une poule résistante qui ne demande pas d'attention particulière sur la question de l'alimentation. Ainsi, le régime de base adapté aux poules lui conviendra en général très bien. Apport céréalier de qualité, protéines et oléagineux, en plus d'un bon parcours herbeux feront son bonheur.

2) Litière :

La litière d'une Cou nu, comme celle de toute autre poule doit être changée régulièrement et toujours bien propre.

Sa résistance aux maladies ne vous dispense absolument pas de nettoyer le poulailler régulièrement et d'installer une litière toute neuve au minimum 1 à 2 fois par semaine (tous les jours de préférence).

3) Vermifuge :

La vermifugation des poules Cou nu est très importante pour préserver leur bon état intestinal d'infestation parasitaire interne.

❑ Anatomie générale de la poule :

➤ Morphologie externe :



Figure 1 : poule pondeuse (cou nu)

1) Standard :

- ✓ Crête : simple ou perlée.
- ✓ Oreillons : rouges.
- ✓ Couleur des yeux : rouge orangé; chez les coloris noir et bleu liseré, la couleur va jusqu'au rouge foncé.
- ✓ Couleur de la peau : blanche.
- ✓ Couleur des tarse : selon variétés.
- ✓ Couleurs de plumage pour la grande race : noir, blanc, coucou, rouge, fauve, bleu liseré, doré saumoné brun, noir tacheté blanc. Toutes les variétés sont reconnues avec crête perlée.
- ✓ Couleur de plumage pour la naine : noir, blanc, bleu liseré, rouge, fauve, coucou, saumon doré brun, argenté crayonné noir, porcelaine rouge. toutes les variétés sont reconnues avec crête perlée.

2) Les organes du sens :

L'œil est l'organe sensoriel dominant: la poule voit jusqu'à 50 m. Son acuité visuelle est tellement remarquable qu'elle peut voir un ver à 2cm de son bel et, en même temps, un avion en altitude.

CHAPITRE I GENERALITES SUR LA POULE COU NU

La volaille, comme les oiseaux, ne possède pas d'oreille externe. Un peu en arrière des yeux se trouve un conduit auditif protégé par de petites plumes. La poule peut entendre des cris jusqu'à 50 m de distance. Son ouïe est aussi très développée.

Son sens gustatif lui permet de se soigner de manière instinctive et de ne pas consommer des aliments contaminés par certaines toxines.

Son sens olfactif est peu développé.

3) **Le bec :**

Il remplace les lèvres. Son squelette osseux est recouvert par un étui corné, la ramphothèque, qui pousse de façon continue. La taille et la forme du bec sont en relation étroite avec le régime de la poule et ses habitudes alimentaires.

Etant donné que les oiseaux n'ont pas de dents, le rôle des organes buccaux est limité à la préhension et à un broyage incomplet des aliments.

➤ **Morphologie interne :**

1) **Le squelette :**

Le squelette comporte 2 types d'os:

- ✓ longs, plats et spongieux
- ✓ creux et remplis d'air

L'os du sternum, très développé, présente une bosse appelée bréchet.

Le bassin et la colonne vertébrale sont soudés pour plus de rigidité.

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.

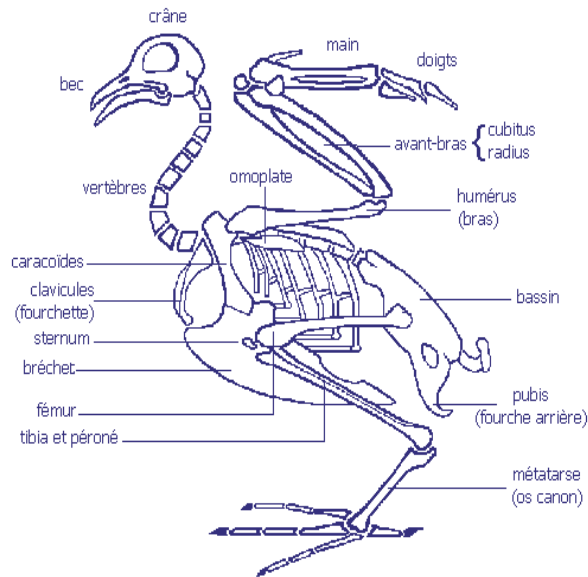


Figure 2 : squelette de la

2) 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. Des bronches, 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

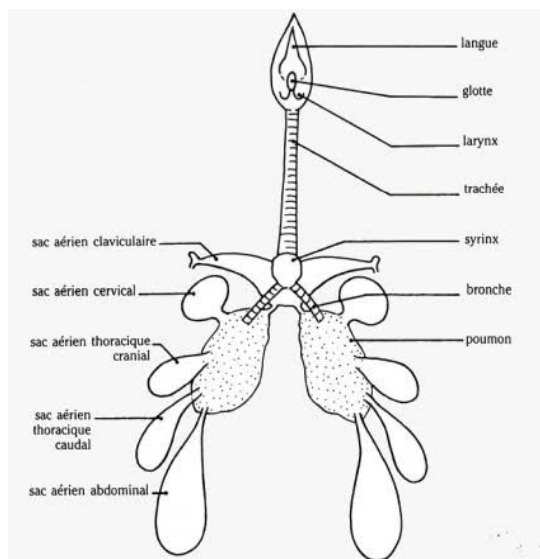


Figure 3 : appareil respiratoire de la poule

3) L'appareil uro-génital :

Les oiseaux ne produisent pas d'urine liquide. Les déchets provenant des reins forment une matière blanche épaisse qui est mélangée à la fiente avant d'être excrétée par le cloaque.

3.1) La poule :

Les organes génitaux de la poule ne sont développés que du côté gauche. Ils se composent de:

- ✓ l'ovaire: constitué d'un grand nombre d'ovules.
- ✓ l'oviducte (d'environ 60 cm de long) constitué de:
 - ✓ l'infundibulum ou pavillon où a lieu la fécondation et où s'achève la membrane vitelline. Durée: 15 à 20 minutes
 - ✓ le magnum où sont secrétées les protéines du blanc. Durée: 3h
 - ✓ l'isthme où sont secrétées les membranes coquillières. Durée: 1h15
 - ✓ l'utérus ou glande coquillière où le blanc s'hydrate et la coquille est secrétée. Durée: 21h
 - ✓ le vagin qui joue un rôle primordial dans la progression et la conservation des spermatozoïdes. Le vagin débouche dans la partie gauche du cloaque. Durée: quelques minutes et le cloaque.

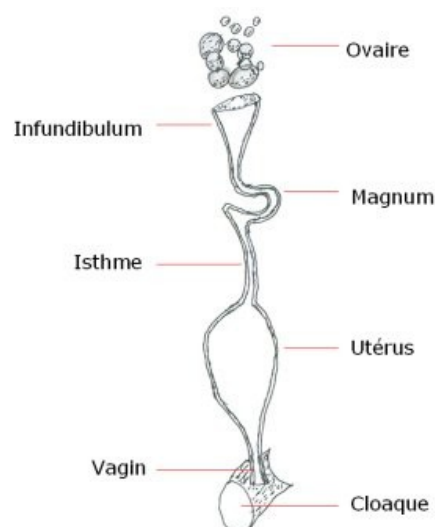


Figure 4 : appareil génital femelle

3.2) Le coq :

CHAPITRE I GENERALITES SUR LA POULE COU NU

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

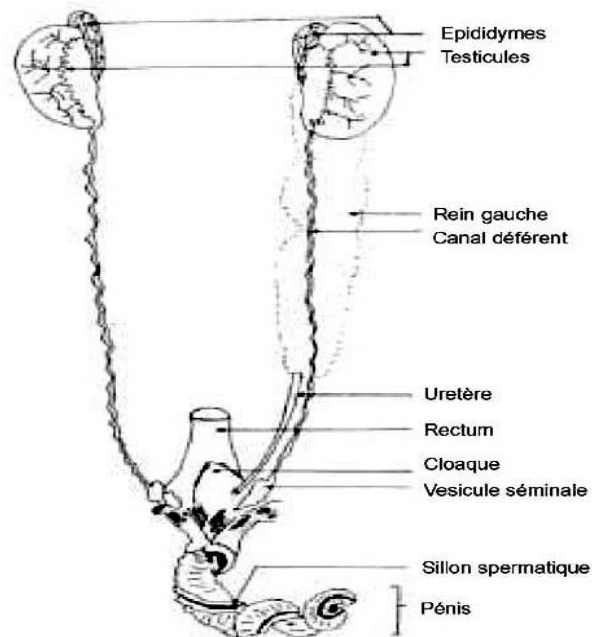


Figure 5 : appareil génital mâle

4) L'appareil digestif :

On commencera par noter des absences: les lèvres, les dents, le voile du palais, le pharynx.

Après la bouche se trouve l'œsophage avec une partie dilatée appelée jabot où les aliments trempent dans du mucus. En palpant le jabot, on peut savoir si un animal a mangé ou non.

Plus loin, les sucs gastriques sont sécrétés dans le pro-ventricule, aussi appelé ventricule succenturié.

Puis le bol alimentaire arrive dans le gésier. Il s'agit d'un organe musculaire arrondi ayant une paroi épaisse. En absence de dents, le gésier contient souvent de petits

CHAPITRE I GENERALITES SUR LA POULE COU NU

cailloux qui aident au broyage des aliments. Ces cailloux restent dans le gésier et ne sont donc pas évacués avec la bouillie alimentaire.

Dans l'intestin grêle, les aliments sont encore davantage décomposés, grâce aux sécrétions du foie et du pancréas. Les substances nutritives sont absorbées et passent dans le sang.

Là où l'intestin grêle et le gros intestin se rejoignent, on retrouve 2 culs-de-sac, les caecums. Là certains aliments, comme la cellulose, fermentent.

La cellulose est décomposée dans le gros intestin.

Déjections de l'intestin et urines sont ensuite évacuées via le cloaque.

Comme pour tous les oiseaux, il est important que l'alimentation et la digestion n'alourdissent pas exagérément l'animal; ce qui pourrait entraver le vol. La longueur de l'intestin par rapport à la longueur du corps est donc faible (1:8) en comparaison avec un bœuf par exemple (1:30) ou un porc (1:25).

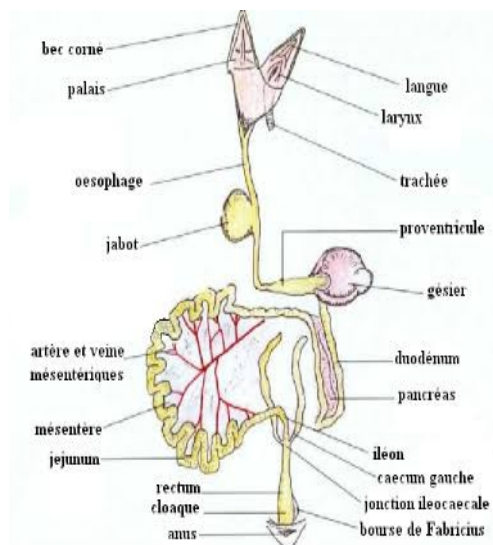


Figure 6 : appareil digestif de la poule

5) Anatomie du bec :

Le bec est composé de deux parties : dorsalement la maxille ou mandibule supérieure ; ventralement la mandibule ou mandibule inférieure (ALAMARGOT. J 1982).

5.1) La maxille :

CHAPITRE I GENERALITES SUR LA POULE COU NU

Le squelette de la maxille est constitué principalement de l'os prémaxillaire. Il est recouvert d'une production cornée : la rhinothèque. La maxille est perforée de deux narines qui sont protégées par un opercule chez la Poule et le Pigeon.

La maxille est légèrement mobile par rapport au crâne chez tous les oiseaux (ALAMARGOT. J 1982).

5. 2) La mandibule :

Le squelette de la mandibule est constitué de l'os dentaire.

Il est recouvert de la gnathothèque, généralement moins développée que la rhinothèque.

La mandibule est articulée avec le crâne par l'intermédiaire de l'os carré (ALAMARGOT. J 1982).

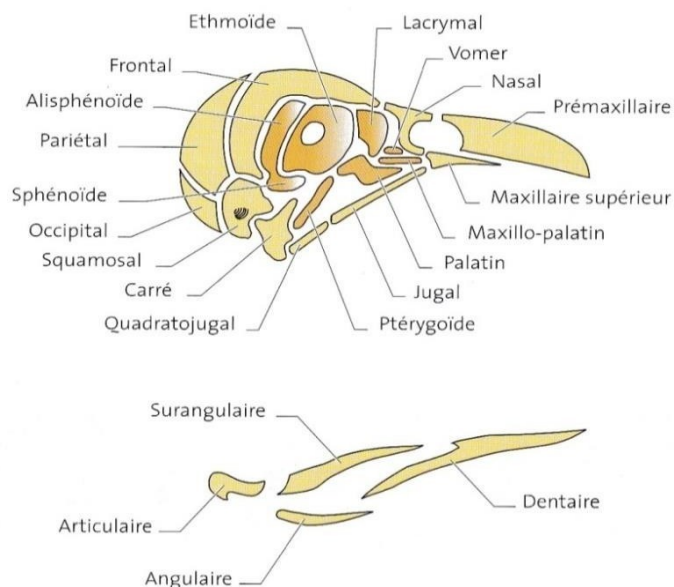


Figure 7 : la structure du crâne et des mandibules

CHAPITRE I GENERALITES SUR LA POULE COU NU

❑ **Forme du bec et l'adaptation au régime alimentaire :**

Le bec est utilisé avant tout pour la préhension des aliments, il offre une grande diversité de formes dans la classe des oiseaux qui est souvent le reflet d'une adaptation à un régime alimentaire particulier. La forme du bec est un des éléments importants utilisés pour la classification scientifique ou taxonomie des oiseaux.

La partie visible du bec est une production cornée ou rhamphothèque. Au même titre que les griffes, sa croissance est continue. Elle doit être compensée par une usure régulière par frottement des deux mâchoires entre elles, sur les aliments ou sur des objets non comestibles.

il permet aussi la toilette de l'animal, la nutrition des jeunes, la chasse d'une proie, la manipulation d'objets, et peut aussi être un élément important pour la parade nuptiale.

La forme et l'emploi du bec varient suivant l'espèce et le régime alimentaire :

- 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. Chez les Falconidae, il est orné d'une dent qui s'emboîte dans une échancrure correspondante de la mandibule inférieure (c'est même un trait distinctif de cette famille).
- 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.

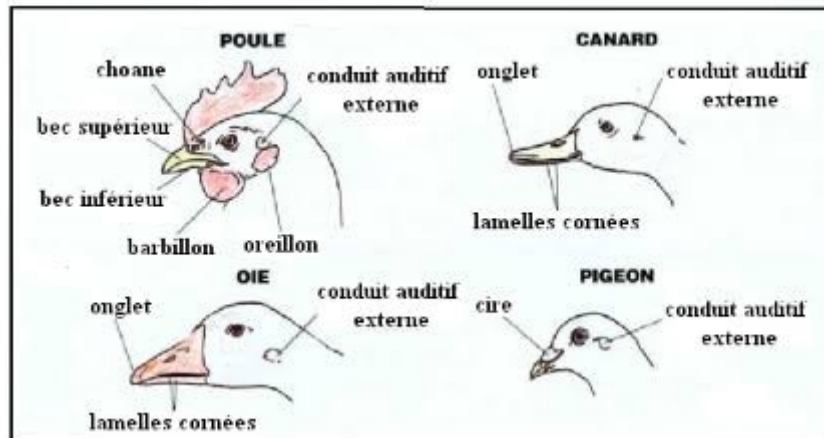


Figure 8 : les différents becs des volailles (VILLATE. D 2001).

❑ **Débecquage :**

Dès le premier jour de leur vie, les poussins femelles destinées à la production industrielle d'œufs, à la production de viande, et même les poussins destinés à devenir des poules d'ornement et achetés en animalerie subissent cette mutilation cruelle qui consiste à couper le bec au moyen d'une lame à haute température. Bien sûr chaque poussin est unique au niveau de sa taille, et la lame utilisée n'est pas toujours à bonne température : trop chaude qui brûle, trop froide qui ne cautérise pas, trop haute ou trop basse, et le poussin a son bec coupé de travers.

Comme dans tout ce qui est industriel, l'opération doit aller vite, très vite: sans anesthésie, ce qui cause une douleur insupportable au poussin, et sans aucun égard pour lui. Il est fréquent que des becs soient arrachés, ou déformés à jamais. En effet, le débéquage coupe la corne, l'os et les tissus sensibles, et le bec ne repousse jamais. Les tissus sensibles, eux, repoussent, et finissent par former une excroissance très douloureuse pour les animaux. Certains ne savent plus manger, ou difficilement, et ce toute leur (courte) vie. Ils perdent du poids et certains n'y survivent pas.

Certaines, dont le bec n'aura pas été déformé ou arraché, seront confrontées à un autre problème : le bec ne se referme jamais complètement, et devient la porte ouverte aux poussières irritantes et aux bactéries qui les fragilisent à l'extrême.



Figure 9 : technique du débecquage.

1) Les vraies raisons du débecquage :

En réalité, si les poules pratiquent le picage, c'est uniquement en raison de leurs conditions de vie : entassées 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.

2) Solution :

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 des conditions juste acceptables pour éviter la mort.

❑ Sélection des souches de poules :

La sélection est un programme d'élevage sélectif où l'on garde que les individus ou les familles qui satisfont à des critères phénotypiques déterminés ou préalable pour ce qui est des phénotypes quantitatifs ou encore les individus qui présentent le phénotype qualitatif souhaité.

La génétique des poules consiste à sélectionner les poules selon les critères de performance qui répondent à la demande de marchés très variés.

CHAPITRE I GENERALITES SUR LA POULE COU NU

L'objectif est d'améliorer la performance moyenne d'un lot de poules : continuellement et systématiquement. Les critères sélectionnés se réfèrent aux qualités des parentaux observés, à savoir le comportement en groupe, la variabilité, l'indice de consommation, la ponte et sa persistance, la masse d'œufs et la qualité de la coquille.

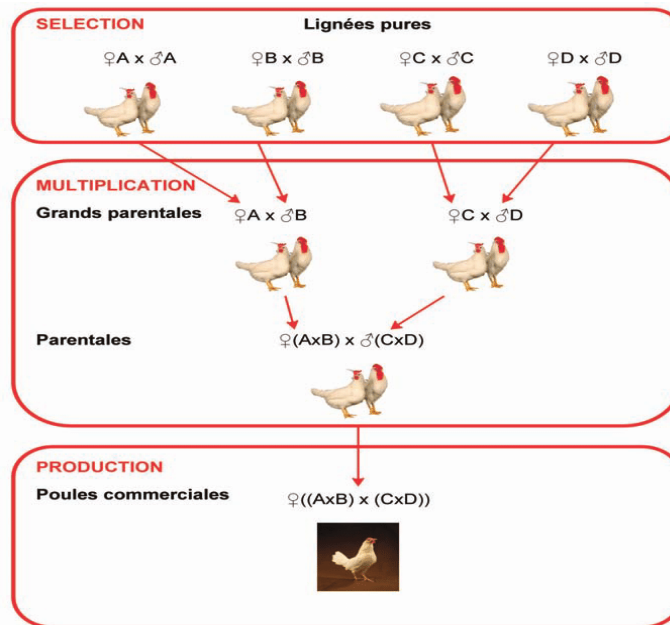


Figure 10 : Exemple d'un schéma de multiplication de lignées de poules pondeuses

1) Objectifs de la sélection chez les volailles :

✓ Poulets de chair :

Dans le programme d'élevage des poulets, la sélection concerne:

* L'utilisation efficace de l'aliment: l'alimentation occupe environ 70% des coûts de production, la capacité des poulets à convertir l'aliment consommé en muscles est un critère important de la sélection directe de ces poulets ;

* Le rendement du bréchet: à cause du prix élevé de la viande du bréchet dans les pays développés, des efforts considérables ont été dirigés envers l'amélioration de ce caractère. La meilleure approche inclut une sélection basée sur la conformation et plus récemment sur des mesures technologiques indirectes telles que l'échographie temps- réel

* L'ascite: l'élevage visant un développement rapide et un rendement élevé de la viande du bréchet entraîne une insuffisance du système cardio-pulmonaire. La sélection est basée sur l'oxymétrie et l'étude des taux plasmatiques de la Troponine-T. Les taux

d'atteintes d'ascite sont maintenant réduits même dans les altitudes ;

CHAPITRE I GENERALITES SUR LA POULE COU NU

* Les anomalies du squelette: un taux élevé des poulets ayant un développement rapide rencontre une immaturité du cartilage, cela engendre une incidence élevée des anomalies des pieds.

* La sélection basée sur la démarche, la morphologie et l'imagerie à rayon X a permis la diminution d'apparition des cas de dyschondroplasie tibiale, spondylolisthésis et la maladie de valgus et varus u genou dans de nombreux élevages de poulets, mais les anomalies du squelette restent toujours la contrainte majeure dans les programmes d'élevage (Pym, 2013c).

✓ **Poules pondeuses :**

Dans le programme d'élevage des poules commerciales, la sélection est basée sur:

* Le nombre et le calibre des œufs: l'amélioration génétique de la production des œufs (quantitative et qualitative) est contrariée par la nature du caractère (ponte) qui est fortement canalisée sous l'effet des contraintes du photopériodisme, des corrélations négatives entre le nombre et le calibre des œufs pondus, des variations dans l'augmentation du calibre des œufs avec l'âge et des besoins de prévoir le maintien de la ponte chez la reproductrice avant le début de la troisième phase de l'élevage ;

Des ordinateurs très puissants et des logiciels statistiques très sophistiqués basés sur les procédures de la meilleure prédiction linéaire sans biais (Best linear unbiased Prediction BLUP), ont été utilisés afin de prévoir la persistance des performances de ponte chez les troupeaux actuels, en permettant l'instauration d'une sélection précoce et le maintien d'un intervalle relativement court entre les générations successives ;

* La qualité des œufs: la qualité de la coquille dépend de sa solidité, couleur, forme et texture; les trois premiers critères sont héréditaires, ce qui facilite la sélection. La couleur de la coquille est déterminée exclusivement par le génotype, et la sélection est basée sur une mesure de réflectance en utilisant la spectrophotométrie. La solidité de la coquille est un facteur très sensible qui peut affecter la rentabilité. Ce critère est déterminé par la mesure de l'épaisseur de la coquille, la densité (pour les œufs frais), les déformations de la coquille et autres paramètres directs et indirects. La texture de la coquille et les défauts ainsi que les dépôts de sang affectent la qualité de l'œuf ;

* La sélection dans les poulaillers et les parcours libres: une sélection efficace du nombre des œufs et leur qualité n'était pas faisable avant, quand les poules étaient élevées dans des enclos, des poulaillers ou des parcours libres. Récemment, avec le

CHAPITRE I GENERALITES SUR LA POULE COU NU

développement de la technologie, l'utilisation des nids avec un détecteur qui enregistre

* la production d'un œuf, cette technique permet de tracer ou de trouver la poule qui a produit l'œuf pour enfin étudier ses qualités. (Pym, 2013c).

2) Types de sélection des volailles :

2.1) La sélection massale :

Telle qu'elle est la majorité des ouvrages de vulgarisation présente la sélection massale sous le jour d'une sélection phénotypique. Dans cette méthode, l'individu est jugé sur son extérieur, son standard, sa conformation, sa production (généralement réduite au contrôle du nid-trappe), enfin sur des corrélations phénotype génotype. Cette méthode est donc extrêmement simple ; malheureusement, telle qu'elle est, elle s'avère insuffisante du fait qu'elle ne tire aucun parti de notions relativement sommaires de génétique et de statistique. Ainsi, le jugement de l'animal sur son phénotype n'est en fait que le jugement de l'interaction de son génotype avec le milieu. Dans le cas simple d'un gène dominant, nous savons que le phénotype de l'individu hétérozygote cache un gène récessif. La sélection massale ne sera donc efficace que dans le cas d'un caractère récessif monofactoriel ou d'un caractère polygénique à haute héritabilité, c'est-à-dire indépendant du milieu (ASMUXDSON et LERNER, 1951), alors que, dans le cas d'un caractère dominant, ou faiblement héritable, son efficacité restera limitée.

Le plus grave est que l'aviculteur s'attache aux exigences du standard et, augmentant par là même le nombre de ses critères de sélection, diminue la pression de celle-ci quant aux caractères de production - d'autant plus inutilement que maintes exigences des standards n'ont aucun rapport avec la productivité (LERNER, 1950).

La difficulté de sélectionner plusieurs caractères et la diminution de la pression de sélection (inverse du pourcentage d'individus choisis comme reproducteurs) des caractères économiques qui suit la sélection des caractères raciaux, conduiront donc l'éleveur à ne pas tant rechercher les perfections du standard que les qualités de production - ou bien, à élever un troupeau dont les caractères phénotypiques seront récessifs.

La sélection massale trouvera sa meilleure utilisation dans l'élevage orienté vers la production de la chair et non celle des œufs. Sans doute, une méthode génotypique serait

plus efficace, mais la simplicité de la sélection massale et la connaissance de ses possibilités permettent d'en tirer un très bon parti.

la sélection massale n'étant efficace que dans un troupeau peu ou pas amélioré (ci. Loi de JENNINGS , expériences de DRYDIN).

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).

2.2) La sélection génomique :

On peut dire que toute sélection génotypique se ramène à l'étude de la ségrégation des gènes que permet l'analyse génétique et statistique. Or, qui dit étude de la ségrégation implique la nécessité de suivre une descendance bien déterminée. Les analyses sommaires de génétique formelle sont classiques, qui déterminent une partie du patrimoine héréditaire de la F0 par l'analyse de la F2. Mais l'étude de la F₁ peut être extrêmement utile. C'est cette étude qui constitue le progeny-testing de la F₀ - ou sib-test de la F₁. Dans ce cas, les géniteurs F₁ seront choisis sur la valeur moyenne de leur descendance, les géniteurs F₂ sur leur écart à cette moyenne. Les caractères peu héréditaires permettront des tests de signification d'autant meilleurs que la famille sera plus nombreuse et plus homogène. Il est évident que cela est impossible en sélection massale et que seule la sélection génotypique permettra d'accumuler des gènes favorables que l'action du milieu masque sur l'individu.

La sélection génomique consiste à sélectionner des reproducteurs sur la base de leur valeur génétique prédite à partir d'informations moléculaires , généralement des marqueurs génétiques répartis sur le génome (Brochard et Boichard, 2012), qui permettent

d'améliorer l'efficacité de la sélection en fournissant une évaluation précise de la variation génétique naturelle entre les sujets et l'associer avec les caractères à intérêt économique (Wole et al, 2015).

Donc le principal objectif de la sélection génomique des volailles est d'établir une sélection précise des importants caractères commerciaux qui peuvent être directement enregistrés pour un seul sexe (production des œufs, poids des œufs, coquille...) (Wole et al, 2015)

3) Les critères de sélection :

Pour vous aider dans le vaste choix qui vous est proposé, voici une série de critères qui vont vous permettre d'éliminer bon nombre de prétendants en fonction du type d'élevage que vous souhaitez développer :

- ✓ La taille et le poids.
- ✓ L'interaction avec le milieu.
- ✓ La ponte.
- ✓ La chair.
- ✓ La reproduction naturelle.
- ✓ La croissance rapide.
- ✓ La résistance aux maladies.
- ✓ L'efficacité alimentaire.

CHAPITRE II GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

□ De la morphométrie « traditionnelle » à la morphométrie géométrique :

1) Morphométrie classique :

La morphométrie classique appelée également morphométrie traditionnelle ou multivariée, est l'étude de la variation morphologique des objets ou structures par l'analyse statistiques des mesures linéaires : distances, angles, ratios, volume, etc. (Marcus, 1990 ; Rohlf et Marcus, 1993). Ce fût Marcus (1993) qui lui donna le nom de « morphométrie classique » et cela après l'avènement de la morphométrie géométrique (Cardini, 2013).

Même si cette méthode offre toujours un large éventail de techniques pour traiter une variété de questions scientifiques en biologie et dans d'autres domaines (Cardini, 2013). Elle présente néanmoins, quelques lacunes qui limitent l'interprétation biologique de la conformation (Rohlf et Marcus, 1993 ; Adams et al., 2013 ; Cardini, 2013).

Selon Rohlf et Marcus (1993) il est impossible de couvrir la conformation de la forme originelle à partir des matrices de données de mesures de distances habituelles, même comme une représentation abstraite. En effet, la forme globale de l'objet n'est ni vraiment archivée ni utilisée dans l'analyse. Ils expliquent qu'un chercheur peut savoir par exemple si plusieurs mesures partagent un même point repère mais cette information n'est pas utilisée dans l'analyse multivariée. En conséquence, les analyses ne peuvent pas être aussi puissantes qu'elles pourraient l'être si cette information était prise en considération.

C'est pour répondre à toutes ces lacunes que s'est développée la morphométrie géométrique.

2) Morphométrie moderne ou morphométrie géométrique :

La morphométrie moderne vise à modéliser la forme des objets naturels et à mesurer leurs différences en utilisant les coordonnées géométriques au lieu des mesures linéaires (Zelditch et al., 2012 ; Poly et al.,2012). Considérée comme assez récente, elle a pris un essor considérable durant les 30 dernières années grâce au développement des outils de traitement statistiques et de calculs informatiques (Loy et al.,2000 ; Zelditch et al.,2012 ; Mitteroecker et al.,2013).

CHAPITRE II GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

➤ Principaux concepts de la morphométrie géométrique :

1) Taille, forme et conformation :

La morphométrie, par définition, est une étude de la forme. Ce terme de « forme » comprend à la fois la taille et la conformation (proportions des différentes parties) d'un objet étudié. Les notions de taille, conformation et forme interviennent dans toutes les études morphométriques et leurs relations ont été formalisées par l'équation suivante : « Form = size + shape » qui peut se traduire en français par « Forme = taille + conformation » (Boitard et Lefebvre, in litt).

En morphométrie traditionnelle, il n'y a pas de définition standard de la taille. Elle peut être décrite par différents paramètres (une longueur, un périmètre, la racine carré d'une aire, ou celle cubique d'un volume etc...) qui sont souvent propres à un groupe taxonomique et spécifique à une analyse donnée. La morphométrie traditionnelle ne permet qu'une représentation partielle de la forme en sous-estimant leur représentation géométrique. Au contraire, l'utilisation de points repères homologues a été privilégiée par les morphométriciens afin de maximiser l'information biologique. Mais bien souvent les structures biologiques ne portent pas ou trop peu de points repères. Il faut alors se contenter de pseudos points repères (semilandmarks) qui sont par exemple des points construits sur une courbe ou une surface.

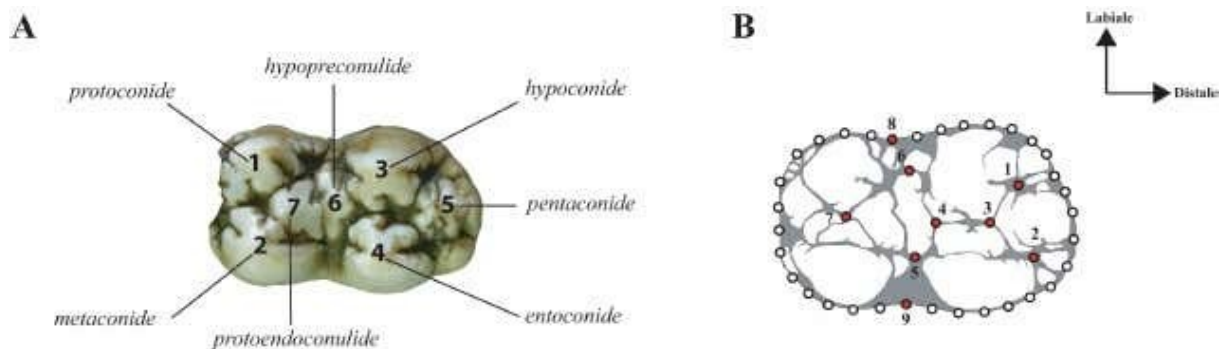


Figure 11 : A. vue occlusale d'une molaire inférieure droite de suiné (*Sus scrofa*) avec la nomenclature de ses différentes cuspides. Positions des points-repères homologues (cercle noir et fond gris) et pseudos points repères (fonds blancs). Les points

CHAPITRE II GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

homologues sont situés entre les différentes cuspides et aux maximums de courbure des faces labiales du contour de la couronne. Les pseudos points repères sont mesurés le long du contour externe de la couronne. Modifiés d'après [9].

Ainsi, la morphométrie géométrique, en accord avec le cadre des ratios de Mosimann précité, caractérise la forme d'un objet par l'ensemble des coordonnées des points mesurés et sa taille est définie de manière unique par la taille centroïde (Figure 12) sur l'ensemble des points. La taille centroïde d'un objet correspond à la racine carrée de la somme des carrés des distances entre son centre de gravité et chacun des ses points. Pour calculer cette taille géométrique il faut tout d'abord calculer le centre de gravité (centroïde) d'une forme (ici un triangle) définie par ses points homologues (landmarks) et calculer la distance entre chacun de ces points et le centroïde. La 200 Morphométrie géométrique et archéozoologie : Concepts, méthodes et applications valeur de la taille géométrique ou « taille centroïde » est ensuite obtenue par la racine carrée de la somme des carrés de chaque distance (Figure13).

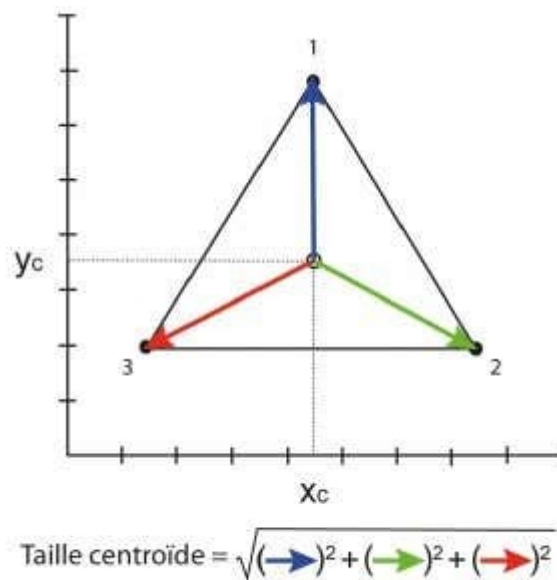


Figure 12 : Visualisation du concept de la taille centroïde calculée à partir des trois points repères d'un triangle équilatéral. Les distances entre le centre de gravité du triangle (X_c, Y_c) et les points

CHAPITRE II GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

repères 1 à 3 figurées par des flèches de couleurs sont les distances utilisées pour calculer la taille centroïde selon la formule décrite sous le triangle.

Les conformations correspondront aux coordonnées superposées divisées par cette taille individuelle et qui renferment la totalité des informations géométriques après que les effets de localisation, d'échelle et d'orientations aient été exfiltrés ».

2) Espaces des formes et espaces des conformations :

En même temps que les avancées méthodologiques pour quantifier et visualiser les formes, des statisticiens-mathématiciens ont développé une rigoureuse théorie statistique des conformations [21]. Pour résumer et simplifier, les formes mesurées à partir d'ensembles de points-repères sont situées dans un espace euclidien simple : l'espace 2D ou 3D habituel des mesures entre points. Les conformations calculées à l'issue des opérations de normalisation sont par contre situées dans une space courbe. Cette complexité de l'espace des conformations était déjà présente avec les ratios de distances, ce qui justifiait la transformation logarithmique des distances afin de corriger la courbure de l'espace des ratios .Dans le contexte de la morphométrie géométrique, les travaux de Kendall ont montré par exemple que les conformations géométriques les plus simples (triangles) sont situés dans un espace sphérique (si on tient compte des symétries possibles) ou hémisphériques (hors symétrie). Dans de tels espaces non linéaires, les analyses statistiques classiques et multivariées ne sont plus possibles. C'est ce qui justifie l'opération supplémentaire après la superposition qui consiste à projeter l'ensemble des conformations dans un espace tangent « tangentspace » (Figure 13).

Le terme « tangent » traduit simplement que les deux espaces sont tangents au point correspondant à la conformation moyenne (consensus). La comparaison avec les projections cartographiques est ici totalement justifiée et permet de comprendre facilement le but de cette projection. Les cartes géographiques sont des représentations planes partielles ou totales du globe terrestre obtenues par différents projections cartographiques. On pourra à juste titre objecter que ces cartes sont d'autant plus déformées que la surface couverte est importante. Il n'en va pas de même en

CHAPITRE II GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

morphométrie car l'espace des conformations biologiques étudié n'occupe qu'une faible proportion de l'espace des conformations : d'expérience, les distances entre objets dans l'espace tangent diffèrent très peu de celle calculées dans l'espace des conformations et les corrélations observées sont toujours très élevées et très proches de 1. Les analyses statistiques s'effectueront donc avec les coordonnées des objets dans l'espace tangent qu'il s'agisse de tests uni-, bi- ou multivariés ou d'analyses factorielles (Figure 13). La taille centroïde utilisée en morphométrie géométrique est celle calculée sur les coordonnées brutes. Elle devra être transformée en logarithme pour être compatible avec les projections dans l'espace des analyses statistiques effectuées .

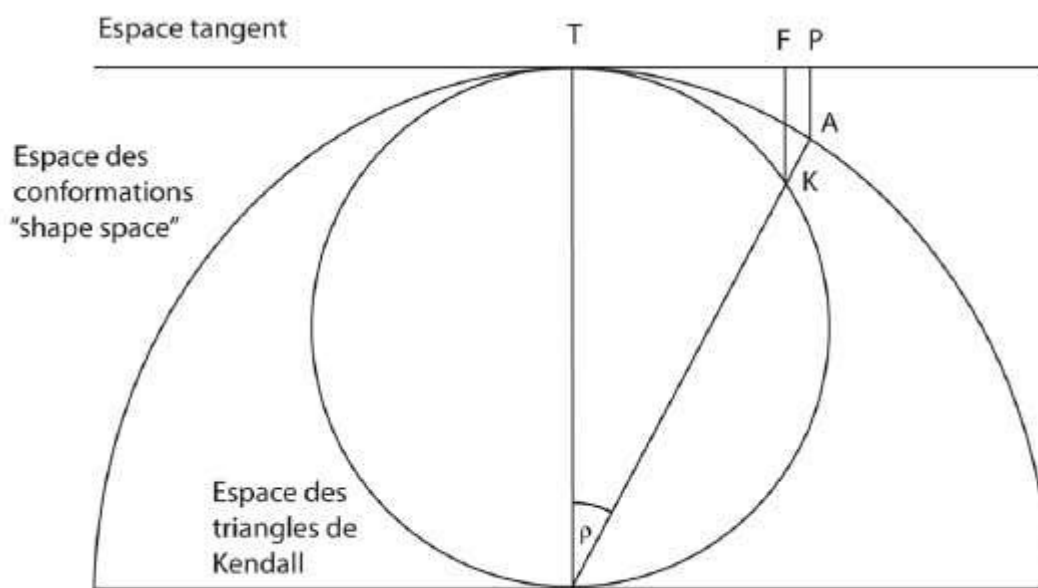


Figure 13 : Relation entre l'espace des triangles de Kendall, l'espace des conformations normalisés après la superposition Procrustes (« shape space ») et l'espace tangent à l'espace de conformations d'après [15, 31, 32]. Le diagramme montre une coupe passant par la conformation Procrustes moyenne (consensus), qui est également le point tangent T. Le point F et P sont des projections orthogonales de A sur l'espace tangent à partir d'une seule conformation.

➤ 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).

CHAPITRE II GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

1) Approche par les courbes de contour (Outlines) :

L'analyse des courbes de contour est considérée comme la première technique utilisée en morphométrie géométrique (Adams et al., 2004). Elle 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 (Cucchi et al., 2015).

Il existe plusieurs techniques pour l'analyse de ces courbes, nous allons en citer 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 analysée dans le domaine de fréquence plutôt que dans le domaine spatial (Cope et al., 2012). Elle consiste à porter des points le long du contour d'un objet ou structure qui seront ajustés avec une fonction mathématique (Adams et al., 2004). Ces transformations permettent de décrire une fonction périodique en la décomposant en une série infinie de fonctions trigonométriques de longueurs d'ondes décroissantes (les harmoniques) définies par des termes « sinus » et « cosinus », eux-mêmes pondérés par des coefficients (a_n et b_n) appelés coefficients de Fourier (Cucchi et al., 2015).
- ✓ **Points glissants (Sliding semilandmarks):** Conçue et développée par Bookstein (1997), cette technique est utilisée lorsqu'une région anatomique est dépourvue de points repères reconnaissables et précis ou que leur identification est difficile. Elle 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. Ces derniers sont ensuite analysés par les superpositions de Procruste (Zelditch et al., 2012, Cucchi et al., 2015).

2) Approche par points repères (Landmarks) :

La méthode des points homologues repose sur le principe de la superposition de Procruste qui permet de placer tous les individus dans un même espace morphologique.

CHAPITRE II GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

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

a. 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). Cette première étape supprime les effets de position.

b. La normalisation de toutes les configurations de l'échantillon afin qu'ils partagent la même taille centroïde. De façon conventionnelle, toutes les configurations de points sont standardisées avec une taille centroïde de 1. Cette 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).

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.

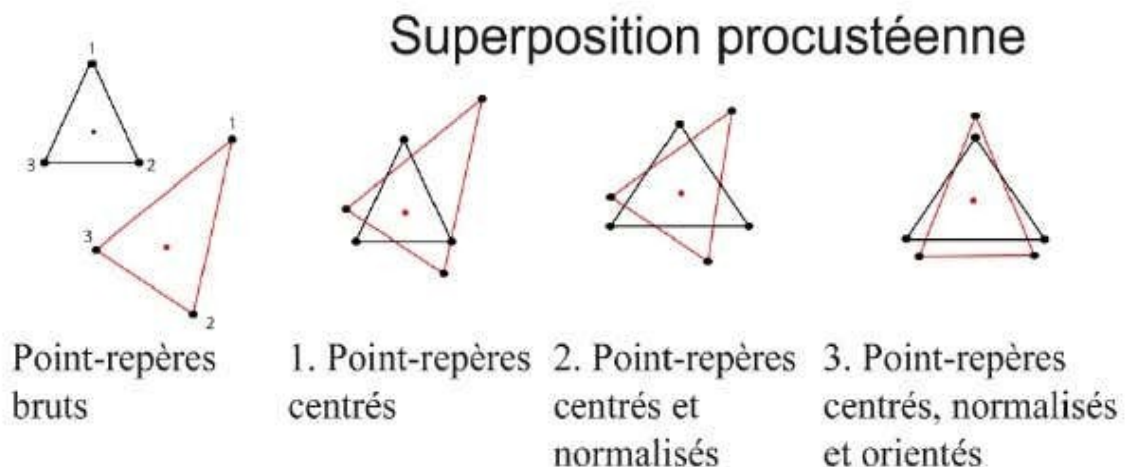


Figure 14 : les trois étapes de la superposition Procrustes : centrage sur une origine commune (centroïde), normalisation par la taille centroïde et rotation pour minimiser la somme des carrés des écarts entre les points repères homologues.

CHAPITRE II GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

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 .

➤ Analyse statistique

Après les superpositions de Procruste, un large éventail d'analyses peut être utilisé pour analyser la variation de conformation ou de le relier à d'autres informations (Klingenberg, 2002, 2011).

➤ 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) qui ont permis de quantifier et de supprimer la subjectivité des grilles de déformation (Figure 15) de d'Arcy Thompson.

Dans le premier cas, l'interprétation se traduit par l'observation des différences entre deux configurations de points. Dans le deuxième cas, les différences entre une conformation de départ, l'objet moyen (consensus), et un l'objet d'intérêt (cible), sont visualisés par la déformation d'une grille à mailles carrées retraçant les différences en tous points de cette grille. La continuité de ce type de représentation vient de la fonction des plaques minces qui est une fonction d'interpolation. Ce type de représentation évite d'interpréter les différences de manière strictement locale au profit d'une interprétation globale et suggère en même temps différentes échelles de variation clinales ou non, qui a appliqué les plaques minces à la morphométrie géométrique défend fortement ce deuxième mode de visualisation qui est le seul à prendre en compte le lien entre tous les points résultant de la superposition Procruste. Les deux combinés permettent cependant deux échelles complémentaires de visualisation.

CHAPITRE II GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

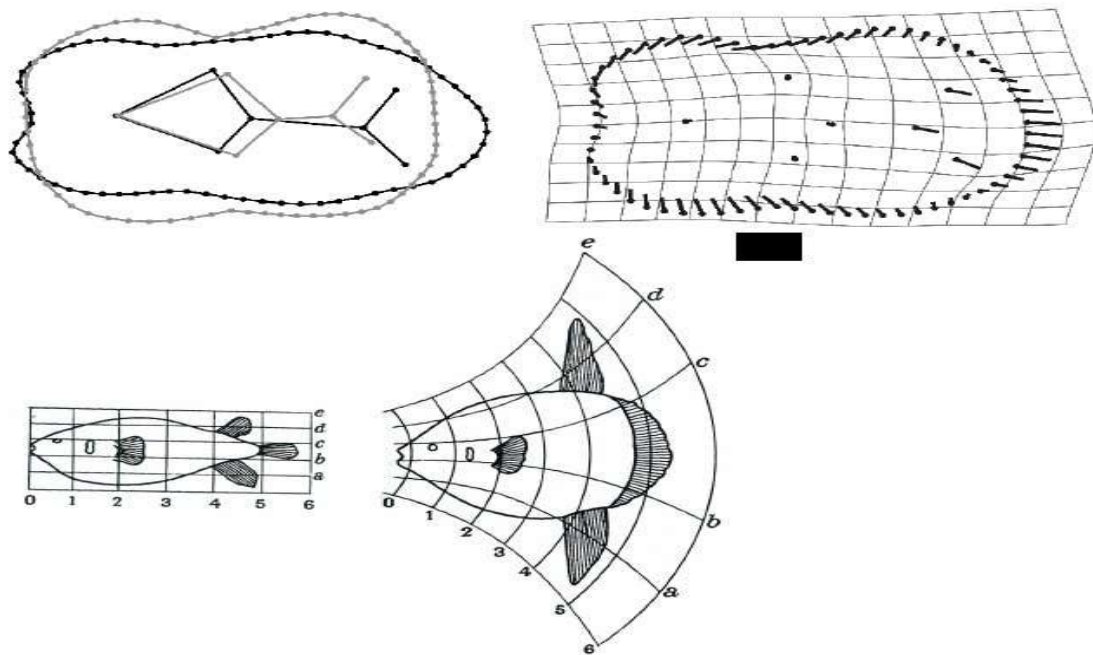


Figure 15 : en haut : Visualisation des changements de conformation de la deuxième molaire inférieure chez les populations actuelles de (*Sus Scrofa*) sauvages et domestiques le long de l'axe 1 de l'ACP. A gauche, le contraste entre deux conformations hypothétiques situées aux extrêmes négatives (gris) et positives (noir) de l'axe 1 selon un facteur de 0.1. A droite, la différence entre le consensus (les points) et la conformation hypothétique située sur l'extrémité positive de l'axe 1 est figurée par des vecteurs (lignes noires). La grille de déformation (plaque mince) représentée en gris clair est le résultat de la transformation vers la conformation hypothétique à partir d'une grille rectangulaire à mailles carrées plaquée sur le consensus.

CHAPITRE II GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

En bas : Grille de déformation de D'Arcy Thompson's (1917) montrant les changements de conformation entre le Diodon et le poisson lune Mola.

CHAPITRE II GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

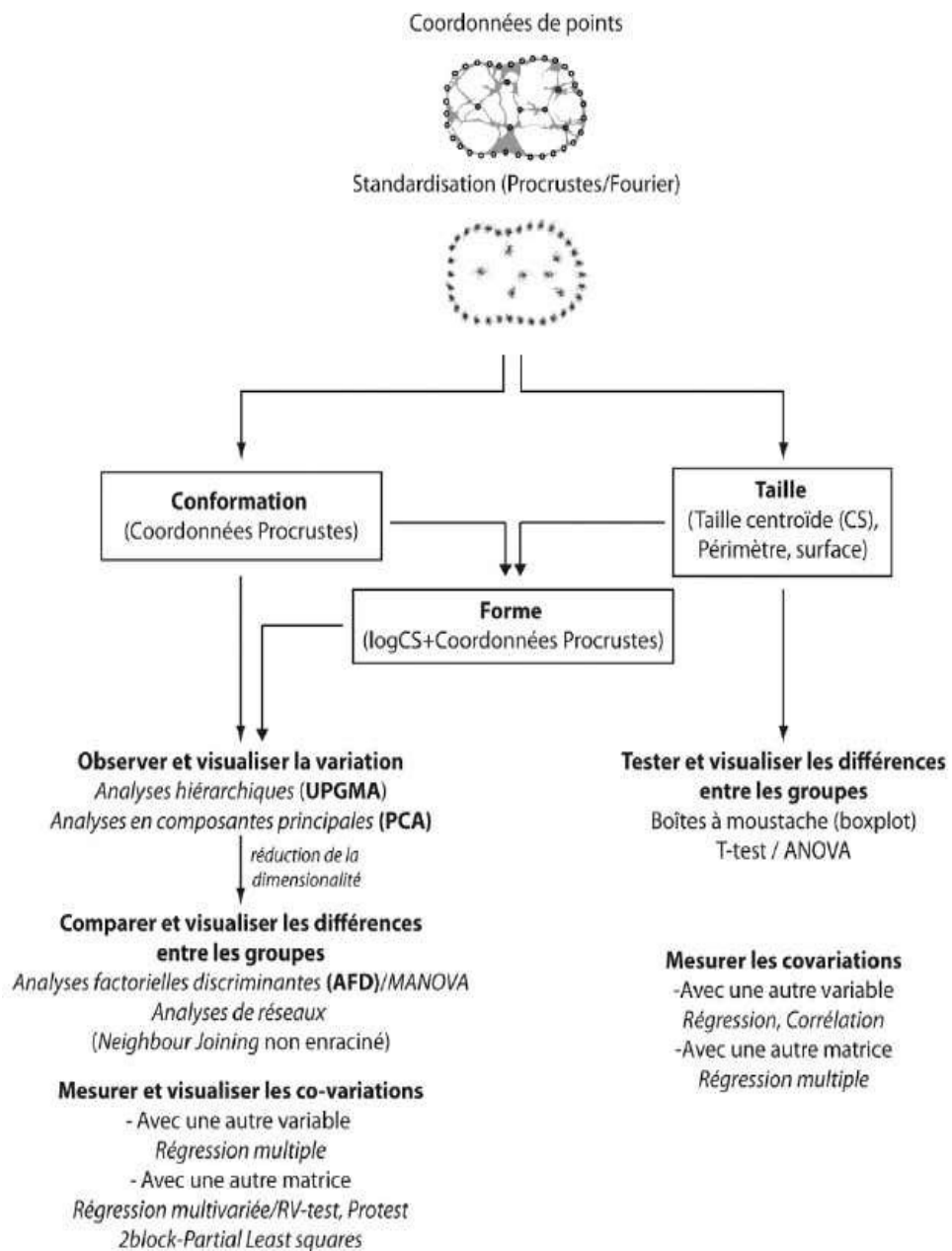


Figure 16 : Analyses statistiques des données de la morphométrie géométrique

CHAPITRE II GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

□ 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.

1) 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.

CHAPITRE II GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

CHAPITRE II GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

✓ 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

2) Limites :

- ✓ Dans certains cas, la mise en place de la MG (collecte, analyse et traitement des points-repères) s'avère trop complexe au vu 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

CHAPITRE II GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE

des variations de forme, il ne s'agit pas d'une technique idéale et celle-ci reste perfectible.

❑ Matériel biologique :

Cette étude a été réalisée dans la wilaya de Tiaret, Les échantillons de poulets provenaient d'un marché avicole à Tiaret.

1) Echantillonnage :

L'échantillonnage a été effectué durant la période Mai 2020, sur deux poules cou nu (Figure 25).



Figure 17 : souche étudiée (cou nu)

2) Prise des photos numérique 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 déposée sur un papier blanc (papier 21/27) numéroté sur lequel on dépose une règle graduée (Figure 21).



Figure 18 : photo de la tête de la poule N°02 de la souche cou nu.

❑ Analyses morpho-métriques :

Pour les analyses morphologiques, plusieurs programmes sont utilisés : Le programme MorphoJ (Klingenberg, 2011) ImageJ et MorphoR et bien d'autres. Dans cette étude, le

Logiciel utilisé est le MorphoJ. 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.

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.

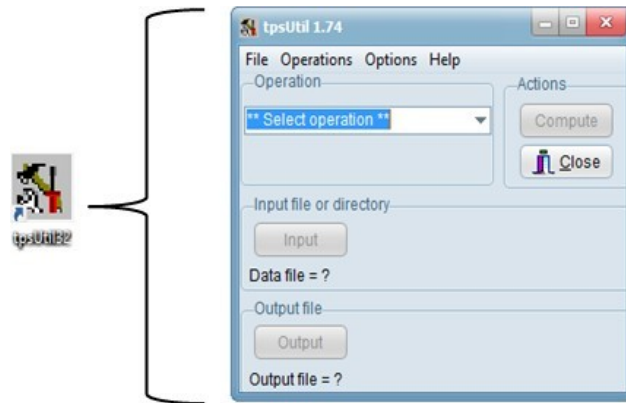
1. Toutes les images qui seront utilisées (ou leurs copies) doivent être placées dans le même dossier. Ce n'est pas nécessaire, mais c'est utile.



Figure 19 : dossier contenant les images à analyser.

2. Après ouverture du logiciel tpsUtil, une fenêtre s'affiche (Figure 20).

Figure 20 : la fenêtre principale du logiciel TpsUtil.



3. Cliquez sur " Select an operation " (Sélectionner une opération) et choisissez "Build tps file" (créer un fichier tps) dans la liste déroulante.

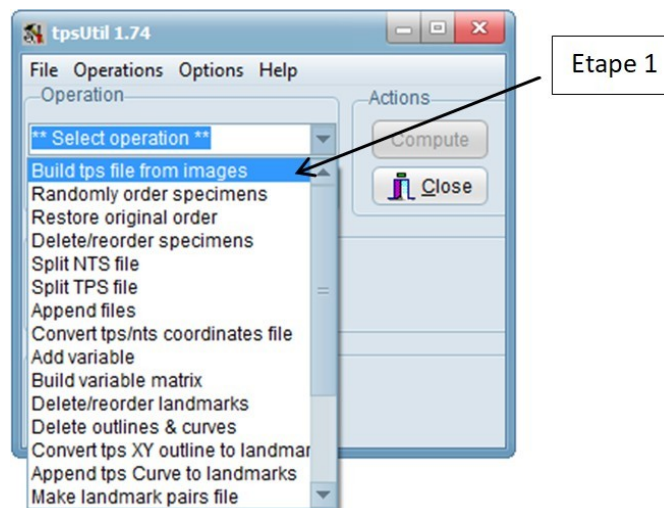


Figure 21 : Etape 1 de la création d'un fichier TPS "Sélection d'une opération".

4. Sélection du répertoire d'entrée (Input)

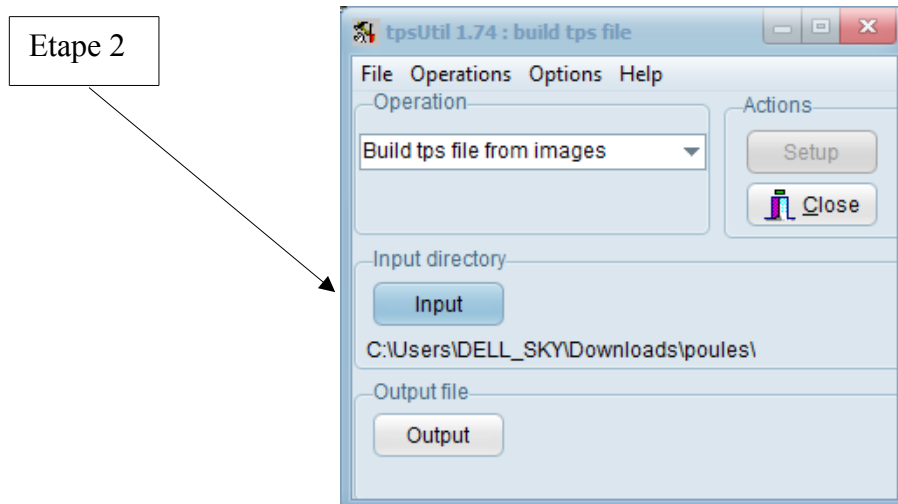


Figure 22 : Etape 2 de la création d'un fichier TPS " choix du répertoire d'entrée".

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.

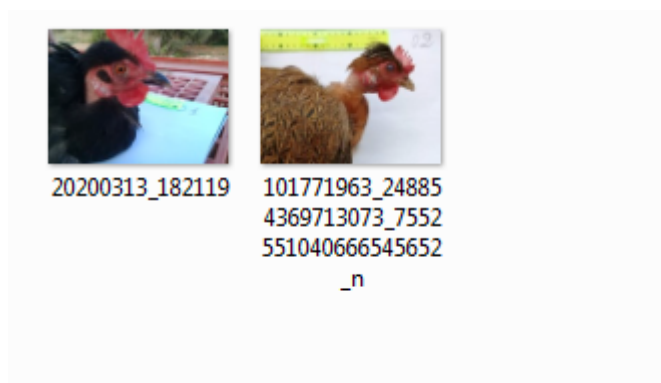


Figure 23 : répertoire d'images

5. attribuer un nom du fichier de sortie

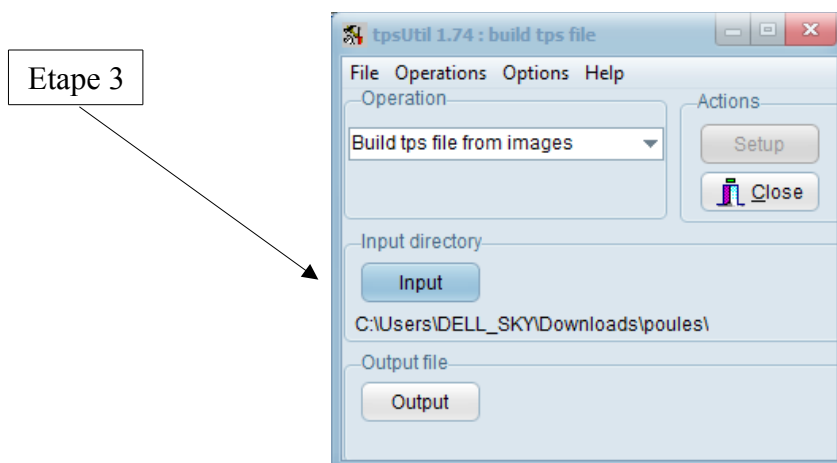


Figure 24 : Etape 3 de la création d'un fichier TPS "nomination du fichier".

- 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.

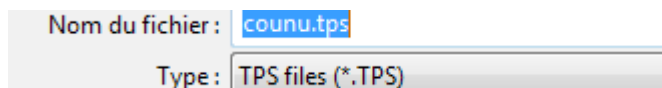


Figure 25 : étape de la nomination du fichier TPS.

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.
- 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 5.

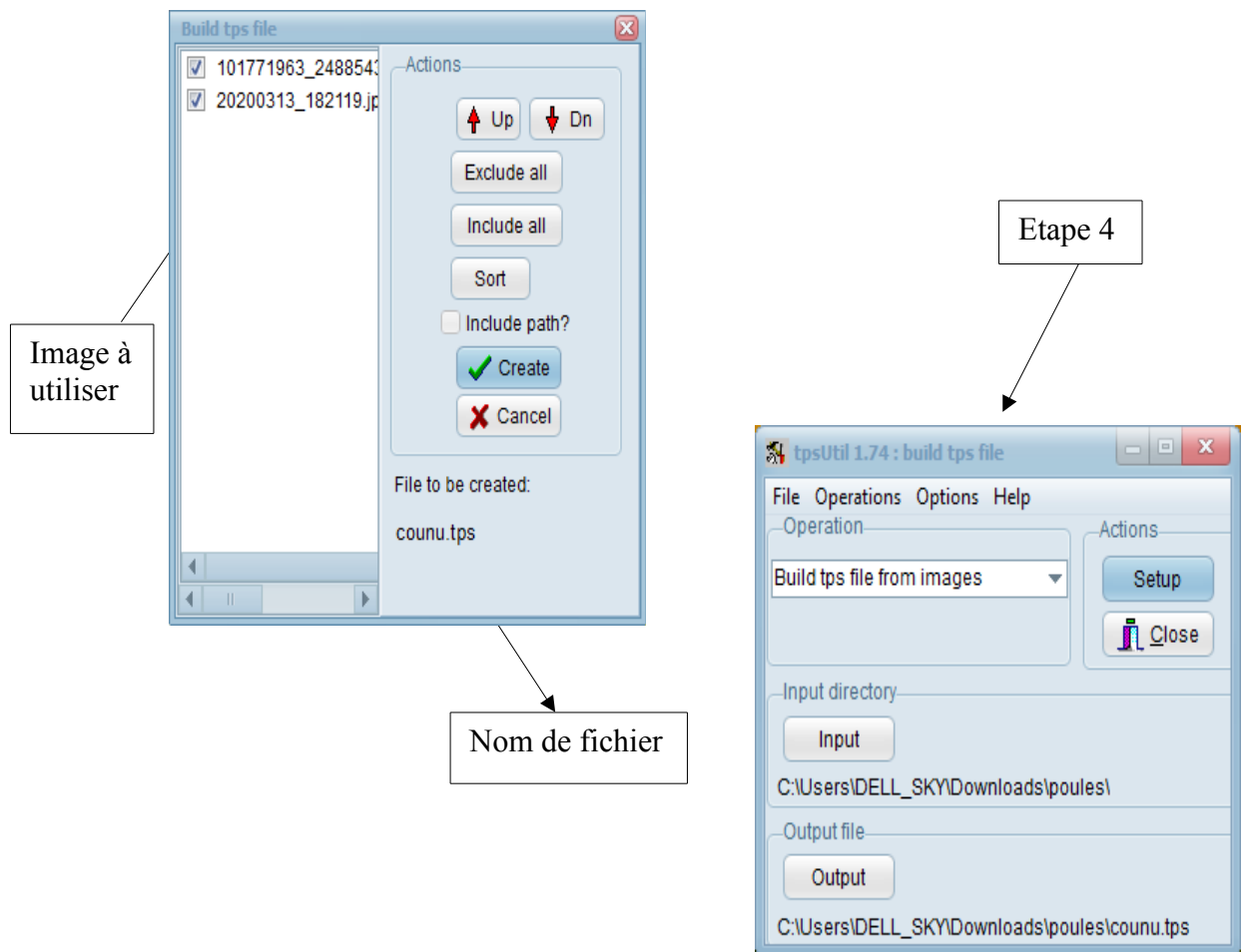


Figure 26 : Boite de dialogue (manipulation des données).

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



Figure 27 : 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 : en tout premier lieu, les points repère devraient être des points homologues sur l'ensemble spécimens analysés. Deuxièmement, ces points ne devraient pas modifier leur position par rapport aux autres points. Troisièmement, les points repère devraient donner une bonne couverture de la forme de l'objet étudié. De plus, la répétabilité des points repères retenus sur l'objet doit être élevée. Enfin, 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).

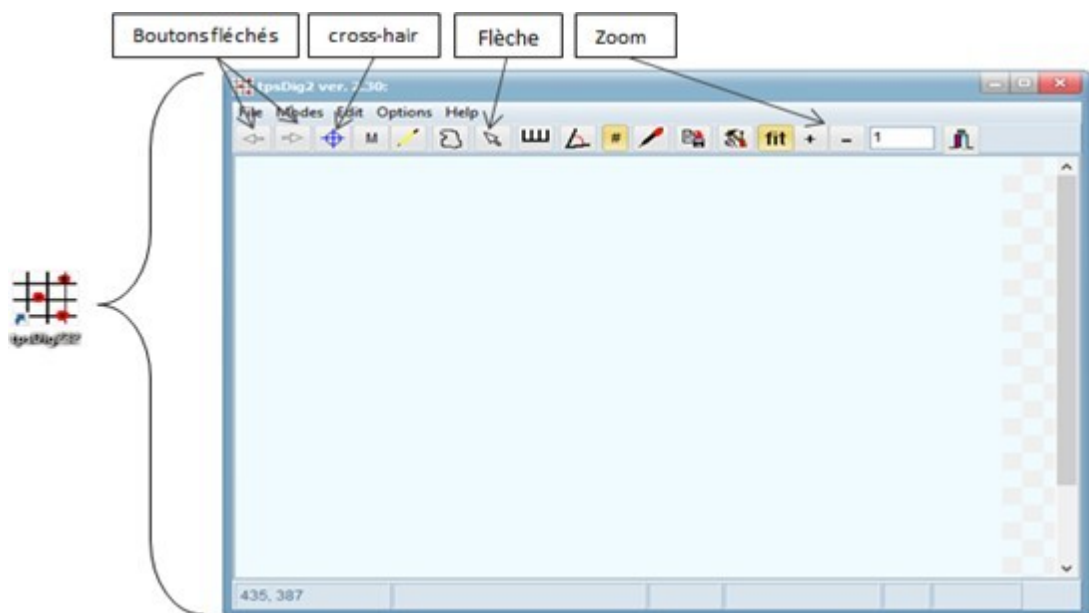


Figure 28 : la fenêtre du Logiciel tpsDig.

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

- Utilisez l'outil cross-hair pour ajouter des repères ;
- Faites un clic droit pour supprimer les points de repère ;
- 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 coordonnées dans le fichier TPS.

❑ 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 morpho-géométrique exigent, strictement que tous les points repères numérisés soient homologues à travers les spécimens. Autrement, ils représentent les mêmes emplacements biologiques sur chaque individu (Bookstein, 1991 ; Zelditch et al, 2004).



Figure 29 : 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.

1) 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.

2) 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.

3) 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.

4) Le test de Hotelling :

Le T^2 de Hotelling est une approche paramétrique permettant de tester si plusieurs variables continues distinctes $\mathbf{X} = (X^1, \dots, X^P)$ 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).

5) 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 9 points repères sur chaque image en 2 dimensions (2D) (figure 33). Ainsi, chaque points homologues est représenté avec ses coordonnées (x, y) (se référer à l'Annexe 2). L'ensemble de données contient donc 110 observations incluses pour les différentes analyses morpho- géométriques.

□ Superposition procruste de deux axes :

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 1 ci-dessous. La forme moyenne du bec est représentée dans la figure 30.

Landmark ou point repère	Axe des x	Axe des y
1	-0,39642696	-0,11396794
2	-0,30301413	-0,10310613
3	-0,21217994	-0,09383775
4	-0,11851934	-0,08551039
5	-0,02662760	-0,08466237
6	0,06434796	-0,08823981
7	0,15281452	-0,10077860
8	0,24877294	-0,12022020
9	0,35632858	-0,13487897
10	0,27236786	0,08575421
11	0,14182442	0,20492212
12	-0,00461835	0,28742441
13	-0,17506995	0,34710143

Tableau 1 : Cordonnées x et y des 13 points repères représentant la forme moyenne du bec.

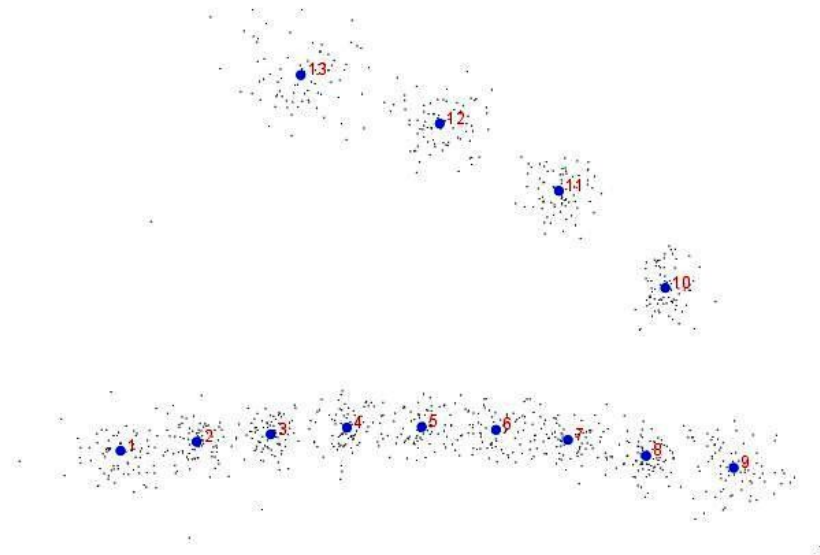


Figure 30 : forme moyenne du bec représentée par 13 landmarks (n=81) après la superposition procruste. Le cercle en bleu montre la position de chaque landmark et les pointillés en noir indiquent la position individuelle du bec de chaque individu.

❑ Variation de la taille du bec :

Le test de normalité de Shapiro-Wilk a révélé une distribution normale de la taille du bec chez le poulet cou nu et le poulet normalement emplumé ($P > 0,05$) (tableau 2). Les statistiques descriptives de la taille du bec, calculée sur la base de son logarithme décimal (figure 31) chez les deux génotypes sont données dans le tableau 3. Le test des égalités des variances de la taille du bec a montré une différence significative entre les deux groupes génétiques ($F=3,28$, $P < 0,001$). En revanche, la différence de la taille centroïde du bec entre les deux génotypes n'a pas été significative selon le test de Student modifié ($+0,048$; test $T_{\text{modifié}} = 0,68$; $P > 0,05$). Par ailleurs, il a constaté que la variation de la taille du bec était significativement plus hétérogène chez les animaux à Cou nu comparés à leur homologues normalement emplumés (37% contre 22% ; $T = 30,13$, $P < 0,05$).

DISCUSSION

	CouNu	Normal
N	21	60
Test Shapiro-Wilk	0,9281	0,9835
Signification statistique (valeur P)	0,1258	0,5934

Tableau 2 : Résultats du test de normalité de la taille centroïde du bec chez les deux groupes génétiques de poulet local.

	Cou Nu	Normal
Effectif, n	21	60
Min	0,2679	0,3392
Max	1,5553	1,0880
Moyenne	0,8298	0,7808
Ecart-type	0,3143	0,1734
Coefficient de variation, %	37,8734	22,2179

Tableau 3 : Statistiques descriptives du Logarithme de la taille centroïde du bec chez le poulet cou nu et le poulet normalement emplumé.

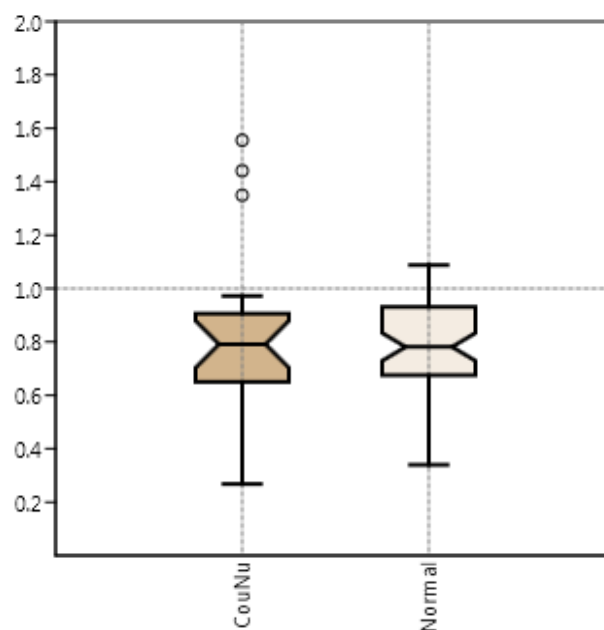


Figure 31 : Box plot de taille centroïde du bec chez le poulet Cou nu et normalement emplumé. Les petits cercles correspondent aux valeurs aberrantes.

❑ Variation de la forme du bec :

➤ Analyse en composantes principales :

Au total, 22 composantes principales ont été obtenues à partir des coordonnées procrusténnes des 13 landmarks, mais seulement 4 composantes principales significative ont été retenues, nécessaires pour expliquer environ 85% de la variation totale (tableau 4). Les CP1, CP2, CP3 et CP4 expliquent respectivement 35,1%, 26,0%, 14,1% et 9,6% de la variation totale de la forme du bec.

PC	Valeur propre ou Eigenvalue	%variance	% Variance cumulée
1	0,0062	35,15	35,15
2	0,0046	26,00	61,14
3	0,0025	14,13	75,27
4	0,0017	9,58	84,85

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

Bien qu'il y ait un chevauchement clair entre les individus (figure 32), il est possible d'observer une légère séparation entre les deux groupes génétiques à partir du nuage de points obtenu en utilisant les scores du premier plan factoriel (PC1-PC2). Les changements de la forme du bec peuvent par ailleurs, être visualisés à l'aide de la grille de déformation (figure 33).

DISCUSSION

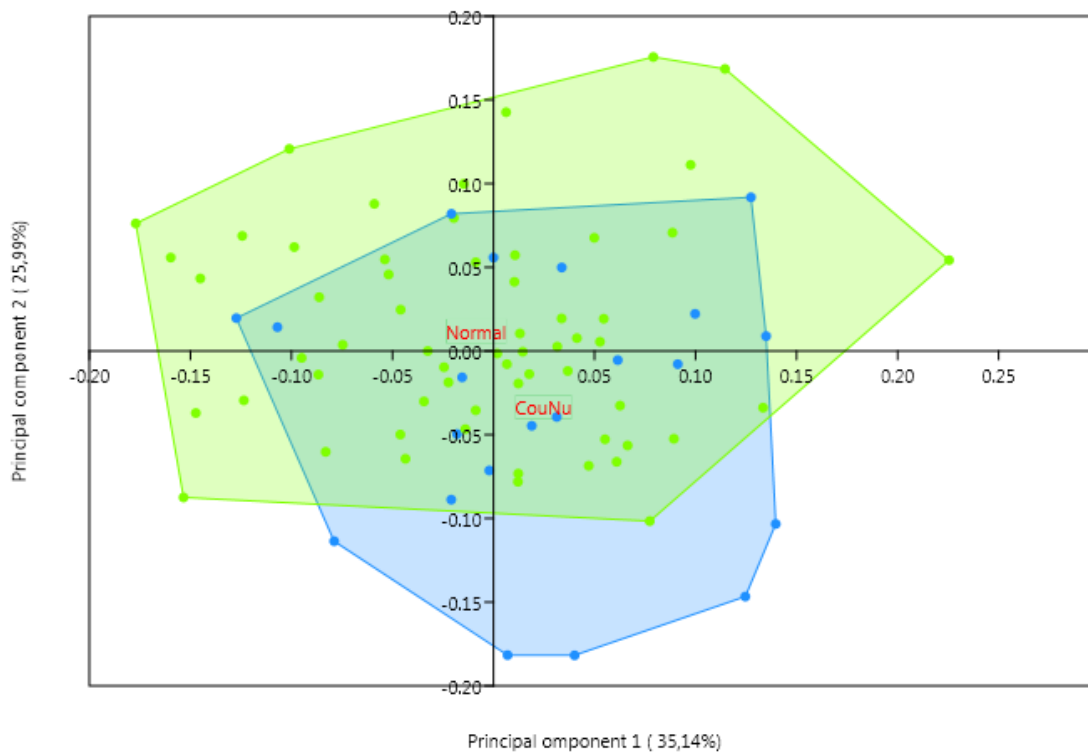
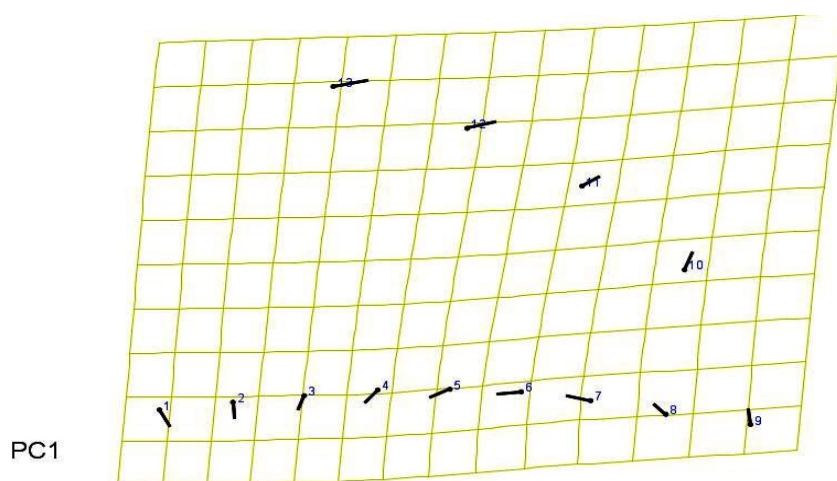


Figure 32 : Analyse en composantes principales (ACP) de la configuration de du bec (Cou nu=bleu ; normal= vert) PC1 représentait 35,14 % de la variance de forme totale de l'échantillon total tandis que PC2 représentait 25,99% ; N= 81 (Cou nu=20, plumage normal=61).



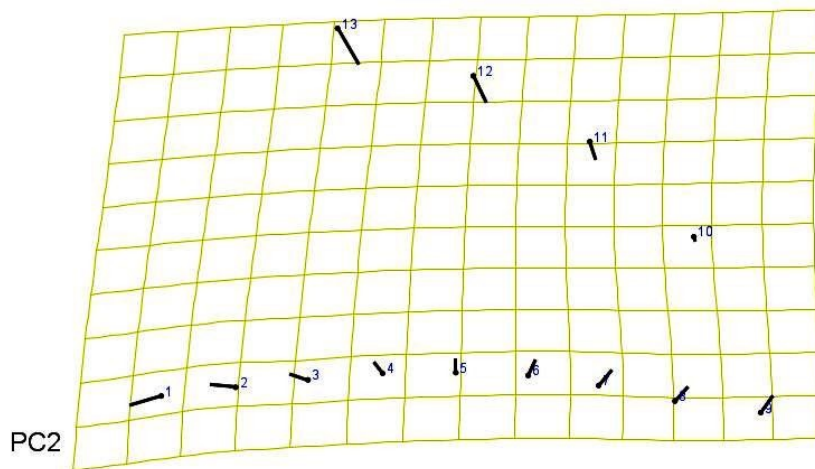


Figure 33 : Graphiques illustrant la variation de la forme du bec. Grilles de déformation des axes 1 et 2 montrant les changements de position des landmarks avec des lignes droites avec TPS (méthode Thin Plat Splines). Chaque ligne ou vecteur commence par un point à l'emplacement du point de repère dans la forme de départ (forme moyenne) et la longueur et la direction des lignes indiquent le mouvement du point repère respectif jusqu'à la forme cible (facteur d'échelle x10).

Une différence significative a été constatée entre les deux génotypes pour la forme du bec (test de permutation de 10 000, $P < 0,0001$) (figure 5). La distance de Mahalanobis (2,197 ; $T^2=75,09$, $P=0,0028$) et celle de Procruste (0,001 ; $T^2=0,003$, $P=0,0028$) ont été très significatives (test de permutation de 10 000 coups, $P < 0,0001$). Par ailleurs, la procédure de classification réalisée à l'aide du test de validation croisée (figure 35, tableau 5) a donné un taux de classification de 62,96%, justifiant la fiabilité de la MG pour quantifier les différences de la forme du bec entre groupes génétiques étudiés. De plus, si on considère à la fois les deux paramètres (taille + forme), le pourcentage de l'échantillon correctement classé a été légèrement amélioré à 65,4%.

DISCUSSION

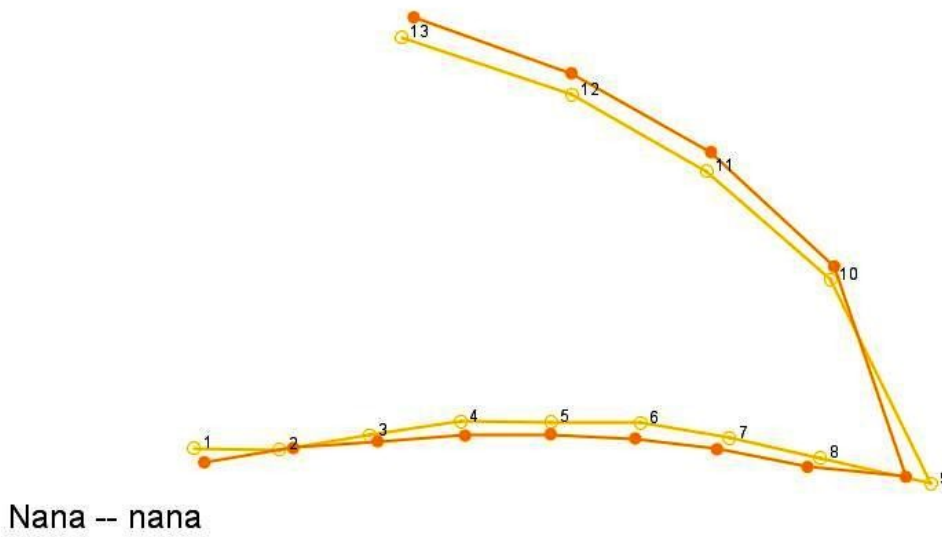


Figure 34 : Différence entre le poulet cou nu (Nana) et le poulet normalement emplumé (nana) pour la forme du bec

Génotype	%
Cou nu	57% (12/21)
Plumage normal	65% (39/60)

Entre parenthèses =Nombre d’individus correctement classés/ nombre total des individus.

Tableau 5 : Pourcentage des individus correctement classifiés

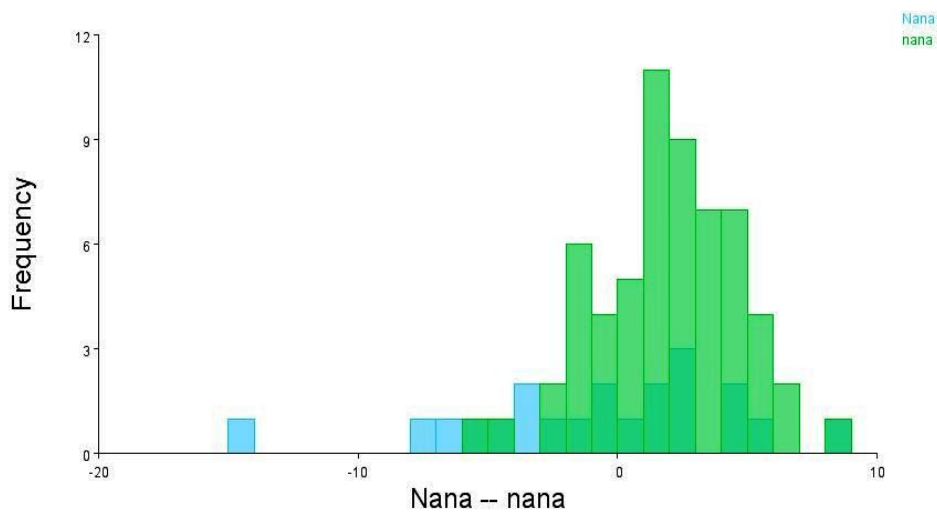


Figure 35 : Validation croisée de la fonction discriminante de la forme du bec entre le poulet cou nu et le poulet à plumage normal.

➤ **Effet de l'allométrie :**

La régression intergroupe des coordonnées procrustes sur la taille centroïde du bec (figure 36) a montré une différence très significative (test de permutation 10000 tours, $P < 0,0001$), mais seulement 2,09% de la variation totale de la forme du bec a été expliquée par l'allométrie. 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 significativement liée à sa taille (test de permutation avec 10000 tours, $P < 0,0001$). Ainsi, le pourcentage de variation de la forme du bec expliqué par les changements de taille était respectivement 8,09% et 0,77% chez le Cou nu et le poulet normalement emplumé.

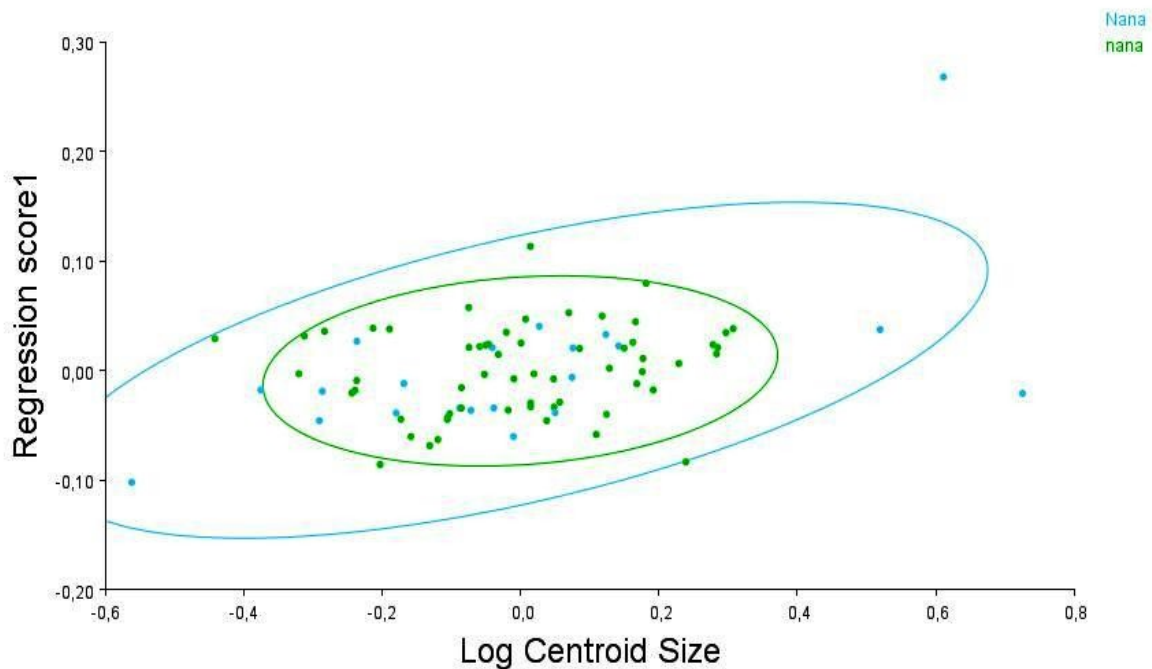


Figure 36 :Régression multivariée des coordonnées Procrustes de la forme du bec sur le logarithme de sa taille centroïde.

Conclusion :

Cette étude est basée sur la morphométrie géométrique qui a été considérée comme une méthode visuelle et analytique pour identifier les différences de la forme du bec chez la poule pondeuse locale (cou nu) ; en utilisant de nombreux logiciels (tpsUtil, tpsDig, MorphoJ) pour y arriver aux résultats satisfaits et utiles.

La principale perspective de cette étude était la poursuite de l'analyse morphométrique et l'intégration de ces données à la génétique en trouvant une solution d'adaptation au problème posé par le phénomène du picage.

Références bibliographiques :

1. Absorption des nutriments, pages 38-47.
2. Alamargot. J 1982.
3. Brugere-picoux. J et Silim. A 1992.
4. Chicken mutations [archive] Poultry Genetics. Poultry Genetics for Exhibition Breeders. Last updated: 13 Nov, 2008.
5. Collectif, Grande encyclopédie alpha des sciences et techniques, Zoologie tome II, page 8 (1974), Grange Batelière, Paris.
6. Constant Duméril, Traité élémentaire d'histoire naturelle, vol. 2, t. II, 1806 ([lire en ligne](#) [archive]), chap. XVIII (« Des oiseaux, ou de la troisième classe du règne animal »).
7. [Deformed Beaks May Signal a Greater Environmental Problem](#) [archive], communiqué USGS du 11/8/2010, consulté 2011/01/05.
8. Edition : chaire de pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour, école nationale vétérinaire D'Alfort.
9. Edition : Le point vétérinaire.
10. Futura-Sciences, tous droits réservés-Groupe MadeInFutura.
11. Handel, C. M., L. M. Pajot, S. M. Matsuoka, C. Van Hemert, J. Terenzi, S. L. Talbot, D. M. Mulcahy, C. U. Meteyer, and K. A. Trust. 2010. Epizootic of beak deformities among wild birds in Alaska: An emerging disease in North America ?, 17 pages, Auk 127(4):882-898. ([Version 11.9mb PDF haute résolution](#) [archive]) ou ([\https://alaska.usgs.gov/science/biology/landbirds/beak_deformity/pdfs/Auk_Handel_beak_deformities.pdf [archive] Version 719kb PDF basse résolution).
12. Handel, C. M., L. M. Pajot, S. M. Matsuoka, K. A. Trust, J. M. Stotts, J. Terenzi, and S. L. Talbot. 2006. Potential Role of Environmental Contaminants in the Pathology of Beak Deformities among Black-capped Chickadees in South-central Alaska. Unpublished final report. Project ID: 1130-7F22. U. S. Geological Survey, Alaska Science Center, Anchorage, Alaska. [PDF - 15 MB](#).
13. Hervé Husson | mercredi 12 juin 2019.
14. <https://www.aquaportail.com/definition-3045-selection-genetique.html>

15. In : Les maladies des volailles. Edition : INRA. Sous la direction de : Marie Balasse, Jean-Philip Brugal, Yannicke Dauphin, Eva-Maria Geigl, Christine Oberlin et Ina Reiche.
16. Interactions between the naked neck gene, sex, and fluctuating ambient temperature on heat tolerance, growth, body composition, meat quality, and sensory analysis of slow growing meat-type broilers. [archive] Livestock Science. Volume 110, Issues 1-2, June 2007, Pages 33-45.
17. In : Manuel d'anatomie et d'autopsie aviaires.
18. In : Manuel de pathologie aviaire.
19. In : Nutrition et alimentation des volailles.
20. J. P. Boyer. Deux méthodes de sélection et leurs applications à l'aviculture. Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences, 1952, 1 (3), pp.1-15. fihal-00886571f.
21. Jacques Berlioz, La vie des oiseaux, Les éditions Rieder, 1931, p. 19.
22. L'appareil digestif, pages 27-38.
23. L'appareil digestif et ses annexes, pages 15-32.
24. Larbier. M et Leclercq. B 1992.
25. Louis Agassiz, Essay on classification, 1859, p. 2.
26. Messages d'os Archéométrie du squelette animal et humain Marie Balasse, Jean-Philip Brugal, Yannicke Dauphin, Eva-Maria Geigl, Christine Oberlin et Ina Reiche.
27. Particularités de la physiologie digestive des volailles, pages 525-537.
28. Particularités de la physiologie des oiseaux, pages 15-24.
29. Performance of naked neck versus normally feathered coloured broilers for growth, carcass traits and blood biochemical parameters in tropical climate [archive] PATRA B. N. ; BAIS R. K. S. ; PRASAD R. B. ; SINGH B. P. Asian-australasian journal of animal sciences: ISSN 1011-2367. 2002, vol. 15, no12, pp. 1776-1783.
30. Poulet's club Thème Jannah conçu par TieLabs (**VILLATE.2001**).

31. Revue de la médecine vétérinaire, juillet 1994, 145.
32. Souilem. O et Gogny. M 1994.
33. Thomas Cucchi et al. 203
34. [url=https://www.aquaportail.com/definition-3045-selection-genetique.html]sélection génétique[/url].
35. Van Hemert, C. 2007. Alaskan birds at Risk: Widespread beak deformities in resident species. American Birding. 39(5):48-55. ([Article, 977kb PDF \[archive\]](#)).
36. Van Hemert, C., and C. M. Handel. 2010. Beak deformities in Northwestern Crows: Evidence of a multispecies epizootic. Auk 127(4):746-751. ([Article 976kb PDF \[archive\]](#)) [Online Supplement \[archive\]](#). (134kb PDF).
37. VILLATE. D 2001.
38. © 2008-2020 ResearchGate GmbH, All rights reserved.
